

A VILJAMSZI TALAJFEJLŐDÉSI ELMÉLET ÉS A NÖVÉNY- FÖLDRAJZ KAPCSOLATAI

SOÓ REZSŐ lev. tag előadása 1950. november 27-én

A dolgozó emberiség életében, a szocialista termelés célkitűzéseiben a talaj legfontosabb jellege a termőképesség. A termőképesség tényezői a növények edaphikus életfeltételei: a víz és a növényi tápanyagok, ezek a növénytermesztés feltételei. A klimatikus vagy kozmikus tényezők, így a hő és a fény kevésbé állanak ellenőrzésünk alatt, a fény a termelés nyers ereje, a hő munka-energiája, mint *Viljamsz* mondja. A mezőgazdaság elsősorban a talajtényezők irányításában játszik szerepet. A talaj szerkezetének, felépítésének megbontása, a termőképesség tényezőinek megzavarása visszaveti a termelést, amint azt a kapitalizmus földművelésében látjuk. *Viljamsz* főműveiben rámutat a polgári mezőgazdaság »Thünen-törvénye, a csökkenő földhozadék és a talaj fokozatosan csökkenő termőképességének szabálya« helytelen és káros voltára, ismertetve *Hellriegel* és *Wollny* klasszikus kísérleteit. A mezőgazdaság feladata, hogy a kultúrnövények számára fejlődésük egész időtartamára biztosítsa a talajban a víz és a felvehető tápanyagok legnagyobb készletét és a talaj termőképességét megőrizze, sőt fokozza. A kapitalizmus agrotechnikai rendszere alkalmatlan ennek megvalósítására. *Viljamsz* mezőgazdasági rendszere a termelés szocialista szervezésének legfőbb követelménye, a munka legnagyobb termelékenységé szolgálatában áll. E rendszer hét részlege, a keleti rege szavaival »a bölcsesség hét pillére« nyomán a mezőgazdaság hét oszlopa — a füvesvetésforgó, a helyes talajművelés, a kellő trágyázás, a talajjavítás (öntözéses gazdálkodás), a mezővédő erdősávok létesítése, a takarmányvetésforgó és a gépesítés. *Viljamsz* rendszerének alapjául talajképződési elmélete szolgál, különösen a füvesvetésforgó és mezővédő erdősávok szükségességének megértéséhez.

A statikus, morfológiai talajtan geológiai-kémiai irányzatával szemben a dinamikus, biológiai szemléletű irány megteremtője *Vaszilij Robertovics Viljamsz* (1863—1939). *Viljamsz* a talajtani tudományt megalapító három nagy orosz kutató: *V. V. Dokucsajev*, *P. A. Koszticsev* és *N. M. Szibircjev* méltó követője, munkásságuk továbbfejlesztője, gondolataik kiépítője.

Viljamsz elméletének megértéséhez néhány alapfogalmat kell megismernünk. Természetes szerves anyagok, képződésük eredeti hő- és nyomásviszonyai közt, csak biológiai úton bonthatók el. A szerves anyagoknak sem közbeeső, sem végső bomlástermékeit nem nevezhetjük humusznak, mert a humusz baktériumok és gombák életműködésének terméke. Három csoport, az aerob

(*O* kedvelő, illetve igénylő), az anaerob (*O* kerülő) baktériumok és az ugyancsak aerob gombák (beleértve a sugárgombákat), exoenzimjei alkotják a talaj humuszanyagának főtömegét.

Az erdők talajában, savanyú közegben, a gombák bomlasztó tevékenysége szintelen humuszsavat, *krénsavat* termel. A krénsav (és sói) oldhatók, de nem denaturálhatók. Ha a krenátoknak híg savas oldatára nascens *H* hat, az apokrenátok, az apokrénsav sói keletkeznek, ezek (így *Ca* és *Fe* sója) vízben nem oldódnak. E folyamatnál NH_3 nem keletkezik, így a krénsavat nem semlegesíti, azt baktériumok, gombák sem bontják el. A krénsav a talajból csak kimosással távozik el, amihez lefelé irányuló vízáramlás szükséges.

A rétszteppék és szteppék talajában az elhalt szerves anyag laza rétegén át kellő *O* jut a talaj mélyébe, hol lúgos közegben aerob baktériumok erőteljesen humifikálnak. A bomló anyag *N*-ben gazdag, a keletkező NH_3 (amely mérgező hatását az aerobiózisra) nitrifikálódik. Egyidejűleg fekete huminsav keletkezik, ez vízben kevésbé oldódó, forralva, fagyasztva, kiszárítva denaturálódik, oldhatatlan huminná alakul. A huminsav jól oldódó sóit és a humint az aerob baktériumok és a gombák bontják el. A huminsav NH_3 jelenlétében azzal huminsavas ammóniává egyesül, amelyből a huminsav humin alakban válik ki. Az aerob bomlás során mind a kiindulási szerves anyag, mind a keletkező huminsav végül teljesen elbomlik, ásványi anyagokká alakul. A szteppék talajában tehát szerves anyag, humusz nem halmozódhat fel.

A nedves rétek, lápok talajában a levegővel érintkező felszíni réteg erősen bomlik, ez az aerob folyamat minden *O*-t felhasznál, az nem jut be a talaj szerves anyagaihoz, ott tehát anaerob bomlás indul meg. A vízszükségletet a nedves talaj biztosítja. Az anaerobiozis barna *ulminsavat* termel, ez vízben jól oldódik, könnyen denaturálódik *ulminná*. Sói vízben könnyen (így a *K*, *Na*, NH_4 -sói) vagy nem (mint a *Ca*, *Fe*) oldódnak. Az ulmint és az ulminsavas sókat gombák, baktériumok bontják. Az ulminsav felhalmozódása a bomlás során fokozódik (mert nincs ami semlegesítené), mérgező hatása folytán csakhamar meggátolja a további bomlást. Ha a talajképző kőzet *Ca*-t tartalmaz, ez semlegesíti ugyan az ulminsavat, de hatása megszűnik, ha a keletkező ulminsavas kalciumot az ulminsav bekérgezi. Az ulminsav a talaj pangó vizében változatlan marad, de télen a fagy hatására denaturálódik, *ulminná* változik. A talajban felgyűlő ulminsav a holt szerves anyagot konzerválja, humusz halmozódik fel.

Viljamsz a különböző talajokon, ill. növénytársulások alatt végbemenő bomlási folyamatokat 4 m³-es tartályokban (liziméter) maga állapította meg.

A talajok fizikai és kémiai mállásának közismert tényezőit, a talaj mechanikai elemzését, a talaj kolloidjainak kialakulását és egyéb alapismereteket itt mellőznünk kell. Viljamsz kiemeli, hogy a termőképesség első feltétele a mállás, hogy a tápanyagok felszabadulva a talajképző kőzetből, a növények számára felvehető, vízben oldható anyagokká alakuljanak, melynek alapja a talaj viszonya a vízhez (áteresztőképesség, hajszálcsövesség: capillaritás, víztartó-

képesség). A második feltétel az igazi talajképződés, a szervesetlen tápanyagok kiválogatása és koncentrálása, ami maguknak az autotróf növényeknek szelektív abszorpciós képességén alapszik. A talajból felvett szervesetlen sók és *N*-vegyületek is a növény felépítette szerves anyagban halmozódnak fel. *Az élet a talajban nem más, mondja Viljamsz, mint a szerves anyagok felépítésének és szétbomlásának szakadatlan váltakozása.*

Viljamsznak az az elképzelése, hogy a Földön mindenütt 100 000 évenként eljegesedés következik be, a lehűlésnek egyik kozmikus előidézője, (a tavaszpont vándorlása, a precesszió) félreértésén alapszik. Sem a kozmogónia, sem a geológia nem igazolja ezt, a jégkorszakok keletkezésének okait és időszakait ma már jól ismerjük (*Milankovič* és mások). Ez és más ma már meghaladott nézetei azonban egyáltalában nem befolyásolják Viljamsz elméletének *lényegében* helyes voltát, sem gyakorlati értékét, bár az elsősorban egykor *eljegesedett területekre* (mint Európa jelentős része) *alkalmazható. A mi viszonyainkra*, mint egykor periglaciális területre, szintén *átértékelhető* s a magyar talajtant új szemléletűvé, dinamikus gondolkodásúvá teszi, értékes szempontokat nyújtva a növényföldrajznak is. Megismerése és méltatása a viljamszi mezőgazdasági rendszer bevezetéséhez feltétlenül szükséges.

Viljamsz egységes talajfejlődési elméletének kiindulópontja, hogy a Szovjetunió egész területét jég borította s az eltörölte a szárazföldön lefolyt korábbi biológiai folyamatok nyomait. A végmorénák hiánya, a vándorkövek és görgetegek előfordulása, faunisztikai adatok stb. bizonyítják, mondja Viljamsz, hogy a jégtakaró egészen a Fekete-tenger vidékéig terjedt. A korszerű szovjet geológia azonban nem fogadja el Viljamsz megállapításait. Amint az olvadó jégtakaró felületén ásványi törmelék szint alakul ki, megkezdődik rajta a talajképződés folyamata.

A természetben — mondja Viljamsz — *egyetlen, de sokféle formában megnyilvánuló talajképződési folyamat van*, amelynek irányát a talajok abszolút korával határozhatjuk meg. A különböző talajzónák és talajtípusok *statikai* mozzanatai az időben és térben hatalmas arányú *dinamikai* folyamatnak. E talajtípusok kialakulása a talajképző tényezők változásainak mennyiségi hatásaira, mint dialektikus minőségi változás történik, az átcsapások bekövetkezésének ütemét a talaj relatív kora határozza meg. A domborzati viszonyok az éghajlati öveken belül különbözően hatnak vissza, különösen a termékenység tényezőinek átcsoportosulására. A magas fekvésű tájakon, a vízváltatókon, a talajok relatíve hamar öregednek, növényi tápanyagokban elszegényednek, fel nem vehető lápi jellegű szerves anyagokká alakulnak. Viszont a mélyebb fekvésű részeken a talaj tápanyagokban a lehordási folyamatok révén állandóan gazdagodik, fiatalabb marad, hosszabb ideig rétekekkel borítva. A talajok relatív kora befolyással van a mikroklíma kialakulására.

Az elsődleges talajképződés folyamatának s benne az *élet eredetének* kérdését Viljamsz Talajtana zárófejezetében fejtegeti. Az élet ősforrását nem a

tengerben keresi, mint a legtöbb biológus, hanem a szárazföld nedves talaján s első képviselőiül a kemotrof (kemoszintézissel táplálkozó autotróf) baktériumokat tekinti. Az élő protoplazma kialakulását az óceán antibiotikus ultraibolya sugaraknak kitett vizében lehetetlennek tartja. A tápanyag és az energiaforrás életfeltételeinek vizsgálatával arra a következtetésre jut, hogy csak szervesetlen exotermikus, hőtermelő reakciók szolgáltathattak energiát a festéknélküli mikrobák számára (a festékanyagok már hosszas fejlődés eredményei), ezek az aerob autotróf baktériumok az őstalajképző kőzet felszínén. A zöld növényi sejtek keletkezésében szimbiotikus szervezetnek tekinti, zuzmóhoz hasonlóan, amelyben két ősanycsoport, a kloroplaszt, mint ősalga és a leukoplaszt, mint ősgomba a fehérje kötőanyagban együtt él. Az élővilág további fejlődésének rendkívül érdekes és nagyon egyéni elgondolásait itt nem fejtegetem tovább.

A málló kőzet felületén, az ú. n. sivatagi kéregben, szervesetlen (*Fe*, *Mn*-oxid, foszforsav stb.) és *N*-tartalmú tápanyagok halmozódnak fel a kemotróf baktériumok működése folytán, majd moszatok (pl. *Dermatocaulon*) és kéregzuzmók (*Lecanora*, *Cetraria* stb.) telepednek meg. Ez a zuzmótundra alakul ki a sarki jégtakaró határán (A középázsiai löszhordalékban fosszilis zuzmómaradványok igazolják, Viljamsz szerint, hogy a talajképződési folyamat ma más stádiumban levő övei is átmentek a tundra állapoton.) A tundrán a hőmérséklet alacsony, a légnedvesség nagy, a párolgás kicsi, a téli szelek szárítanak, nyáron (8 hétig) sekély tavak is borítják. A talajban teljes az anaerobiozis, az elhalt szerves anyagok felhalmozódnak. A talaj átfagy az örök fagy szintjéig, nyáron sem enged fel 30 cm-nél mélyebbre, így fás növényzet nincs, csak zuzmók, mohák, tőzegmohák, törpecserjék.

A törpe növényzet a napenergia nagyrésztét nem használja ki. A tundra lópajai sekélyek, tőzege hamar kiszárad, fellazul, mélyedéseiben a madarak hordta famagvak kicsíráznak, a fiatal fákat (fenyő, nyír) a hó védi a kifagyástól, majd maguk védik a hótakarót az elfújástól. A hótakarta talajban a fagy felső szintje süllyed, a kiterjedt gyökérzetű mikotróf fák lassan meghódítják a tundrát (*erdőtundra*). A vízrajzi viszonyok megváltozása, a másodrendű folyók bevágódása folytán a lejtőikről eltűnik a rossz hővezető mohatakaró, a talaj felmelegszik, a jég visszahúzódik. Az *erdők* alján zuzmó-gombavegetáció alakul ki, ez bontja a tőzeget, megjelennek a mélygyökérzetű tajga-fák, az éghajlat az erdőssé váló tájon szelidebb lesz. Állandósul a légnedvesség, megszűnik nyáron a nagy különbség nappali és éjjeli hő között, s a szél erejét az erdő megtöri. A folyók mentén, ahol parti rétek alakulnak ki, a szél felhordja a folyóhomokot a partra, azon újra megtelepszik az erdő. A tajga tengerében azonban idővel tisztások jelennek meg, melyek egyre növekednek s új tájkép alakul ki. Ez a podszolosodás folyamatával kapcsolatos. Ennek egyes mozzanatai annyira ismertek, hogy azokat nem részletezem (aerob humifikációs folyamat gombák révén, krénsav keletkezése a szerves anyagok teljes elbomlása, az ásványi sók átalakulása oldható és kimosódó krenátokká, a *Fe* és *Mn* vegyületek kilúgozása, a talaj megfakulása, nyers szer-

kezetnélküli, kötetlen, porló talaj kialakulása). Az erdő avarjában folyó élénk aerob folyamat felhasználja a levegő oxigénjét, a mélyebb podszosol szintben anaerob a bomlás. Az anaerob baktériumok a krénsavat redukálják, a keletkező apokrénsav sói (*Ca*, *Mg*, kül. *Fe*) oldhatatlanok, kiválnak, s az ú. n. *ortsteint* (vaskőfok) alkotják. Alatta még a szintelen v. halványkékes *gley*-szint alakul ki, amelyből a *Fe* vegyületek kilúgozódnak.

Az erdő zártsága — Viljamsz szerint — a mérsékelt klímában mintegy 30 évig tart, azután a faállomány természetes úton ritkulni kezd, az aljnövényzetet alkotó füvek (lágyszárúak) és az erdő között megindul a harc. Az uralkodó fák valamelyikének »magzási éve« után az újulat fiatal csemetéi törnek magasba, alattuk a gypszint elpusztul. Ámde minden következő megújulás már nehezebb és ritkább, az aljnövényzet mind erősebbé lesz, az erdő minden újabb nemzedéke gyengébb, végül a zárt erdőt különálló fák vagy facsoportok váltják fel, a réti növényzet között. Ez a folyamat, amit Viljamsz leír, valóban ismeretes északon, ilyen »**lombos réteket**« (a német Laubwiese) magam is ismerem a Baltikumból, nálunk azonban az erdők eme leromlása természetes úton aligha következik be. Az újulat és az aljnövényzet kölcsönviszonyának kérdésével az erdőtípusokkal kapcsolatban nálunk is foglalkoztak erdész-botanikusaink.

Az így kialakult rétségben megváltozik a talajélet. A talaj felszínén a holt szerves anyag növekszik, de ennek kezdeti aerob bomlása később megszűnik, a mélyebb rétegekben anaerobiozis folytán (ulminsav keletkezés, amelyet a fagy ulminná alakít) alaktalan humusz halmozódik fel. A ritkás erdőben, ill. a lombos réten az avarszint aerob folyamataihoz alkalmazkodó tarackos füvek (és más geofiták — *Soó*) terjednek el, valamint pillangósok, ezek elhalt részei látják el a vegetációt szerves és *N*-vegyületekkel. A talaj szerves anyagokban, humuszban való gyarapodásának mértéke szerint a víz kapilláris mozgása a talajban meglágyodik, így a fagyökerek vízellátása fokozatosan csökken, a vízhiány mind nagyobb lesz, ami a fák csúcscsáradásához, kihalásához vezet. (Az Alföld pusztai, vagyis füvesgyepszintű erdeiben hasonló jelenséget tapasztalunk, itt valószínűleg a talajvízszint alászállása váltja ki.) A természetes felújulás (magról) megnehezül, sarjhajtásokat fejlesztő fák (tölgy, nyír) jutnak előtérbe. Kevesebb az erdei avar, de tömötté, levegőtlené válik, csökken a gombák aerob tevékenysége. A sok *O*-t igénylő tarackos füveket a lazánbokrosodó, rövid földbeli hajtású füvek (*Dactylis*, *Poa* stb.) váltják fel. Ezek mély gyökérrendszere behatol a vaskőfokba és annak felhalmozott foszfor, mész és más tápanyagait veszi fel, de *N*-jét nem tudja hasznosítani. A faállomány összetétele is megváltozik, sekélygyökérzetű fajok (erdei fenyő, vörösfenyő, rezgő nyár) és tölgy-sarjak uralkodnak, a talaj felületén a gypszint gyarapodik és elhaló gyökérzetével a szerves anyagokat gazdagítja. A talaj krénsava oldhatatlan apokrenátokká mind a fák mikotróf gyökerei, mind a füvek számára felvehetetlenné változtatja a tápanyagokat. A fák kihalnak, a gypet mohaszint váltja fel, a tajga nagy területein látszatra dús humusztalajon sorvadó fák, satnya füvek és sok moha tenyészik.

Az erdők eme leromlása, elmohosodása már Közép-Európa északi részein, de a Kárpátokban is megfigyelhető. (Soó).

Nálunk ismertebb, mert általánosabb a talaj átalakulása az **erdőirtások** következtében. A friss irtásban erős a humifikáció, gombák révén aerob folyamat indul meg, az avar fogy, a *N*-kedvelő nagy irtásnövények (*Chamaenerium angustifolium*, *Solidago virgaurea* stb.) kora ez. A bomlás két év múlva meglassul, tarackos füvek lépnek fel, a fagyökerek és fűmaradványok a krénsavtól konserválva maradnak, nyershumusz keletkezik, a talaj ennek és a podszolnak elegye. Idővel a krénsav kilúgozódik, az elhalt tarackos füveket aerob baktériumok bomlasztják, de az így *O*-ben szegénnyé lett tömött altalajban újra anaerob folyamat indul meg. Megjelennek a **lazánbokros füvek** (*Festuca pratensis*, *Phleum pratense*, *Anthoxanthum odoratum* etc), mész és vashidroxid rakódnak le, a semlegessé váló talajban megindul az állati élet, ami a podszolban hiányzott. Az anaerobiozis folytán nyár közepéig ulminsav képződik és ha mozódik fel, az ulminsav fagyhatására itt is ulminné változik, mert a felfelé haladó vízáramlás a fák eltűntével megszűnik.

A lazabokrosodású füvek alatt kialakul a **morzsalékos talaj**. Dús, finom gyökérzetük a podszol porszemeit 3—4 mm nagyságú morzsákká fogja össze, később nagyobb a gyökerek nyomása, a morzsák tartóssága nő. A felületi szintben folyó aerob folyamat huminsavat termel, amit az egyidejűleg keletkező NH_3 közömbösít. A huminsavas ammónia fokozatosan, a mész hatására, $CaNO_3$ -á és huminsavvá, majd oldhatatlan huminná lesz, amit aerob baktériumok bontanak el. A nitrátokat a gyökérzet teljesen felveszi. A **pillangósok** elhalt testéből sok *Ca* válik ki, nitrát és szulfát alakjában. A pillangósok nemcsak *N*-el gyarapítják a talajt, hanem hozzák a *Ca*-t a mélyebb szintekből a felszínre. Nélkülük a füvek hamujában szereplő egyvegyértékű fémek ionjai kiszorítanak a humuszból a *Ca*-iont, az agyag elveszteni képességét, a talaj pedig morzsalékos voltát. Jelentős szerepük van a *N*-ellátásban, ugyanis anaerob folyamatoknál kevés a felvehető *N*, mert az a szerves vegyületekben, a humuszban, az apokrenátokban van lekötve. A kalciumsóoldatok hatására a talaj mélyebb rétegeiben az ulmin és az agyagmicellák kicsapódnak, a *Ca* kicseréli az adszorpciós komplexben a *H*-t és egyvegyértékű fémionokat. (Viljamsz adszorpciós komplexen az agyagszuspenzióknak a humin-, ulmin- és apokrénsav kolloidjival való elegyét érti.) A keletkező morzsákat tehát a humusz beburkolja, egymástól elkülöníti, ehhez *Ca*-ion jelenléte szükséges. Így a gyepevegetáció alatt, külön. lazánbokros füvek és pillangósok társulásában, a talaj morzsalékos, tartós, tápanyagban gazdag. *Viljamsz elmélete így szolgál a füvesvetésforgó rendszer alapjával.*

A morzsák felületén az aerob, belsejükben anaerob folyamatok az uralkodók. A sűrű gyepe alatt a szerves anyagok felhalmozódása a talaj felső rétegében újabb változást idéz elő. A vaskőfok tápanyagráktára kimerül, a víz csak lassan, kapillárisan mozog, mert a közöket humusz tölti be, a ferrisók redukálód-

nak és kilúgozódnak, a talaj gleyesedik stb. Viszonylagos *N*, foszfor, kénhiány áll be. A lazánbokros füvek vitalitása gyengül, félélősködők szaporodnak el (*Rhinanthoideák*), majd *sűrűnbokros füvek* kerülnek uralomra (mint az *ovina* csoportbeli *Festucak*, *Stipák*) a megmaradó tarackosokkal (*sok Hierochloë odorata*), pillangósokkal. Ezek mikotrófok, szerves anyagokat halmoznak fel, gyakran zombékokat képeznek (pl. *Deschampsia caespitosa*), ú. n. bokrosodási csomóik a talaj felszínén vannak. Aerob folyamatok csak a zombékok közti részeken folynak, magában a talajban teljes az anaerobiozis. Ásványi anyagok a felszínre az állatok (férgek, pajorok stb.) révén jutnak.

Viljamsz kiemeli a *mikotrófia általános elterjedését és jelentőségét*, az autotróf táplálkozásnál elterjedtebbnek tartja. A sűrűnbokros füvek rétvében, a talaj felszínén felszaporodó szervesanyag a *tőzegképződéshez* vezet. A talaj felső rétegeiben a szervesanyag mennyisége csökken, megszűnik a gombák és baktériumok működése, e füvek egyszerű, rövid gyökérrendszere elégtelen lesz a kevés tápanyag összegyűjtésére. Helyükbe a *lápprét* növényzete, tarackos füvek (pl. *Agrostis alba*) és sekély gyökérzetű lazánbokros füvek (pl. *Poa palustris*) lépnek. Velük együtt a lápok fái is megjelennek, kül. fűzbokrok, majd nyírfák, fenyők. A felső lazább tőzegrétegből ismét krénsav lúgozódik ki, ami a szervesanyagok további csökkenését okozza. A fűzlápot ritkás *lápérdő* váltja fel, benne nyírek, rezgőnyár, luc, vörösfenyő, alattuk áfonyák, törpefűzök, *Pyrolák*, *Lycopodiumok*. Gyepszintjében rendszeren sások uralkodnak (pl. *Carex lasiocarpa*, *Eriophorumok*), majd a leromlás a zöldmohás, *Hypnumos láphoz* vezet. A fák alatt nincs podszolképződés, a krénsav az alsó szintek pangó vizében halmozódik fel. A fák rövid életűek, a tőzegréteg idővel elborítja gyökereik nyakát s a levegőtlen talajban elhalnak, csak ritkás lucok maradnak meg. A tőzegnek két rétege különül el, alatta gleyes talaj. Az alsó sötét, elmállott, alakatlan, főleg sástőzeg famaradványokkal, a felső világosabb, alakot megőrző mohatőzeg, ez konzerválja a pollenszemcséket is. A lápprét tőzegében anaerobiozis, ulminsavtermelés folyik, a lápérdőben krénsav képződik. A láp víztartalma a szervesanyagok nagyobb vízfelvevőképessége folytán nő (vagyis Viljamsz szerint a láposodás nem a víz humid klímában való felhalmozódásának az eredménye!) Kialakul a *Sphagnum-láp*, ismert kísérőnövényzetével. A lápon három növénycsoport, a fák, a lágyszárúak és a mohok váltakozó dominanciája alakul ki. (Az élő dagadólápok ismert regenerációs komplexét a vízváltzó területek lápjaírói említi Viljamsz.) A láp szervesanyag-tartalma végül is annyira kifogy, hogy fák, cserjék, füvek, végül a tőzegmoha is kivész, az elhaló lápon a zuzmók uralkodnak, a csupasz tőzeg gyors bomlásnak indul.

A *vízváltzó háta*k szilikátos talajain az erdő sokáig megmarad, itt az aerob folyamat uralkodik és meggátolja a talajban a szervesanyagok, ill. a humusz felhalmozódását. Itt az erdőt a rét önmagától kevésbé váltja fel, ezt a folyamatot az ember az erdőirtással, legeltetéssel mozdítja elő. Az irtások gyomjai, majd a tarackos füvek gyorsan elbontják az erdő maradványait. A lazánbokros

és a mikotróf füvek fázisa kimarad, az erdő talaját ellepi a tőzegmoha, zombékokat alkotva.

A lejtők mélyén az erdőt gyorsabban váltja fel a rét, de minden további szakasz mind több és több időt kíván. A víz és a tápanyagok bőséges jelenléte a füves növénytakarónak kedvez, ez megnehezíti az erdő természetes felújulását. A vaskőfokszint hamarosan szilárd, vastag lesz, a fák gyökerei nem tudják áttörni, a fa száradni kezd. A tarackos, majd a lazánbokros füvek sok, a lejtőről lemosott tápanyaghoz jutnak. A sűrűnbokros füvek szakasza meg éppen évtizedekig tart, a láprét pedig állandósuló, évszázadokig fennálló növénytársulás. Viljamsz szerint tehát a lápképződés oka a növény szerves tápanyagainak elégtelen volta, mivel pedig az elbontó szervezetek energiaforrása maga a szerves anyag, az elbomlás üteme a benne felhalmozott szerves tápanyagok mennyiségének arányában nő. A tavak feltöltésének ismert folyamatával Viljamsz csak röviden foglalkozik.

A lápok fokozatosan és részleteikben elhalnak, kiszáradnak, az erózió a tőzeget elmossa. Tavak alakulnak ki a láp mélyedéseiben s ezekben a víz utat tör a lejtőn a lefolyáshoz. (V. ö. tavi és eróziós komplexképzés—Soó.) Később a lápokból kiinduló folyók már felső szakaszukat erodálják, megkezdődik a vízválasztó háta elmosása, a szakadékos felszín kialakulása. A víz a lehordott tőzeget a lejtőkön és a nyáron kiszáradó, szakadékos folyók völgyeiben lerakja. Itt Viljamsz hangsúlyozza az erdők jelentőségét a folyók vízellátásában; még az elsődleges folyamok is leapadnak, ha völgyükből eltűnnek az erdők. A talajréteg vízrendszere a tél folyamán bőven hulló hó, a bővizű tavasz és a száraz nyár folytán egyenetlenné válik. A felsőbb talajszintekben csak a kapillaris víz marad meg. A táj magára ölti a **szteppe** jellemző klimatikus vonásait. Az elbomló, erodált tőzeget erős aerob folyamat indul meg, tarackos füvek telepednek meg (*Agropyrum intermedium*, majd *Koeleria gracilis*). A keletkező huminsavas ammónia felszívódik a füvek dús gyökérzete által kiszáritott rögökbe, humin válik ki, amely a talajt feketére festi. Így a láp helyén, szerkezetes, fekete humuszos talaj, az ú. n. északi *csernozjom* keletkezik amelyben élénk az állati élet (férgek, pajorok, más emlősök). A lejtőkre, és a volt folyók völgyeibe lehordott tőzeg a domborzatot kiegyenlíti, a folyómenti lápokot is eltemeti. A füvek újabb nemzedékei az állatokkal együtt szerves anyagokat, majd humuszt termelnek, így a völgyekben is *csernozjom* talajok alakulnak ki. A réti növények keverednek xerofil füvekkel (*Koeleria gracilis*, *Bromus erectus*, *Festuca ovina*) vagy teljesen sztepperét alakul ki. A vízválasztó hátacon a *csernozjom* vastagsága 30—70 cm, rögössszerkezetű, sötétfekete, sok benne a krotovina (állatok betemetett járatai, üregei), de nincs mész- vagy vaskonkréció. A völgyek *csernozjom* talajai mélyebbek (1—3 m). Az egykori folyóvölgyekben barnásfekete, lentebb morzsás szerkezetű, mészkonkréciókkal, alatta gleyszinttel, vagy a morzsás szintet réti mészkő helyettesíti. A száraz völgyekben elgleyesedett, fekete, szerkezetes szintet találunk alatta. A lejtők *csernozjoma* teljesen morzsás, 30—100 cm vastag, fekete, sok krotovinával, vaskonkréciókkal.

Részletesen foglalkozik Viljamsz a folyók völgyében lejátszódó talajképződéssel is, amit itt csak röviden érintek. A meder és az ártér keletkezését, az öntéstalajok felhalmozódását, a dűnerrendszer kialakulását kitűnő rajzokban mutatja be (160—165. o.). Erdős, lápos tájon a tavaszi áradás lassú, tovább tart, a vízszint ingadozása kisebb. Az ár üledéke gyorsan kiszárad, összerepedezik, 2—3 mm-es rögökre, szemcsékre bomlik, ezek belsejében anaerob, felületükön aerob folyamat indul meg. A talaj morzsássága tartós, a növényzet ellátása *N*-el és szerves tápanyagokkal kedvező. A folyómenti réteken főleg tarackos füvekből álló társulás alakul ki, a pillangósok hiányzanak. (*Alopecurus pratensis*, *Agrostis alba*, *Poa pratensis*, *Bromus inermis*, *Agropyrum repens*, *Beckmannia eruciiformis*.) Miután az áradások évente megújítják a tápanyagok lerakását, e rétek nem láposodnak el, a talajképződés ebben az állapotban marad. Erdőtlen tájon az áradás az egész árteret betölti — gyakori a holtágak keletkezése — az agyagrészecskéket, a szerves hulladékot elsodorja, csak a porszerű finom üledék rakódik le, tömött, alakatlan rétegekben. Az ilyen réteges öntéstalajok tápanyagokban szegények, levegőtlenek, bennük anaerobiozis uralkodik. Az ártéren a vízhordta magvak kicsiráznak, a terület benépesedik mikotróf füvekkel, majd cserjékkel, fákkal. Kialakul a fűz-nyár ligetek, majd tölgyligetek sávja, az ártéri réteken pedig félcserjés és lágyszárú pillangósok sokasága, ezek jelenléte szükséges a füvek *N*-ellátására. A hátakon rendszeren *Festuca ovina* legelők vannak, a széles mederben tarackos füvek rétjei.

A talajképződés menetében a szemcsés öntéstalajokat a rétegesek váltják fel, az előbbiekre települve, míg legalul alluviális homokot, morénahordalékot találunk. A folyóparti terraszok alatt, az árterületen leggyakrabban nádas, tarackosakból álló mocsaras rétség alakul ki, aerenchimás növényekből. Jellemző, hogy a $Ca(HCO_3)_2$ a talajoldatban mésztufaként válik ki a mohák és füvek hajtásaira, ú. n. édesvízi mészkő képződik. Oldható kovasavban gazdag vizekben, a kovamoszatok elhalt vázaiból édesvízi kovakő (diatomaföld) rakódik le. Vasbaktériumok a ferroapokrenátokat oxidálják, vasérc-(ochra) rétegek keletkeznek, a ferroszulfát (vivianit) rétegek is méteresek lehetnek. Az *O*-ben szegény beáramló talajvíz és a ferrosók jelenléte anaerob folyamatokat vált ki. A folyóteraszok mentén égerlápok díszlenek, hatalmas zombékos (*Carex caespitosa*, *C. paradoxa*) aljnövényzettel, bennük az éger és a fűz a zombékokban telepszik meg. A talajvíz a keletkező ulminsavat kilúgozza. A láperdő talaj télen sem fagy meg, így ulmin, azaz humusz sem halmozódik fel, szerves anyagokban gazdag tőzeg keletkezik. Az ártéri vegetáció, a ligeterdők, de az égeres láperdők keletkezése nagyrészt minálunk is hasonlóan folyik le. (Soó).

Az árterek homokos területein a tápanyagviszonyok a réteges öntésekhez hasonlóak, rajtuk mikotróf növényzet, főleg tölgyes, míg a magasabb fekvésű homokbuckákon szegényes aljnövényzetű erdei-fenyves alakul ki, *Calamagrostis epigeios*-szal, csarabbal (*Calluna*), rénszarvaszuzmóval (*Cladonia rangiferina*). A homoktalajokban nincs kapilláris víz, de nagy az áteresztőképességük. A homok

erdőtalajban keletkező krénsav átszívárog, bejut az ártér talajába s ott erőteljes podszolosodás indul meg, vastag vaskőfokszint keletkezik. Magában a homoktalajban nyáron megszűnik a gombák működése, aerob baktériumok elbontják a vaskrenát krénsavát, a homokszemcséket sárga-vörös ferrisók veszik körül, ú. n. homokos orstein (*ortsand*) képződik. A homokbuckák közötti mélyedésekben a talajvíz magasan áll, itt sekélyebbgyökerű fák (erdei-fenyő, nyír, nyár) ligetei alakulnak ki. Ez a jellemzés jól illik a magyarországi savanyú, mésztelen homoktájakra (mint a Nyírség — Soó).

Mindaz, amit eddig Viljamsz után elmondottunk, a Szovjetunió északi-északnyugati tájain elterjedt, *savanyú*, alumo-szilikátos moréna talajképző kőzetek területére vonatkozott. A nyugati részekén lúgos alumo-szilikátos moréna-szigetek vannak, a délkeleti területeken az ú. n. permi moréna (egyenletes, rendkívül finom mechanikai összetételű, löszszerű, mészben gazdag), a déli tájakon a meszes, karbonátos moréna uralkodik. Ezekhez járul még a Don- és Dnyeper-menti »nyelveken« a vegyes (alumo-szilikátos és karbonátos) morénák tája. Utóbbiakat erdős-szteppék és szteppék borítják már.

A *mészben gazdag talajképző kőzeteken* a tundra időszaka »karsztjellegű«, az erdőé aránylag rövid. A laza szerkezetű altalajba a mikotróf gyökerek mélyen behatolnak, szétterjednek, a tengeri eredetű (kagylók stb.) meszes üledékekből szervesanyagokat és *N-t* vesznek fel, $Ca(HCO_3)_2$ -tal együtt. Avarjuk a mészsók hatására lúgos reakciójú lesz, bomlása gombák aerobiózisa révén történik, a krénsavat a mész semlegesíti. A kapillaris víz a tápanyagokat, a kalciumkrenáttal együtt lemossa, az altalajban anaerob baktériumok kalciumapokrenáttá redukálják, ez mészkonkréciók (zsuravcsik) alakjában kiválik. Vaskőfok képződése nincs, helyette olykor (kül. lejtők alján), meszes orstein alakult ki, mely a talaj felszínéig érhet (ú. n. krétaföld). A fák gyökérzete a löszszerű morénát diós szerkezetűvé teszi. A vaskőfokszint csak sötétebb elszíneződés vagy megnövekedett vastartalom alakjában jelenik meg.

A *karbonátos morénán* az erdőt **sztepperétek** váltják fel (a folyamatot Viljamsz nem indokolja, illetve a szteppeklíma kialakulását mondja másodlagosnak). Miután az erdőtalajban sok tápanyag halmozódott fel, a gyepesedési időszak szakaszai (tarackosok és lazánbokros füvek), sokáig tartanak. De a sztepperéteket sűrűnbokros füvek, elsősorban *Festucák* és *Stipák* alkotják (Soó). Ezek alatt a felszínen sok elhalt maradvány halmozódik fel, amely aerob módon bomlik, így a talajba kevés *O* jut s ott a már leírt anaerob folyamat tavasszal indul meg, a gyökérmaradványoknak felét humusz alakjában halmozza fel. Így a karbonátos morénán, a dél-orosz löszön az ú. n. közönséges csernozjom talaj alakul ki.

A *permi morénán* az erdő kialakulásának kedvező feltételei vannak, sok a talajképző kőzetben a tápanyag és könnyen felvehető. A keletkező krénsavat magában az avarban ferrisók semlegesítik. A podszolosodás jelentéktelen, viszont erős, a kőzet egész tömegét átszövő vasfelhalmozódási szint alakul ki, sem gley,

sem mészkonkréciók nem keletkeznek. A területen különösen hársas tölgyesek díszlenek, az aljnövényzet gazdag, sok a pillangós, így a talaj kalciumsókban fokozatosan gazdagodik, a humusz kalciummal telítődik, tartós, morzsalékos szerkezet alakul ki. Az erdősszeppe övben erdők és sztepperétek váltakoznak a permi morénán, amit az agyagos talajképző kőzet állandó nedvesség és nagymennyiségű tápanyagtartalma, vagyis a talaj természetes termőképessége indokol. A permi moréna területén alakulnak ki a mély (1—1,5 m) kitűnő morzsásszerkezetű, 10—20% szerves anyagot tartalmazó, nagy termőképességű ú. n. kövér csernozjomok.

Viljamsz állást foglal a csernozjomnak az erdő részéről történő ú. n. »degradációjával« szemben (ő degradációnak a talajok tényleges leromlását, elszikesedését stb. nevezi), mert ezek az ú. n. degradált csernozjomok kitűnő morzsás szerkezetűek és nagy szerves anyagtartalmúak.

A *don-dnyeperi* nyelvek *vegyes moréna-táján* az altalajban az ortstein és a mészkonkréciók együtt találhatóak, előbbi inkább a vízváltató háta mélyedéseiben és a lejtők felsőbb részén, utóbbiak a lejtők alján alakulnak ki. A vékonyabb fekete felszín alatt gyakori a podszolos réteg (amit az említett állítólagos degradáció, vagyis az erdő rátelepülése okozna). Viljamsz véleménye szerint itt emberi beavatkozás révén megszakított talajképződésről van szó, a szabályos erdei podszoltalaj nem tudott kialakulni. Viszont elismeri, hogy szerepe van ebben a talajképző kőzetek mésztartalmának, ami észak felé csökken, így csökken a talaj morzsás szerkezetének kialakulása és természetes termőképessége is. Így közvetve bár, elismeri Viljamsz a klímaövek befolyását a termőtalajok kialakításában.

Ahol az erdő eltűnőben van, erősödik az erózió, a táj mély szakadékoktól szabdalt. Keleten (így Nyugat-Szibériában) gyakoriak a nyírfaerdők a lomblevelű erdők helyén, alacsony, szervesetlen tápanyagtartalmú talajképző kőzeteken, ezek fokozatosan nyírfaerdős-szteppékké, majd csernozjom szteppékké alakulnak. Viljamsz szerint az árvalányhajás (*Stipa*) szteppék talajai inkább humuszos podszol, mint csernozjom talajok.

Nyugaton, a Baltikumban, homoktalajok uralkodnak, itt különösen a lápos szakasz változatos és fokozatos az átmenet a dombi lápoktól és a folyómenti mocsaraktól a csernozjom felé.

A szürke erdei talajok területén és a csernozjomos sáncokban találjuk az ú. n. *álszolyececet*, nyírfaerdő vagy nyárral kevert tölgyesek alatt, illetve fűz-nyár ligetekben. Az avar bomlása gyors, erősen savanyú reakciójú, a felső, szürke szint morzsás, alatta vaskonkréciók, majd vastag gley. A bomlás a csernozjom szerves anyagaira is kiterjed, ez valóban annak degradációja. Az álszolyececen acidipfil növényzet alakul ki (*Polygonum aviculare*, *Juncus bufonius*, *Rumex acetosella*, *Sedum acre*). A felületen helyenként kovasav kivirágzás, miként a valódi szolyececen.

Viljamsz rámutat arra (*Dokucsajev, Koszticsev és Kosszovics* nyomán), hogy a csernozjom talaj nincs a szteppék klímazonájához kötve, hűvös (évi közép 3—4°) és meleg (6,7—8,6°), szárazabb (évi csapadék 440—560) és nedve-sebb (680—730 mm) tájakon egyaránt kialakul. A Viljamsz közölte adatokból (9 helység) kiszámított (Soó) esőfaktor (páraéhség) értékek is igen változók, 66-tól (Csernigov) 190-ig (Mohov Tula körzetében).

A közönséges és kövér csernozjom-talajokat tehát az állandó mély morzsás szerkezet jellemzi, amelyben a víz kapilláris mozgása hiányzik. A víz a gyökerek által összetartott morzsák között szívárog lefelé, hóolvadás vagy nagy esők után, a felmelegedett felső szintekből a hűvösebb talajképző kőzet felé, a $CaCO_3$ -t $Ca(HCO_3)_2$ -á változtatva lemossa a talajvízbe. A csernozjom tartalékolni tudja a csapadék egész évi mennyiségét, mert a gyepvel sűrűn fedett talaj párolgása kicsi. A csernozjomok termőképessége maximális, mert semleges — gyengén savanyú reakció mellett a növényzetet állandóan el tudják látni a szükséges vízzel, szervesetlen és N-tartalmú tápanyaggal.

A csernozjom talajú *sztepperétek átalakulásának* oka a talaj vízviszonyainak megváltozása. A humusz felhalmozódása révén a morzsák közötti üregek megtelnek, a talaj egyetlen, hajszálcsoves vízvezetésű tömbbé válik. A csapadék csak kapillárisan jut a talajba, de az esővíznek csak kb. 30%-a, a többi — miként a tavaszi hólé teljesen — a lejtő felszínén elfolyik. Tavasszal minden kapilláris telítve van vízzel, így a növényzet további fejlődése teljesen az esőkre van utalva. A nyári esők vizét a gyep hamar felveszi, beáll az aszály. Ennek következtében a magvak nem érnek be, a növények egy ideig vegetatív úton szaporodnak, majd kihalnak. A sztepperét növényeit oly fajok váltják fel, amelyek a nyári aszály előtt magvat érlelnek, akár egyévesek, akár évelők. A nyári vízhiány alatt a szerves anyagokkal telített, de szerkezetét veszített talajt mély repedések szántják fel, így a humusz erőteljes aerob bomlásnak indul. A bomlás termékei a talajból kimosódnak, a Ca ionokat egyvegyértékű fémek ionjai szorítják ki, ez a csernozjom igazi degradációja, mondja Viljamsz.

A nyári aszály folytán az egyévesek teljesen elhalnak, az átmenetileg megjelenő (az orosz növényföldrajzban efeméreknek nevezett) növényeknek csak földbeli hajtásuk, az évelőknek vegetatív hajtásaik maradnak meg és telelnek át. Nyár végén a talaj víztartalma minimális (a szeppe »kiégésének« oka), az elhalt szerves anyag akkorra halmozódik fel. A növénytakaró megritkul, a talaj felszíne kiszárad, a magvak nem csíráznak ki, új növénytakarulás, a **száraz szeppe** van előttünk. Uralkodó füve a pusztai csenkesz (*Festuca sulcata*), amely a magyar homok és lejtőszteppéknek is uralkodó füve), sok pillangóssal, fész-kessel, ajakossal stb. Nagyrészüket csak a nyár elejéig tenyészik, de maga a csenkesz a magtermés beérése után sok, egész télen megmaradó rövidhajtást ereszt s így a szteppének megmaradó füve, a legeltetés biztosítóka. A száraz szteppék talajait szerkezetnélküliség, kevés humusz és sófelhalmozódás jellemzi. A víz tavaszi alászálló mozgása a $Ca(HCO_3)_2$ -t a talajvízbe viszi, de csak olyan mély-

séig hatol, amilyenre a löszszerű alapkőzet apró morzsáinak közepes nagyságú szemcséi engedik. Amint a felsőbb talajszieitek kiszáradnak, felfelé irányuló vízmozgás indul meg, a szénsavas mészh kiválik abban a szintben, ahol a mozgás iránya megváltozott. Ennek folytán ebben a mélységben $Ca CO_3$ -ban gazdag szint válik ki, amely 30—50 cm széles lehet, sőt a felszínre is juthat (ú. n. *karbonátos szoloncsák*). Télen a víz lefelé irányuló mozgása újból felodja a meszet és szétviszi az egész át nem fagyott talajban. A $Ca (HCO_3)_2$ semlegesíti az aerobiozis termelte savakat, így a salétromsavat is. A talajrepedések az őszi esők hatására betömődnek, akkor anaerob folyamat indul ugyan meg, de ez már alig halmoz fel szerves anyagot.

A csernozjom leromlásának folyamata még fokozottabb az átmeneti övben, amit az orosz növényföldrajz félsivatagi övnek nevez. Itt **ürömszteppék** alakulnak ki, erősen lúgos talajon. A növényzet maradványai majdnem kizárólag aerob úton bomlanak el, így a félcserjés, mélygyökerű (10 m) hosszúéletű üröm (*Artemisia maritima*), a pillangósok (itt honos az *Astragalus* számtalan faja), az egyévesek és az efemérek. Az anaerobiozis számára csak az évelők őszi, a fagy által megölt hajtásai maradnak. A keletkező ulminsavat a $Ca (HCO_3)_2$ oldat semlegesíti, az aerob baktériumok elbontják, humuszanyag nem keletkezik. Az anaerobiozis ásványi termékeit kemotróf baktériumok oxidálják s így a csernozjomos időszak által gyűjtött szerves anyagok megsemmisülnek, szervesetlen elemeik ásványi vegyületekké változnak. A nitrifikáció gyors, az *Azotobacter* működése folytán Ca , K , Na nitrátok keletkeznek, a talajok sókivirágzása nitrátot tartalmaz. Az átmeneti öv talajaira jellemző a kb. 1,5 m mélységben levő holt szint, amelynek minimális víztartalma a növény számára hozzáférhetetlen. A mészkonkréciók eltűnnek, a N -ben dús kalciumapokrenátot az aerob baktériumok elbontják, a keletkező $Ca CO_3$ részben a karbonátos szintbe rakódik, részben, mint említettem, hidrokarbonátként eloszlik a talajban.

A félsivatagi öv szteppéinek vegetációjában három növénycsoport jelentős; fűvek (javarészük mikotróf), pillangósok és mélygyökerű más lágyszárúak. A mélygyökerűek csak tavasszal táplálkoznak a feltalajból, nyáron és ősszel a talajvíz alsó szintjéből. A degradáció előrehaladtával az évelő pillangósok helyén egyéves efemérek jelennek meg.

A talajsók oldatából minden alászálló szivárgásnál nagymértékben válnak ki a kétvegyértékű fémek, különösen a Ca sói, amelyek a karbonát és gipszszintben rakódnak le, míg a felfelé történő vízmozgásnál az egyvegyértékű fémek, kül. a Na sói kerülnek túlsúlyba. Na ionok jutnak az agyag-humusz adszorpciós komplex kolloidrézecskeinek felületére és azokat diszpergálják, a talaj tömötté lesz. A kiszorított Ca -ion nem állíthatja vissza a korábbi egyensúlyt, mert a lúgos közegben oldhatatlan $Ca CO_3$ -á válik ki. Így következik be a kötött **szikes** talajok a *szolonyecék* kialakulása a morzsák humuszának Na -mal telítődése következtében. Ez a folyamat előttünk is annyira ismert, hogy bővebben nem kell róla szólnom.

Az aerób bomlás folytán a füvek maradványaiból sok kovasav szabadul fel, ez vagy eredeti alakjában oldhatatlan marad, vagy savanyú oldatokban kolloidális kovafölddé alakul, lúgos közegben pedig csak kiszáradás után válik oldhatatlanná. (Kovasav kivirágzása a szolonyec talajokon.) Ha a kovasavas oldat a talaj egész tömegét átjárja (enyhe lejtőkön) s nemcsak kivirágzik, de betölti mind a kapilláris, mind az egyéb hézagokat, akkor *szology* talajok keletkeznek.

Viljamsz végül a talajképződés szteppeszakaszát írja le. Meglepő, hogy itt voltaképpen (és a többi szovjet botanikus-pedológus szerzővel ellentétben) **a sivatagi öv** talajairól beszél, vagyis a szeppe szó itt a pusztinját (sivatag) jelenti. A homoksivatagok talajában eltemetett rétegek egykori tundrák (l. fentebb), majd erdők jelenlétét igazolják (szerkezetes talajrétegek humuszmaradványokkal, korábbi szemcsés ártéri üledékek stb.). A középázsiai terület taljai löszök, de nem eolikus eredetűek, bennük a víz mozgása hajszálcsöves, szerkezetük laza, morzsás, kiszáradva poros. Gyakoriak a *szoloncsák* talajok, amelyekben a $NaCl$, Na_2SO_4 és különösen a szóda (Na_2CO_3) játszanak jelentős szerepet. A szerkezetnélküli szolonyecok, miután a talaj diszpergált részecskéi kisebb rögökbe tapadnak össze, nem állandó szerkezetű szoloncsákokká lesznek, de az egész talaj sűrű hajszálcsövessége megmarad. A szoloncsákok is jól ismert hazai talajok (homoki szikeseink) így sem ezekről, sem további, Viljamsz által leírt középázsiai talajokról, amelyek viszont számunkra idegenek, nem szölok.

A sivatag mélyebb fekvésű részei rendszeren sóstalajok, növényzetükben autotróf egyévesek és mikotróf évelők váltakoznak. A szolonyec-talajokat mély repedések jellemzik, tavasszal és ősszel helyenként járhatatlanok, rajtuk sok *Statice Gmelini*, *Camphorosma monspeliaca*. Különböző típusai vannak (csernozjomos, oszlopos elválású, kerges oszlopos és a magasfekvésű ú. n. vastagrétegű oszlopos szolonyecok). Ha a kolloid-kicsapódásokhoz vízben oldható sók is csatlakoznak, akkor szoloncsákká változnak át.

A sivatagok homoki növényzete az efemérekből, a mikotróf, erős levélhüvelyű, álgöktörzset fejlesztő ellenálló füvekből (*Elymus angustus*, *Koeleria glauca* stb.) és a megkötöttebb barkánokon megtelepedő mikotróf fásnövényekből áll, mint a szakszaul (*Arthrophytum ammodendron*), a tamariszka és pillangós félcserjék (*Halimodendron*, *Ammodendron* stb.).

A sivatagi talajok tehát szerkezetnélküli, humusztalan, sóval telített talajok, a talajképződési folyamat utolsó állomásai. A lateritekről, vörösföldekről, valamint a Közép-Európában elterjedt barnaföldekről Viljamsz csak egész röviden emlékezik meg. A vörösföldeket a podszolok trópusi-szubtrópusi analógiáinak nevezi, míg a terra-rossa szerinte szeppe viszonyok (azaz sivatagi körülmények) között keletkezett mállási termék.

A fentebbiekben áttekintettük a Viljamsz-féle talajképződési elmélet főbb vonásait, különös tekintettel a növénytakaróval kapcsolatos vonatkozásokra. *Viljamsz* Talajtaná-nak (Полноеведение) 1949-es orosz kiadása és magyar fordításának egybevetése alapján, sokhelyütt Viljamsz szavait idézve.

Az általam így összeállított kép Viljamsz különböző helyeken kifejtett nézeteit egységbe foglalja össze, amelyeket Viljamsz maga más sorrendben és elég nehezen áttekinthetően ad elő.

(Az általános vázlat után a talajképződési folyamat podszolos, majd gyepes periódusának réti szakasza, ugyanannak lápos szakasza, a gyepes periódus megnyilvánulásai a természetben, a csernozjom, a csernozjom degradációja (átmenet a szteppeszakasz felé), végül a szteppeszakasz következnek.)

Viljamsz a tudós, rendkívül érdekes, eredeti egyéniség. Talajképződési elméletét, jóllehet *Dokucsajev* és *Koszticsev* követője, bizonyonnyal teljesen a saját megfigyelései és kísérletei alapján alkotta meg. (Művében nem is idéz idegen szerzőket, irodalmi utalásokat, csak egész kivételesen.) Így nem hivatkozik a növényföldrajz dinamikus irányainak megalkotóira, noha *tanítása a növénytársulások fejlődésmenetén, szukcesszióján épül fel*. A szukcesszió kutatások ugyan a múlt század közepéig nyúlnak vissza (*Kerner* a 60-as években épp a Magyar Alföld homokpusztáinak megkötési-beerdősülési folyamatát írja le), mégis a dinamikus fejlődés gondolata a 90-es évek óta nyer tért, mind Nyugaton (főleg Észak-Amerikában, *Cowles* dűnetanulmányai, 1899—1901, *Clements* összefoglaló és rendszerező műve, 1916), mind Oroszországban, ahol *Korsinszkij* munkáiban már 1888-ban megtaláljuk a szukcesszió és a klimax gondolatának csiráit, de világosan *Pacsoszkij* fejteti ki 1891-ben.

Az európai vegetáció kutatásában először a svájciak tárják fel az Alpok növénytársulásainak egymásutánját (*Siegrist* 1913, *Furrer* 1914, 1922, *Lüdi* 1919, 1921, *Gams* 1918 stb.) és a világháború után a szukcessziós-elmélet már nemcsak a zürich-montPELLIERI iskola követőinél, de a legtöbb európai geobotanikusnál a kutatás egyik alap gondolata. Nálunk először *Rapaics* (1923) ismerteti, nemsokára számos tanulmány jelenik meg vizeink feltöltése, ligeteink kialakulása, szikláink befüvesedése, pusztáink beerdősülése stb. kérdéseiről (*Rapaics* 1925, *Soó* 1926—7, 1929, s azóta számos szerző: *Balázs*, *Felföldy*, *Hargitai*, *Magyar*, *Máthé*, *Soó*, *Ujvárosi*, *Ubrizsy*, *Timár*, *Zólyomi* stb.).

A dinamikus »növény-szociológia«, ill. fitocönológia alaptételei: A Föld növénytakarója állandó változásban van, ennek következménye a növénytársulások szukcessziója. A természetes szukcesszió lényege az, hogy a növénytársulás életműködése az életfeltételeket önmaga számára mindig kedvezőtlenebbé, valamely más növénytársulás számára fokozatosan kedvezőbbé teszi, így annak át kell adnia helyét, a szukcesszió az ideiglenes kezdeti és átmeneti állapotokon keresztül a relatíve állandó növénytársulás, a klimax felé törekszik. A klimax a legnagyobb szerves anyagtermelést felmutató, legmagasabb szervezettségű, legtöbb szintből álló társulás, amely valamely terület klímájában kialakulhat és így környezetével és önmagával dinamikus egyensúlyban van. A klimaxot optimális növénytársulásnak is nevezzük, egyesek viszont klimax néven a vegetáció leromlásának végső állapotát jelölik (paraklimax). Így az óceáni klímaterületen az erdőtalajok természetes elsavanyodásának folyamatá-

ban az optimális, legnagyobb anyagtermelésű növénytársulás a lombos-erdő, a paraklimax viszont fenyér, a lúp, kontinentális tájakon a szikes, a puszta.

Ugyanezeket a gondolatokat, bizonyonnyal saját megfigyelései alapján, Viljamsz így fogalmazza: A magasabbrendű növényeknek a talajviszonyoktól függő társulásai a talajban oly nagyfokú változásokat hoznak létre, amelyek magának a társulásnak megváltozásához vezetnek (183. o.). A mennyiségi változások felhalmozódása a környezet minőségi tulajdonságainak megváltozásához vezet. A környezet (t. i. talaj, mikroklíma — Soó) életfeltételei ellentétes irányban megváltoznak s így előidézik a növénytársulás átalakulását (227 o.), másszóval: a formációk környezetükben maguk váltanak ki oly hatásokat, amelyek — dialektikusan — feltétlenül a környezet elváltozásához vezetnek. A növényi élet valamennyi tényezőjében meghatározott sorrendben teljes vagy relatív hiány áll be, ami visszahat a növénytársulásra. A formáció kifejezést Viljamsz a növényföldrajzból vette (Oroszországban először *Korsinszkij* használja), de ő a magasabbrendű növényzet és a talaj klorofill nélküli szervezeteinek (baktériumok, gombák) közösségét tekinti annak.

A növényzet és környezete kölcsönhatásainak dialektikáján épül fel tehát Viljamsz elmélete. Szembefordul a teljesen geológiai-kémiai alapokon álló sztatikus talajtannal, és kimondja, hogy (200. o.) a talajképző kőzet összetétele miként a táj domborzata vagy a talaj művelése, csak gyorsítóan vagy lassítóan hatnak a talajképződés dialektikus ellentmondásainak kiütközésére, a talajképződési szakaszok keletkezésére. A növénytársulások szerkezetének belső ellentmondásai (miután ezek két ellentétes rendszerből, az autotróf vegetációból és a talaj heterotróf mikroorganizmusaiából állanak) hozzák létre azok fejlődésmenetét (hiszen, mint *Lenin* mondja, minden fejlődés az ellentmondások harcán alapul, s ez váltja ki a talaj — s vele együtt a mikroklíma megváltozását és a változások visszahatását a növényzetre) (Soó). Hadd említsem itt meg: Viljamsz helyenként talán túlzott jelentőséget tulajdonít a növényzet klímaváltoztató képességének (pl. »azáltal, hogy a rét az erdőt kiszorította, elkerülhetetlenül megváltozott az éghajlat; a hőmérséklet és a csapadék, szélsőségeivel szeppejelleget öltött) (191. o.), másutt viszont kiemeli, hogy (a növénytársulás megváltozása) »megfelelő módon az éghajlat megváltozását is előidézi (a szélességi zónák adta lehetőségek határain belül)« (201. o.), vagyis a klímaöveken belül, másszóval e változások a mikroklíma, ill. a helyi klíma határain nem terjednek túl. Azt is elismeri, hogy (80. o.) »az erdők nem befolyásolják különösebben a rájuk hulló csapadék mennyiségét«. Egyes Viljamsz ismertetések ugyanis eltúlozták e klíma-megváltozások szerepét. Kétségtelen, hogy Viljamsz alábecsülte a mikroklíma jelentőségét, mert ma (tehát nem történelmileg tekintve) a vegetációöveket a makroklíma (v. ö. klímajelleg-képletek, amelyekben csapadék, hőmérséklet, telítettségi hiány stb. szerepelnek) határozza meg, ép ez az oka egyes tévedéseinek gyakorlati vonatkozásokban is, amint arra *Liszenko* kritikájában (Viljamsz

agronómiai tanításáról, Pravda 1950. július 15. száma, magyar szöveg: Agrár-tudomány, 1950. 9. sz.) rámutatott.

Viljamsz talajkeletkezési elméletében a *jégkorszak utáni talajfejlődés főbb szakaszai*, vagyis az egymást felváltó formációk sorrendje a következő: 1. tundra, majd erdőstundra; 2. fenyves; 3. lomberdő; 4. lombrét; 5. rét, mezofil jelleggel; 6. láprét; 7. tőzegmohaláp; 8. sztepperét; 9. szeppe; 10. szikes, ill. sós, vagy homoksivatag. Ha a Szovjetunió európai részének vegetációtérképét nézzük (így a *Kuznyecov*-féle 1 : 4 000 000 vagy a *Lavrenko*-féle 1950-es 1 : 2 500 000 kiadást), északról délre ugyancsak a *vegetációövek* következnek egymás után, sorrendjük lényegében megfelel Viljamsz talajfejlődési szakaszai egymásutánjának, és pedig: 1. tundra és erdőstundra; 2. fenyves (a tajga); 3. lomb-erdő, ill. kevert erdő; 4. erdősszeppe (ami tájképileg a lombrétnek felel meg, de utóbbiak az előző övben helyenként jelennek meg, kül. ÉNy felé); 5. sztepperét; 6. szeppe; 7. félsivatag, a rétek, láprétek, tőzegmohalápok mint azonális vegetációtípusok leginkább az erdők övében elterjedtek. Igen valószínű, hogy a jégtakaró fokozatos visszahúzódása után, a posztglaciális korban, vagyis az utolsó kb. 12 000 év alatt a kérdéses vegetációtípusok borították egymás után a jég alól felszabadult tájat, a tundrát a szteppéig, ill. félsivatagig. Ez tehát megfelel a posztglaciális nagy, ú. n. *klimatikus alapszukcesszió*nak.

A posztglaciális vegetációtörténet legújabb összefoglalása Közép-Európára nézve a következő szakaszokat állapítja meg (*Firbas*, *Waldgeschichte Mitteleuropas*, 1949. p. 104—5.): 1. erdőtlen tundrakor (—10 000 időszámításunk előtt), vége felé ritkás nyír-fenyőerdők; 2. *Pinus—Betula*- (erdei fenyő, nyír erdők) kor, az ú. n. Alleröd klímaingadozás, enyhülés ideje (—9000),; 3. újabb tundra és erdőstundra, majd 4. újabb fenyő-nyírkor (—7000, a praeboreális időszak); 5. mogyoróban gazdag erdei fenyő és kevert tölgyerdők, ú. n. mogyorókor (—5500 a boreális időszak); 6—7. kevert tölgyeserdők, a hegyvidéken lucosok (—2500, az atlantikus időszak); 8. a tölgyesek és lucosok átalakulása bükkösökké (—800, a szubboreális időszak); 9. bükkösök és bükkös-vegyes erdők, majd 10. kultúrvegetáció. *Zólyomi*, *Kintzler*, *Pop* és mások vizsgálataiból tudjuk, hogy a Kárpátok övezte területeken is hasonló volt a klimatikus szukcesszió. Kelet felé általában a gyertyán játszott még nagyobb szerepet. Az Alföldön a bükköskor után erdős-szeppe alakult ki. Az európai Szovjetunió területén bükk, gyertyán csak a nyugati széleken honosak, így a tundrát a fenyves, majd a kevert tölgyes, végül az erdős szeppe váltotta fel. A további szukcesszió már pollenanalízissel nem állapítható meg, mert pollenőrző tőzeglápok a délibb szeppeövekben már nincsenek, de kétségtelen, hogy az erdős szteppék után a sztepperétek, a száraz szteppék és a félsivatagok következtek.

Az erdő ritkulása, a lombrét, majd a láp és tőzegmohaláp kialakulása a hűvös, nedvesklímájú nyugati és északi tájakon mint autogenetikus vagy *biotikus szukcessziófolyamatok* ismeretesek, nálunk azonban már alig fordulnak elő. A mocsarak átalakulása síkláppá, majd ennek kiszáradása nálunk is ismert

szukcessziós folyamat. Miként az erdők elláposodása, úgy a pusztai tájakon az elszikedés is *degradációs*, leromlásos szukcesszió, ez a magyar kutatók előtt jól ismert. Viljamsz elméletében tehát *többféle egymástól független szukcesszió-folyamat* kapcsolódik össze. Viljamsz zseniálisan ismerte fel e folyamatok okait, a növénytársulások életműködésének és a talajviszonyok megváltozásának kölcsönhatásait, s foglalta össze az egyes szukcesszió-jelenségeket egységes rendszerbe. Természetesen nem tekinthetjük feltétlen követelménynek, hogy minden egyes talajképződési folyamat mindenütt egyformán, minden szakaszában következzen be — maga Viljamsz is számos változatot ír le — de alaptörvényeit alkalmaznunk lehet és kell minálunk is.

Nem feladatomban *Viljamsz* teljes életművének, különösen földművelési rendszerének méltatása. Egész életét a nép szolgálatába állította. Bebizonyította, hogy a talaj termékenysége nem a természet örökidőre szóló ajándéka. A talaj termőképessége a benne és rajta élő szervezetek életműködésének eredménye. De azt is bebizonyította, hogy a szocialista gazdálkodás a talaj fokozott termékenységéhez vezet. Ő maga írta: »Mi a természet igazi uraivá válunk, mert fejlett mezőgazdasági tudományunk megtanított bennünket tárgyilagosan szemlélni a természet törvényeit és felhasználni őket szocialista hazánk jelen és jövő nemzedékeinek érdekében. Ez csak ott lehetséges, ahol osztatlanul uralkodik *Marx, Engels, Lenin* és *Sztálin* mindent legyőző elmélete...«

S ha majd minálunk is megvalósulnak a Viljamsz és az élenjáró szocialista agrobiológia részéről ajánlott tudományos és gyakorlati mezőgazdasági rendszerek, ha majd legyőzzük a természet erőit és nem függünk többé tőlük, akkor bontakozik ki teljes egészében V. R. Viljamsz alkotásainak nagysága.

Az idézetek *Viljamsz*: Talajtana, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1950 kiadásra vonatkoznak. A Szovjetunió vegetációjára vonatkozólag I. *Sóó* Ukrán sztyep, magyar puszták (Természet és Technika 1949), a szovjet geobotanikai kutatásokról I. *Sóó*: A növénytakaró kutatása a Szovjetunióban (Debreceni Egyetem Biológiai Közleményei 1950), a szukcesszióról I. *Sóó*: Növényföldrajz 1945, 90 és köv. o. *Viljamsz* talajkezelési elméletét röviden ismertette *Fekete Z.* (Agrártudomány 1950. 48. o.) a többi magyarul megjelent könyv (mint *Szmirnov* Viljamsz életrajza, *Szlobogyn*: A Viljamsz-féle földművelési rendszer, *Sumanov*: A füves vetésforgó stb.) és ismertető cikk (így a Természet és Technikában, az Agrártudományban) és brosuráig érintik. V. ö. még az előadás elhangzása után megjelent tanulmányt: *Poliszov*: Dokucsajev és Viljamsz szerepe a természettudományban és a mezőgazdaságban. (A tudományok története a Szovjetunióban, 1950. 366—380.)