

A TALAJZOOLOGIAI KUTATÁSOK EREDMÉNYEI ÉS FELADATAI HAZÁNKBAN

BALOGH JÁNOS, a biológiai tudományok doktora

(Elhangzott az MTA Biológiai Csoportja 1957. évi nagygyűlésén)

A talajbiológia az utóbbi néhány évtizedben fejlődött önálló tudományá. Eredményei megmutatták, hogy a talajban hatalmas tömegű élőlény — mikroorganizmusok, férgek, ízeltlábúak — van jelen és élettevékenységével döntő hatást gyakorol az ott végbemenő folyamatokra s ezeken keresztül a növények életére. Így a talajbiológia megdöntötte azt az egyoldalú felfogást, amely a talajban folyó történéseket tisztán kémiai és fizikai alapon próbálta értelmezni.

A talajbiológia a jelentős eredmények ellenére állandó forrongásban van és fejlődése nem mondható egyenletesnek. Egyes ágai, így a mikrobiológia sokkal előbbre van, mint a többi. Valamennyi között talán a talajzoológia van leginkább hátramaradva. Itt is vannak ugyan aránylag jól kikutatott területek, mint például a giliszták, de a többiekről, főképpen az apró ízeltlábúakról aránylag keveset tudunk. Nagyon hiányosak ismereteink a talajállatok életmódjáról, táplálkozásáról, egymáshoz és a talajhoz való viszonyáról, és arról a szerepről, amelyet a talaj anyagforgalmában és a humifikációs folyamatokban betöltenek.

A hiányok ellenére — vagy talán éppen ezért — az utóbbi években rohamos fejlődés tapasztalható ezeken az elmaradt területeken is. Az eddigi eredmények ugyanis azt mutatták, hogy a csonka, pusztán mikrobiológiára és gilisztákra felépített talajbiológia nem képes a maga feladatait maradéktalanul megoldani. Értékes részeredmények maradnak elszigetelten, megmagyarázatlanul azért, mert hiányoznak azok a láncszemek, amelyek egységes egésszé kapcsolnák őket össze. A talajbiológusok az újabb időkben ezeket a hiányzó láncszemeket keresik, amikor elhanyagolt állatcsoportok kikutatására, ismeretlen életfolyamatok és kapcsolatok kiderítésére vállalkoznak.

A világszerte folyó munkából kivették és kiveszik a részüket a magyar talajbiológusok is. Az egész világon ismert és elismert nevek — GELEI JÓZSEF, FEHÉR DÁNIEL, KREYBIG LAJOS, VARGA LAJOS és mások — mellé lassan felzárkóznak a tanítványok, így a magyar talajbiológiában a jelek szerint nem kell töréstől tartanunk. Rendkívül hálás feladat lenne, ha valaki a magyar talajbiológiai, és ezen belül a talajzoológiai kutatások összefoglaló kritikai ismertetésére vállalkoznék. Ez a munka azonban természeténél és terjedelménél

fogva inkább részletes tanulmány, mint a jelen előadás tárgyának felelne meg. Az a meggyőződés, hogy a rokontudományok művelőit, elsősorban a mezőgazdaság szakembereit, inkább általános kép érdekli, amelyből tájékozódhatnak a talajzoológia — ezen belül a magyarországi talajzoológiai kutatások jelenlegi állásáról és legközelebbi feladatairól. A következőkben ennek az általános képnek felvázolására törekedem.

Mondanivalómat három problémakör köré csoportosítottam. Elsőnek a talajban élő lények mennyiségére vonatkozó vizsgálatokról kívánok beszámolni, másodsor a működésükre és a talajjal való kapcsolataikra vonatkozó legújabb megállapításokat ismertetem, végül harmadszor a talajélet és a növénytakaró összefüggésének kérdéseit érintem.

A talajban élő lények mennyiségének megállapítása sok nehézségbe ütközik. Különösen nehéz a mikroszkopikus kicsinyességű lények számát és súlyát megállapítani, mert ezeknél az esetleges hibák a nagy területre való átszámításkor rendkívül megsokszorozódhatnak. Nagy a veszélye annak is, hogy a különböző módszerekkel végzett mérések és számítások pontossága különböző: így mindig bizonyos fenntartással kell fogadnunk ha egyetlen összeállításon belül például a mikroorganizmusok és giliszták, vagy a fonálférgék és az izeltlábúak egy hektárra eső súlyát látjuk.

Mindezeknek előrebocsátása után mint megközelítő értékeket, talán mégis elfogadhatjuk STÖCKLI 1950-es adatait. Ezek szerint egy átlagosan benépesített közép-európai réttalajban kereken 250 métermázsára tehető az élőlények biomasszája. Ebből 200 métermázsa a mikroorganizmusokra, 40 métermázsa a gilisztákra, 5—10 métermázsa a többi férgerekre és az izeltlábúakra esik. A továbbiakban látni fogjuk, hogy a mezőgazdaságilag intenzíven művelt talajokban lényegesen csökkenhet ugyan az élőlények mennyisége, a rét- és erdőtalajokban azonban néha a többszörösét találjuk a STÖCKLI-féle értékeknek. Így az európai lomberdők talajában általában 20-szor, maximálisan 200-szor magasabb a talajatkák száma. Egyik Balaton környéki nedves réten, amely a *Junceto nodulosi* asszociációba tartozott, négyzetméterenként kereken 3000 darab makrofauna nagyságrendjébe tartozó izeltlábú állatot találtunk. Az állatok biomasszája hektáronként 155 kilogrammot tett ki, ami háromszorosa a megfelelő STÖCKLI-féle adatoknak. Hasonlóan magas értéket: négyzetméterenként 3100 példányt állapított meg LOKSA egy alföldi égeresben. Itt a makrofauna biomasszája hektáronként 175 kilogrammot tett ki. Anélkül, hogy a példák felsorolását tovább folytatnánk, megállapíthatjuk, hogy a STÖCKLI-féle biomassza adatok izeltlábú állatokra vonatkoztatva az újabb vizsgálatok tükrében nem látszanak túlzottaknak. Ezért a következőkben a becslések és számítások alapjául a gyengébben benépesített agrártalajok esetében is ezeket az értékeket veszem.

Eddig pusztán a talaj élőlényeinek biomasszájáról volt szó és figyelmen kívül hagytuk azt a tényt, hogy ezek a lények életük során táplálkoznak, vagyis

különbéle anyagokat vesznek fel és adnak le. Ez az anyagmozgósítás súlyban megadva sokkal nagyobb, mint testük biomasszája. Az intézetünkben folyó tenyésztési kísérletek alapján GERE GÉZA óvatos becslése szerint egyetlen közepes nagyságú, növényi hulladékot fogyasztó százlábú saját testsúlyának minimalisan háromszorosát eszi meg egy vegetációs periódus alatt. Tudvalevő, hogy a kistestű állatok anyagcseréje általában intenzívebb, táplálékfogyasztása pedig nagyobb, mint a nagytestűeké. Így feltételezhetően a valóságos értékek alatt maradunk, ha a talajban élő lények anyagmozgósítását biomasszájuk háromszorosára becsüljük. A STÖCKLI-féle adatok alapján így hektáronként 750 métermázsás értéket kapunk. Miután vizsgálataink szerint a felvett tápláléknak 80—90 százaléka ürülék- és ürülékjellegű anyagok alakjában hagyja el a testet, hektáronként körülbelül 600 métermázsásra tehető az ilyen jellegű anyagok termelése egyetlen vegetációs perióduson belül a talajban. Összefoglalóan tehát elmondhatjuk, hogy a talajban élő lények biomasszája és ürüléke együttesen évenként és hektáronként mintegy 850 métermázsas biológiai úton mozgósított szervesanyagot jelent a talaj számára.

Minden talajbiológiai vizsgálat első lépése, hogy kiderítse az illető talaj flóráját és faunáját. Mindenekelőtt azt kell tudnunk, hogy mi él a szóban forgó talajban és csak azután következik, hogy milyen tömegben, milyen mennyiségben. A gyakorlat embere sokszor nem érti meg, hogy miért van szükség a talajban élő lények aprólékos összegyűjtésére és meghatározására. Pedig az előbb említett adatok, mint a 200 métermázsas mikroorganizmus, vagy 40 métermázsas giliszta, ebben a formában keveset mondanak a talajbiológus számára. Csupán azt olvashatjuk ki belőlük, hogy a szóban forgó élőlények sokan vannak, tehát így vagy úgy fontosak a talaj szempontjából. A „hogyan?”-ra azonban csak akkor tudunk megfelelni, ha pontosan megállapítjuk, milyen fajokból tevődik össze a biomassza. Nyilvánvaló, hogy a 200 métermázsas baktérium-biomasszából másképpen kell megítélnünk az *Azotobaktereket*, mint az indifferens, vagy a talaj szempontjából esetleg károsan tevékenykedő baktériumokat. Beszélni kell erről a témáról, mert egészen a legutóbbi időkig, elvértve ugyan, de tapasztalható volt bizonyos meg nem értés a talajbiológiai vizsgálatok kiindulását és elengedhetetlen előfeltételét jelentő rendszertani munkával szemben. Ma már ez az időszerűtlen irányzat eltűnőben van, hiszen például a múlt évi *Párizsi Talajtani Kongresszuson* sürgős feladatnak jelölték meg egy talajzoológiai monográfia megírását, mert enélkül a talajzoológiai kutatásokat az egész világon az elakadás veszélye fenyegeti. Hazai viszonylatban ez a kérdés már jóval a párizsi kongresszus előtt megoldódott, amikor a Tudományos Akadémia első öt éves tervébe felvette a „*Magyar Állatvilág Kézikönyvé*”-nek elkészítését. A gilisztaikat tárgyaló rész ANDRÁSSY ISTVÁN tollából azóta már meg is jelent; a fonálférgeket tárgyaló rész megjelenés előtt, a talajtani szempontból fontos többi állatcsoportok részben megírás, részben előkészítés alatt állanak.

Végül itt, a biomasszával kapcsolatban kell megemlékeznünk a talajbiológiai kutatások módszertani kérdéseiről is. A magyar talajbiológiának a módszertan mindig erős oldala volt : FEHÉR DÁNIEL, HORVÁTH JÁNOS, TELEGDY KOVÁTS LÁSZLÓ és VARGA LAJOS mikrobiológiai módszereit világszerte ismerik és használják. A magyar talajbiológiai kutatásokat nagymértékben előmozdította, hogy mind a négyen az utóbbi években tették közzé vizsgálati módszereik összefoglaló leírását : HORVÁTH JÁNOS 1948-ban a DUDICH ENDRE szerkesztésében megjelent „Állatok gyűjtésé”-ben, FEHÉR DÁNIEL, TELEGDY KOVÁTS LÁSZLÓ és VARGA LAJOS 1953-ban a BALLENEGGER szerkesztette „Talajvizsgálati módszerkönyv”-ben. Új talajzoológiai módszerek kidolgozásán az utóbbi években főképpen az Állatrendszertani Intézet fiatalabb kutatói munkálkodtak : ANDRÁSSY ISTVÁN a fonálférgék mennyiségi felvételére és biomasszájának pontos kiszámítására, GERE GÉZA a talajban levő növényi maradványok fogyasztásának és a talajállatok ürüléktermelésének mennyiségi vizsgálatára dolgozott ki új módszereket. LOKSA IMRE az ugróvillás rovarok sűrűségének és horizontális diszperziójának, végül ZICSI ANDRÁS a giliszták biomasszájának megállapítására dolgozott ki az eddigieknél sokkal pontosabb eljárásokat.

A talajbiológiai kutatások első lépéseként — amint láttuk — a talajban élő lények faji összetételét és biomasszáját kell megállapítanunk. A következő feladat működésüknek és a talajjal való kapcsolataiknak kiderítése. Az alábbiakban az erre vonatkozó tudásunkat és legújabb eredményeinket kívánom röviden összefoglalni.

Amióta a talajbiológusok kiderítették, hogy a talajban ilyen nagytömegű élőlény tevékenykedik, nyilvánvalóvá vált, hogy ezek döntő befolyást gyakorolnak a talaj egész működésére és azon keresztül a növénytakaróra is. Ezért aránylag korán megindultak a különféle vizsgálatok, hogy ezeket a hatásokat lépésről lépésre felderítsék. A giliszták talajformáló hatásának vizsgálatát még DARWIN (1881) kezdte tanulmányozni. Később, a mikrobiológia kifejlődésével, a talajbaktériumok, a gombák, az egysejtűek, majd a talajban élő egyéb állatok szerepének vizsgálata is megindult. Mindezeknek a vizsgálatoknak közös sajátossága volt, hogy egy-egy élőlénycsoport talajra gyakorolt hatását, tehát egyoldalú kapcsolatot kutattak ; esetleg a talaj és az élőlények kölcsönhatását, vagyis kétoldali kapcsolatot. Csak a legújabb időkben ismerték fel, hogy a talajban folyó biológiai történések sokszorosán összetett jellegűek, mert egy multilaterális kapcsolathálózaton belül folynak le. Időrendben először a hidrobiológusok : THIENEMANN, LINDEMAN és MAUCHA REZSŐ munkáiban jelentkezett az a szemlélet, amely az állóvizek egész élővilágát : a limnobioszt, tehát egy teljes multilaterális kapcsolatrendszerként tett meg vizsgálat tárgyává. Ezek a szerzők és követőik kimutatták, hogy az állóvizek élővilágukkal együtt egységes ökológiai rendszernek, úgynevezett *Ökosystem*-nek tekinthetők, amelyen belül minden változás láncreakció módjára hat a rendszer valamennyi tagjára. Mivel az ilyen ökológiai rendszer változásai a rendszer egyes fajainál növekedés

és szaporodás : tehát élőanyag-produkció alakjában manifesztálódnak, a biológiának ezt az ágát a harmincas évektől kezdve produkciós biológiának nevezték el.

THIENEMANN az itt vázolt ökológiai szemléleti módot kezdetben csak az állóvizek élővilágára : a limnobioszra alkalmazta. A harmincas évek elején DUDICH ENDRE és a finn PLAMGRÉN egy időben, de egymástól teljesen függetlenül átvitte a szárazföldi élőlénytársulásokra : DUDICH a barlangi élővilágra, a troglobioszra; PALMGRÉN a finnországi erdők életközösségeire. Nem véletlen, hogy a produkciós biológiai szemlélet szárazföldi alkalmazása éppen Magyarországon és Finnországban kezdődött. Abban az időben nálunk a Balaton-kutatás és a halastavak vizsgálata volt fellendülőben, Finnországban, az ezer tó országában, ugyanez volt tapasztalható. A harmincas évektől kezdve a THIENEMANN-féle szemlélet másutt is rohamosan tért hódított, elsősorban a németeknél, THIENEMANN hazájában, de különösen az angolszász, majd a negyvenes években a szovjet biológusok között.

A talajbiológiában VARGA LAJOS egyike volt az elsőnek, aki a mikrofauna vizsgálatában ezt a szemléletet alkalmazta, éppúgy FEHÉR DÁNIEL és általában a soproni talajbiológusok. Hasonló szellemben dolgoztak a skandináv és az osztrák talajbiológusok, az utóbbiak KÜHNELT-tel és FRANZ-cal az élükön. Intézetünkben DUDICH ENDRE irányításával még a harmincas évek elején elkezdődtek az ilyenirányú kutatások; eleinte általában a szárazföldi életközösségre vonatkozóan, a negyvenes évek elejétől kezdve pedig főképpen talajzoológiai vonalon. 1949-től kezdve az MTA megfelelő személyi és anyagi feltételeket biztosított számunkra, úgyhogy vizsgálatainkat szélesebb alapokon folytathattuk. 1951-ben az Akadémiai Nagyhétén beszámolhattunk első jelentékenyebb eredményeinkről, amelyekben a magyarországi erdőtalajokra vonatkozó vizsgálatainkat foglaltuk össze. Ebben a közleményünkben először alkalmaztuk következetesen a talajzoológiában a produkciós biológiai szemléletet. Az ezt követő vizsgálatok, valamint az újabb külföldi eredmények azt mutatták, hogy a produkciós biológiai szemlélet a talajbiológiában ugyanolyan eredményesen alkalmazható, mint a hidrobiológiában. Ma már azt mondhatjuk, hogy a produkciós biológia lassanként a talajbiológia elméletévé válik.

A produkciós biológia mint elmélet nagymértékben alkalmas arra, hogy segítségével rendezzük és értelmezzük azt a gazdag ismeretanyagot, amelyet a talajbiológia az utóbbi évtizedekben összehordott. Az elmélet kiindulásául azt a közismert tényt tekinthetjük, hogy nagyobb természetes életegységben : mint amilyen a tó, a rét, az erdő, a szántóföld stb., állandó anyag- és energiaáramlás folyik. Az anyag- és energiaáramlás kiindulási pontja a fotoszintézis, melynek során a zöld növények a sugárzó energiát „megkötik”, vagyis szerves vegyületekhez kapcsolódó kémiai energiává alakítják át. A növényeknek ezt az önálló táplálkozási módját autotroph táplálkozásnak nevezzük. Az összes többi élőlények csak a növények kötött energiájára támaszkodva képesek életfolyamataikat lebonyolítani és testüket felépíteni : így táplálkozásuk függő

heterotroph jellegű. Ebből következik, hogy valamennyi életközösség a növényekre épül fel, közvetlenül vagy közvetve a baktériumoktól az emberig a növényvilág tartja el az egész heterotroph jellegű élővilágot. A növények által kötött energia és felépített szerves anyagok adagolása az úgynevezett élelmi hálózaton keresztül történik. Az élelmi hálózat az egymás testéből vagy egymás hulladékanyagaiból táplálkozó élőlények bonyolult szövetéke. Az életközösségben ugyanis minden élőlény legalább két, de többnyire számos más élőlényvel a fogyasztó és a fogyasztott viszonyában van: más élőlények őt eszik meg, ő pedig ismét másokkal vagy mások hulladékanyagaival táplálkozik. Kivételt csak a zöld növények képeznek, ők csak fogyasztottak, de más élőlényeket nem fogyasztanak. A fogyasztás valamely faj egyedeinek csak bizonyos százaléka, ELTON (1927) kifejezésével élve, csak az élet úgynevezett „marginális példányokra terjed ki: természetes viszonyok között a fogyasztó sosem irtja ki a fogyasztottat, hanem csak egy bizonyos, az életközösségnek megfelelő átlagos szinten tartja a fogyasztott populációját. Ebből következik, hogy a fogyasztott összpéldányszám és biomasszája mindig többszöröse a fogyasztóé, mert a fogyasztásra kerülő marginális példányok csak tört részét teszik ki az egész populációnak. Ugyancsak többé-kevésbé általános szabály, hogy a fogyasztó nagyobb a fogyasztottnál. Az előbb elmondottakon alapul az úgynevezett ELTON-féle számpiramis elve, amely szerint az egymás után következő élelmi láncszemek biomasszája csökken, a beléjük tartozó állatok testnagysága azonban növekedik. Az erdőben például nagyobb a rovarok biomasszája, mint az őket fogyasztó madaraké; ezeké ismét nagyobb, mint a belőlük élő ragadozó madaraké.

Ha a produktív biológia itt vázolt főbb megállapításait a talaj élővilágára alkalmazzuk, új megvilágításba kerülnek a talajban folyó biológiai történések. A talajban élő lények anyagforgalmi és energetikai kapcsolatai egyetlen nagy élelmi hálózatba foglalhatók össze; ennek első láncszemét itt is a fotoszintézis által kötött sugárzó energia és az azt hordozó szerves anyagok képezik. Az első láncszem erdőtalajokban a hullott lombból, a gyökérkorhadékból és a fákon élő állatok, elsősorban rovarok folyamatosan termelt ürülékéből, az úgynevezett ürülékesőből tevődik össze. Réttalajokban az évi lombohullást a talajon maradó növényzet bekorhadása helyettesíti. Végül a mezőgazdasági talajokban a leszántott növényi maradványok, valamint a szerves trágyázás útján bevitt növényi anyagok jelentik az első láncszemet, bár egyes pillangósoknál, például a lucernánál, a levélhullás is jelentős szervesanyag-pótlást jelent. A talajban tehát, ellentétben a legtöbb élőhellyel, az élelmi hálózat első láncszeme élettelen szerves anyagokból áll. (Itt egyszerűség kedvéért eltekintettünk az alárendelt szerepet játszó moszatoktól, amelyek a talajban fotoszintézist végeznek.) Az elmondottakból következik, hogy a baktériumok és a szaprofiták, mint második élelmi láncszem, azonnal bekapcsolódnak az élelmi hálózatba, de ugyancsak bekapcsolódnak a korhadékező állatok is. Így ez a két táplál-

kozási csoport alkotja az élelmi hálózat második láncszemét. A korhadékevő állatok a növényi korhadékot a rajta megtelepedett baktériumokkal és egyéb mikroorganizmusokkal együtt fogyasztják, ürüléküket pedig ismét a mikroorganizmusok. A mikroorganizmusoktól megtámadott ürüléket ürülékkevő állatok eszik ugyancsak a megtelepedett mikroorganizmusokkal együtt. A korhadék + mikroorganizmusokat fogyasztó magasabbrendű állatok és a mikroorganizmusok tehát antagonisztikus szerepet töltenek be a talajban. Ha talajállatok nem lennének, a szerves anyagok feldolgozása tisztán mikroorganizmusok útján, optimális viszonyokat feltételezve, rendkívül gyorsan menne végbe. Az állatok jelenléte fékezőleg hat a baktériumos lebontásra, időben lelassítja ezt a folyamatot. Mivel az állatok a felvett korhadékból és baktériumokból saját testüket gyarapítják és szaporodnak is; biomassájukat növelik azoknak terhére. Működésük eredményeképpen tehát élettelen szerves anyagokhoz kötött energiát nyerne vissza az élő biomassza számára. Ezt az energiavisszanyerési folyamatot, amelynek jelentőségét először az intézetünkben folyó vizsgálatok derítették ki, rekuperációnak neveztem el. A rekuperáció fékező, energiaadagoló hatása minden életközösségben nagy jelentőségű. Így például LAURENCE (1954) kimutatta, hogy az angliai legelőkön egy tehén évente saját testsúlyának 19-szeresét kitevő ürülékmennyiséget termel. Ebben az ürülékben évente egy tehén testsúlyának 1/5-ét kitevő koprofág rovar fejlődik. LAURENCE vizsgálata nem terjedt ki az alacsonyabbrendű állatokra és a mikroorganizmusokra, de feltételezhető, hogy ezeknek biomasszája többszöröse a rovarokénak. Ezek a számok szemléltetően mutatják, hogy a rekuperációnak milyen nagy anyag- és energiaforgalmi jelentősége van.

Az elmondottak csak főbb vonásaiban és erősen általánosítva vázolták a talaj élelmi hálózatának anyag- és energiaforgalmi működését. Ebből a vázlatból is látszik, hogy az élelmi hálózat minden láncszeme függ egymástól, még az egymástól legtávolabb esők is. A legszorosabb kapcsolat természetesen a szomszédos láncszemek, a fogyasztók és a fogyasztottak között van, és ezeket a kapcsolatokat lehet a legkönnyebben kideríteni. Így például a produkciós biológiának abból a megállapításából, hogy a fogyasztók a fogyasztottaknak csak a fölöslegét, a marginális példányait eszik meg, nyilvánvaló a RUSSEL—HUTCHINSON-féle talajkifáradási hipotézis tarthatatlansága. A fogyasztó természetes viszonyok között sohasem csökkenti a fogyasztott populációját az élelmi láncra jellemző átlagos szint alá, mert ezzel saját életlehetőségeit is tönkretenné. Így a talajprotozák csak korlátozó hatással vannak a baktériumokra, ami inkább előnyös a baktériumokra nézve. VINOGRADOVA már 1928-ban kimutatta, hogy a baktériumtenyészetben jelenlevő *Protozoák*, bár fogyasztják a baktériumokat, mégis kedvező hatással vannak azok szaporodására. HERVEY és GREAVES (1941) szerint a protozoák fokozzák az *Azotobakterek* N-kötését. TELEGDY KOVÁTS megfigyelte, hogy a baktériumok szénsavtermelése jóval nagyobb egysejtűek jelenlétében és hogy a baktériumok számának emel-

kedése bizonyos határon túl kedvezőtlen hatással van a szénsavtermelésre. Ezek a példák produkciós biológiai szemmel nézve ELTONnak azt a paradoxonként hangzó megállapítását igazolják, hogy az élőlényeknek szükségük van az ellenségre, a fogyasztókra, mert a marginális példányok elfogyasztása a legtöbb megfigyelés szerint kedvező hatással van a fogyasztott faj populációjának vitalitására.

Az itt vázolt folyamatok, mint minden táplálkozási folyamat, állandó ürüléktermeléssel járnak. Bizonyos időtartamra eső ürüléktermelés súlyban kifejezve mindig nagyobb, mint a szóban forgó állatok súlygyarapodása. Amint azt korábban láttuk, a talajlakó detrituszevő állatok a felvett tápláléknak több, mint 80 százalékát ürülék alakjában visszaadják, és csak 10—20 százalékát fordítják testük gyarapítására, valamint életfolyamataik energiaszükségletének fedezésére. A talajlakó állatok tehát minden 100 kilogramm elfogyasztott táplálékból kerekén 80 kilogramm ürülékot adnak a talajnak. Mivel a fogyasztás zömét az ELTON-féle számpiramis tanúsága szerint a legapróbb élőlények végzik, a talaj legfontosabb ürüléktermelői éppen ezek. A talajba kerülő ürülék nagy része eszerint rendkívül apró szemecskékben, szinte atomizálva kerül a talajba.

Az elmúlt években számos vizsgálatot végeztünk a talajállatok talajban való eloszlásának: diszperziójának megállapítására. Eredményeink azt mutatták, hogy a talajállatok soha sincsenek ideális, mondhatnám geometriailag egyenletes eloszlásban, hanem szabálytalanul elszórt, kisebb-nagyobb csoportokat alkotnak. A csoportos előfordulás feltevéseink szerint a talajban található üregecskék, járatok szabálytalan eloszlásával lehet összefüggésben. Ezt a feltevést HAARLOV és WEIS-FOGH (1952—53) direkt vizsgálatai igazolták. Ez a két kutató megállapította, hogy a talajállatok többnyire a talaj nagyobb, 1 milliméter körüli üregecskéiben tartózkodnak, húszas-harmincas csoportokban. Elhelyezkedésüknek megfelelően ezekben az üregekben található ürülék-golyóik is, amelyeket a helyszínen támadnak meg a mikroorganizmusok. A legapróbb ürülék szemecskék további lebontása és a mikroorganizmusok ilyen irányú működése így a talaj milliárdnyi kis üregében szétszórva folyik. Utóbb ezeket a járatokat keresik meg a növények hajszálgökörei, amelyek a helyszínen találják meg a feldolgozott tápanyagokat rendkívül finom, emberi eszközökkel soha el nem érhetően egyenletes eloszlásban.

Ezzel a megállapítással tulajdonképpen elérteztünk gondolatmenetünk harmadik, utolsó részéhez: a talajélet és a növénytakaró összefüggéseinek kérdéseire. Ezen a téren talajzoológiai vonatkozásban ma még eléggé keveset tudunk, de az eddigi megállapítások a növénytakaró szempontjából mégis figyelemre méltónak látszanak. Láttuk, hogy a talaj élelmi hálózata a növényekből indul ki, majd az élelmi hálózat egyes tagjainak ürüléktermelésén keresztül a szerves anyagok lebontásával és humuszképződéssel ismét a növényekhez, a hajszálgökökerekhez tér vissza. Azt is láttuk, hogy ez a folyamat nem a korábban elképzelt két lépcsőfokból áll, amely szerint előbb a szerves

hulladék lekerül a talajba, majd a baktériumok azonnal elbontják és közvetlenül a növények által felvehető egyszerű vegyületekké alakítják át. Ehelyett a két láncszem helyett bonyolult élelmi hálózatot találunk, amelyben a mikroorganizmusoktól megtámadott ürülék egymás után többször fogyasztásra kerül és lépésről lépésre történik meg a lebontása. Ezekről a folyamatokról ma még nem tudunk eleget, hiszen sokszor még azt sem látjuk tisztán, milyen módszerekkel lehet tanulmányozni őket. Többnyire ötletszerűen végzett részletvizsgálatok eredményei mondanak egy keveset. Így például, főképpen az osztrák talajbiológusok vizsgálatai alapján tudjuk, hogy az úgynevezett humuszjellegű anyagok a növényi detrituszt fogyasztó állatok ürülékében megszaporodnak. Ugyancsak megállapították azt is, hogy a szén—nitrogén viszony az egymást követő élelmi láncszemek ürülékében a nitrogén javára tolódik el. Miután azonban az állatok a növényi detritusszal együtt minden esetben mikroorganizmusokat is fogyasztanak, a különféle biológiai hatások lehetőségének rendkívül széles skálájával állunk szemben.

Jóval több az ismeretünk a talajállatok függőleges eloszlásával kapcsolatban. Európa különböző részein, különféle tápanyag- és vízellátású talajokban meglehetősen egybehangzóan konstatálták, hogy az állati élet intenzitása a talaj legfelső, szerves törmelékben leggazdagabb rétegében többnyire 0—10 centiméter között a legnagyobb. Ez alól a szabály alól csak a giliszták és a nagytestű rovarlárvák kivételek. Minthogy számottevő lefelé-vándorlásról részben a megfelelő nagyságú talajjáratok, részben a mozgékony hiánya miatt aligha lehet nálunk szó, valószínűnek látszik, hogy hatásukat nagyrészt ebben a legfelsőbb rétegben fejtik ki. Sokkal alárendeltebb számban és tömegben a mélyebb rétegekben is található állatok; nemcsak mikroorganizmusok és fonálférgek, hanem apró, milliméternél jóval kisebb ízeltlábúak is. Újabb vizsgálataim szerint ezek a mélyrenyúló gyökerek mentén a rizoszférában, vagy a gyökérkorhadás során keletkező gyökércsatornácskákban fordulnak elő. Kimutatásuk és gyűjtésük megfelelő eljárás híján meglehetősen nehéz, nem is szólva arról, hogy sűrűségüket, biomasszájukat eddig akár csak megközelítően is sikerült volna megállapítani. Magyarországon eddig kevés fajukat találtuk meg: így magam szőlőgyökéren és kétszikűek karógyökerein, SZABÓ JÁNOS pedig *Festuca sulcata* mélyrenyúló gyökérzetében. Ezek az állatok általában aprók, színtelenek, speciális életmódhoz alkalmazkodó alaktani sajátosságokkal. Csak az ezutáni vizsgálatok tisztázhatják, van-e számottevő talajbiológiai jelentőségük. Minthogy a mélyebb talajba lenyúló gyökerek mennyisége néha igen jelentős és minthogy BICZÓK (1952) és ANDRÁSSY (1957) legújabb vizsgálatai szerint a rizoszférában számottevő egysejtű- és fonálféregfauna él, itt is tekintélyes élelemforrás áll a talajállatok rendelkezésére. Elképzelhető tehát, hogy megfelelő módszerekkel nagyobb számban sikerül majd kimutatni őket.

Az a feltűnő tény, hogy a talajállatok zöme a talaj felszíni rétegében koncentrálódik, különösen magyarországi szempontból érdemel figyelmet. A mi

éghajlat- és csapadékviszonyaink mellett ez a réteg ugyanis gyakran kiszárad és általában a környezeti tényezők nagyobb ingadozásának van kitéve. Ez indított arra, hogy az utóbbi években néhány ilyen szélsőséges talaj felső rétegét megvizsgáljam. Vizsgálataim műveléstől nem háborgatott, szűz területekre terjedtek ki, hogy a viszonyokat először a maguk zavartalanságában láthassam. A Tisza—Duna közötti homokos területek *Festuca-vaginatas* részeit, ott is a némileg beárnyékolat borókás foltok környékét néztem meg. Ezeken a helyeken a humuszréteg igen vékony és a szerves törmelék csak néhány centiméter vastagságban számottevő. Ennek ellenére még a nyári hónapokban is fajban és példányszámban gazdag talajfauna kerül elő, amely a csontszáraz, vékony mohapárna vagy gyepcsomók alatt aktív életet folytatott. Az állatok bélcsatornájában táplálékot, a mohapárna alatt a jellegzetes, de száraz ürülékport lehetett látni. A fajok javarészt Dél-Európában, sőt Kisázsiaiában is előfordulók sorából valók; sok visel közülük váladékbevonatot, ami főképpen a száraz helyeken élő állatokra jellemző, párolgást csökkentő alkalmazkodási jelenség. Ennél is szélsőségesebb életközösségeket sikerült találnom a déli fekvésű sziklákön a tihanyi geyziratkúpokon, a Badacsony déli oldalának szikláiön levő mohabevonatokban, továbbá a Gulács meredek, déli oldalának gyeppárnáiban. Ezek a helyek a nyári hónapokban rendkívül erős inszolációnak vannak kitéve, ennek ellenére aktív faunájuk van, megállapítható táplálkozással és ürüléktermeléssel. A megvizsgált helyek közös tulajdonsága volt, hogy a talajok, illetőleg az élőhelyek minden esetben fedve voltak vagy egy vékony moharéteggel, vagy növényi detritusszal. A fedőréteg vastagsága a 2 centimétert ritkán haladta meg.

Ezek a megfigyelések azt bizonyítják, hogy a talajélet szélsőségesen száraz, nagy hőingadozásoknak kitétt talajokban sem szünetel, ha azoknak legalább minimális borítottságuk van.

Hátra van még, hogy az elmondottakat összegezzük és levonjuk belőlük azokat az általános érvényű következtetéseket, amelyek minden talajra, így a mezőgazdasági talajokra is érvényeseknek látszanak.

HERBERT FRANZ osztrák talajzoológus 1950-ben megjelent talajzoológiájában azt a következtetést vonta le, hogy a kultúrtalajok állatsűrűsége fokmérője azok termőképességének. Szerinte a talajbecslés alapján magasabb értékszámú talajokban mindig több állat él, mint az alacsonyabb értékszámúakban. Ezt az összefüggést azonban csak hasonló termőhelytípusú, szerkezetű és növénytakarójú talajokra vonatkozóan állapította meg. Bár FRANZ megállapításait meggyőzőnek látszó vizsgálatok támasztják alá, nem látszik valószínűnek, hogy az állatsűrűség és a talaj termőképessége között mindig ilyen egyszerű összefüggés lenne. A hazánkban végzett vizsgálatok, így LOKSA IMRE Bükk hegységi mennyiségi felvételei, FRANZ megállapításait csak részben látszanak igazolni. Igaz ugyan, hogy a legjobb termőhelyosztályba sorolt bükkösök talajának állatsűrűsége magas, a leggyengébb termőhelyosztályokba tartozóké

általában alacsony; a közbeesőknél azonban nem mutatható ki az állatsűrűséggel semmiféle egyértelmű kapcsolat. Másfelől az alacsony termőhelyosztályba tartozó *Tilio-Fraxinetumok* állatsűrűsége a legmagasabbak közé tartozik. Az eddigi vizsgálatok alapján úgy látom, hogy a talaj életközösségére inkább a THIENEMANN-féle első és második biocönotikai alapelv érvényes. Az első alapelv szerint minél változatosabbak az életfeltételek valamely élőhelyen, annál nagyobb az ott élő fajok száma. A második alapelv szerint minél inkább eltérnek valamely élőhely életfeltételei a normális, és a legtöbb faj számára optimális életfeltételektől, az életközösség fajokban annál szegényebbé, példányszám tekintetében pedig annál gazdagabbá válhatik. A tapasztalat azt mutatja, hogy intenzívebb műveléstől mentes réttalajok talajfaunája fajban mindig gazdagabb, mint a szántóföldi talajoké: az előbbieknél tehát az első, az utóbbiaknál a második biocönotikai alapelvnek megfelelő viszonyokat találunk. Sőt a második biocönotikai alapelven túlmenően az intenzíven művelt mezőgazdasági talajokban a talajélet intenzitásának nagyfokú csökkenése is észlelhető, ami a talajállatok számának nagymértékű csökkenésében nyilvánul meg. TISCHLER (1955) adatai szerint hasonló szerkezetű rét- és szántóföldi talajokban a giliszták száma 3 : 1, a fonálférgéké 5 : 1, a talajatkáké és ugróvillás rovaroké 6 : 1, a nyűgilisztáké 10 : 1 arányban csökken. Az első biocönotikai alapelvnek megfelelően változatos életfeltételeket főképpen három tényező biztosítja a talajban: 1. a talaj háborítatlansága, 2. gazdag üregrendszer, 3. kiegyenlített talajklíma.

1. A talaj háborítatlansága teszi lehetővé, hogy a talaj korábban vázolt, bonyolult élelmi hálózata kialakuljon és zavartalanul bonyolítsa le a talajélet szempontjából létfontosságú anyag- és energiaforgalmat. Nem szorul bővebb magyarázatra, hogy a talajművelés minden fajtája FRANZ szavaival élve kataklizmát jelent a talaj élővilágára, mert a talajállatok egy részét elpusztítja, egy részét, sőt a mikroorganizmusok egy részét is, életben hagyja ugyan, de átmeneti tétlenségre ítéli; így a talajban fokozatosan kialakult élelmi hálózatot nagyrészt lerombolja. Ezt követően — a talajművelési mód hatásától és a talaj adottságaitól függően — rövidebb vagy gyorsabb restitúciós folyamat következik be, amelynek során a gyors szaporodóképességű és kevésbé érzékeny fajok előbb, a többiek utóbb, újból működni kezdenek, de a teljes élelmi hálózat csak hosszú idő múlva épül újból fel. Ha ez a kataklizmatikus hatás egymás után többször, vagy rendszeresen megismétlődik, az eredeti élelmi hálózat helyett egy csonka állandósul: előáll az a kép, amelyet számszerűen TISCHLER előbb felsorolt adatai érzékeltetnek. A talajélet képe tehát a THIENEMANN-féle második alapelv irányába tolódik el.

Az eddig elmondottak csak a veszteség-oldalát mutatták a talajélet megzavarásának. Mivel a helyesen alkalmazott talajművelés javítja a talaj levegő- és vízellátottságát és gyakran szerves trágya adása is követi: a kataklizma után a túlélő vagy újból elszaporodó élőlények kedvező viszonyok közé kerülhetnek.

Külön meg kell emlékeznünk a talajművelés hatásaképpen elpusztuló élőlények tömegéről, amelyek egy időre lökésszerűen szaporítják a baktériumok által feldolgozható élettelen szerves anyagok mennyiségét. Ha a bevezetőben említett 250 métermázsas hektáronkénti biomasszára visszagondolunk, láthatjuk, hogy itt számottevő mennyiségről lehet szó. Az itt vázoltak a nyereségoldalát mutatták be a talajélet megzavarásának.

Minthogy Magyarországon az előbb elmondottakkal kapcsolatban tervszerű talajzoológiai vizsgálatokat tudomásom szerint eddig még nem végeztek, kerülni kell, hogy ezekből a tényekből túlságosan messzemenő vagy elhamarkodott következtetéseket vonjunk le. Nyilvánvaló, hogy az intenzív talajművelésre a mezőgazdaságnak szüksége van, de éppígy szüksége van a talaj aktív, jól működő élelmi hálózatára is. A helyes közélet mindkét szempont mérlegelésével a mezőgazdaság szakembereinek kell megkeresniök, de a talajbiológusok tanácsainak figyelembevételével.

Egy fontos tényre azonban már most felhívhatjuk a figyelmet: ez a talaj legfelső rétegeiben tevékenykedő állatok szerepe és jelentősége. Láttuk, hogy a talajállatok nagy része, különösen a nagyobb testű fajok, általában a talaj felső, 0—20 cm-es rétegében koncentrálódnak. Ennek egyik oka a talajban élő üregecskék lefelé csökkenő nagysága, ami határt szab az önálló járatokat nem készítő állatok behatolásának. Mivel ezek az állatok testnagyságuk következtében a felső talajrétegekben való életre kényszerülnek, szervezetük alkalmazkodik ennek a rétegnek kevésbé kiegyenlített mikroklimatikus viszonyaihoz. Minden olyan talajművelési eljárás, amelynek eredményeképpen ezek az állatok nagyobb mélységbe kerülnek, teljes pusztulásukat eredményezi, sőt valószínűleg velük pusztulnak azok az apróbb szervezetek is, amelyek nagyságuknál fogva ugyan a mélyebb rétegekben is megélhetnének, de ökológiai és klímaigényeik csak a felső réteghez kötik őket. Ugyanekkor elképzelhető, hogy hazánktól és Közép-Európától távolosó, más felépítésű talajokban más viszonyok uralkodnak. Így például KIRJANOVA (1936) megemlíti, hogy egyes Taskent környéki talajokban a detrituszevő százlábúak 80—90 cm mélységben is nagy számban élnek. Fel kell tételezni tehát, hogy ott a nagyobb állatok számára is megfelelő méretű az üregrendszer, s így a nagy testű talajállatok 1 méter mélységre is lehatolnak. Valószínű, hogy ilyen vastag termőrétegben a mélyszántás sokkal jelentéktelenebb és gyorsabban helyreálló ártalmat jelent a talajfaunára, mint a sekély talajokon.

2. A talajállatok második életfeltételének: a gazdag üregrendszernek kialakítása a növénytermesztés szempontjából is előnyös, ebben a tekintetben tehát nincsen az előbbihez hasonló ellentét a talajművelés és a talaj állati élete között. Érdekes tapasztalat, hogy a nedves, átázott talajokból felvett talajmintákból sokkal kevesebb állat nyerhető ki, mintha ugyanebben a talajban szárazabb időben veszünk mintákat. Ennek a megfigyelésnek az a magyarázata, hogy a henger alakú talajszagató lenyomásakor nedves időben az átvágott

finom járatok eltömődnek, úgyhogy a talajszagatóval felvett mag köröskörül valósággal befalazva kerül a futtató készülébe. Így a mintában levő állatok nagy része nem képes azt elhagyni. Feltételezhetően hasonló hatást fejt ki a talajra nedves időben minden mechanikai behatás, így a szántás is. Ezt a kérdést érdemes lenne alaposan megvizsgálni.

3. A talajélet, főképpen az állati élet harmadik fő feltétele a kiegyenlített talajklíma. Különösen nagy jelentőségű ez a kérdés hazánkban, ahol a nagy hőingadozások és a gyakori csapadékhány miatt a talajaink felső rétegében élő állatok nagy szélsőségeknek vannak kitéve. Ebből a szempontból a növénytakaró kétszeres védettséget jelent: egyrészt beárnyékol, másrészt — különösen a kétszikűek — levélhullással és az alsó levelek lekorhadásával többé-kevésbé betakarja a talajt. Ez a természetes talajborítás nagy jelentőségű a felső rétegek állatlete szempontjából, mert kiegyenlítő hatása még tartós szárazság esetén is biztosítja azt a minimális nedvességet, amely a szárazsághoz alkalmazkodott talajállatok folyamatos életéhez szükséges. Hasonló viszonyokat tapasztaltam elhagyott szérűk, tökéletlenül felszedett polyvahalmok helyén, különösen, ha azok korábban megáztak és taposás vagy huzamosabb állás következtében lenyomódtak. Műveléstől érintetlen területen hasonló természetes borítást jelentenek a mohabevonatok, az előző évi lekorhadt fű, amiről már korábban is beszéltem. Említésre érdemes ezzel kapcsolatban WENZEL (1953) száraz mohákban élő egysejtűekre vonatkozó vizsgálata. Ez a kutató megállapította, hogy a napsütésnek kitett, rendkívül száraz mohákban ostromokból és csillangós véglényekből álló, jellegzetes mikrofauna él, amely minimális nedvesség esetében azonnal aktív életet kezd. Feltételezhető tehát, hogy velük egy időben aktív életet élnek a táplálékul szolgáló baktériumok és egyéb véglények is. Hasonló, szélsőséges viszonyokhoz alkalmazkodott, egysejtű együttest mutatott ki GELLÉRT JÓZSEF (1942) a fakéreg úgynevezett zöldporos bevonatában is.

Végül feltételezhetően előnyösen befolyásolja a felső talajréteg állati életét az az állandóan termelődő ürülekiszt, amely a vékony mohából vagy növényi törmelékből álló borító réteg alatt, az ott élő és táplálkozó állatok működése során felhalmozódik. Erről a jelenségről különösen a protorendzinákkal kapcsolatban már az osztrák kutatók is megemlékeztek. A természetes talajborítás, túl ezeken a biológiai jellegű hatásokon, különösen a hő- és vízgazdálkodás szempontjából lehet számottevő tényező. Rendkívül fontos és hálás feladat lenne a természetes talajborítás és a talajélet összefüggéseit behatóan tanulmányozni, mert az ilyen vizsgálatok esetleg értékes adatokat nyújthatnak a talajborítási kísérletek számára is.

Befejezésül szólnom kell a talajzoológia legközelebbi magyarországi feladatairól. A múlt évi párizsi *Talajtani Kongresszuson*, amelyen sajnálatos módon, sem a magyar mikrobiológusok, sem a talajzoológusok *nem* voltak képviselve, a *Nemzetközi Talajtani Társaságon* belül *Talajzoológiai Bizottság* alakult meg.

Az ott elhangzott előadások, a meghozott határozatok, valamint a Bizottság azóta napvilágot látott írásbeli megnyilatkozása meggyőzően mutatják, hogy szerte a világban felismerték a talajzoológia fontosságát mind a biológia, mind a mezőgazdasági tudományok szempontjából. Tíz év alatt a talajzoológiával foglalkozó kutatók száma mintegy a kétszeresére emelkedett. Magyarországon — ha csupán az MTA Soproni Talajbiológiai Kutatóintézetét és az Állatrendszertani Intézet Talajzoológiai Kutatócsoportját vesszük figyelembe — százalékosan kifejezve, a létszámban hasonló emelkedés volt. Ennek ellenére, ha a magyar talajzoológia legközelebbi, de még inkább, ha a távolabbi feladatait tekintjük, nem vagyunk elegenden a ránk váró feladatok megoldásához. A kis számú talajzoológus-gárdát a legközelebbi időkben nagyrészt lefoglalja a magyarországi talajok állatvilágának összegyűjtése és feldolgozása. Ha ezt a munkát átugornánk és egyenesen a termeléssel közvetlen kapcsolatban levő témákon kezdenénk, megfelelő alap híján nagyrészt csak kirakateredményeket produkálnánk. Felismerték ugyanezt más országok tudományos körei is, mert éppen a legújabb időkben látjuk, hogy egy sereg gyakorlati témán dolgozó kutató, munkájában elakadva, alaptudománya felé kénytelen fordulni és hazája talajfaunájának kikutatásával igyekszik további munkájához az alapokat megteremteni. Különösen éles ez a fordulat a Szovjetunióban és Csehszlovákiában, ahol az utóbbi másfél évben egymás után látnak napvilágot az ilyen tárgyú közlemények. Ugyanez tapasztalható majdnem minden európai országban, az Amerikai Egyesült Államokban, sőt Afrikában és Ausztráliában is. Mindez természetesen nem jelenti azt, hogy a talajzoológia el fog, vagy éppen el kíván szakadni a mindennapi élettől, és nálunk sem fenyeget ez a veszély. Csupán arra van szükség, hogy a megszorított feladatok elvégzésére új, fiatal szakemberek is bekapcsolódhassanak, esetleg éppen a mezőgazdasági tudomány oldaláról, akik velünk, hivatásos zoológusokkal ellentétben, a talajzoológia kérdéseit saját tudományuk szemszögéből látják. A felvetett problémák közül itt van például a talajművelés és a talajélet kérdése; vagy a talajborítás hatása a talaj biológiai aktivitására. Meg vagyok győződve, hogy ezeken a területeken számos kérdést lehetne tisztázni, amelyek az utóbbi időkben élénk vita tárgyát képezték. Az eddiginél is szorosabb együttműködés bizonyára megmutatja azt az utat, amelyen a helyes biológiai szemlélettel dolgozó mezőgazdasági, és az eredményes agrártudományi szemléletet magukévá tevő biológus kutatóknak együtt kell haladniuk.

IRODALOM

- Andrássy I.*: Die Wirkung der verschiedenen Pflanzenarten auf die Zusammensetzung der in der Rhizosphäre lebenden Nematodengemeinschaften. Ann. Hist. Nat. Mus. Nat. Hung. **3**: 93—99. (1953).
- Andrássy I.*: Die Rauminhalts- und Gewichtsbestimmung der Fadenwürmer (Nematoden). Acta Zool. **2**: 1—15. (1956).

- Andrássy I.*: Az erdei talajban élő fonálférgék (Nematoda) mennyiségi és produktíósbiológiai vizsgálata. 1957. (Kézirat 270 pp).
- Ballenegger R.* et al.: Talajvizsgálati módszertan. Budapest 1953.
- Balogh J.*: A zöocönológia alapjai — Grundzüge der Zoozönologie. Budapest 1953.
- Balogh J.*: Lebensgemeinschaften der Landtiere, ihre Erforschung unter besonderer Berücksichtigung der zöozönologischen Arbeitsmethoden. Budapest—Berlin 1958.
- Biczók F.*: Előtanulmányok a búza rhizoszférájának protozoonjairól. *Agrokémia és talajtan* 2: 45—64. (1952).
- Dudich E.*: Az Aggteleki barlang állatvilágának élelemforrásai. *Állatt. Közl.* 27: 67—85. (1930).
- Dudich E.*: Biologie der Aggteleker Tropfsteinhöhle „Baradla” in Ungarn. *Speläol. Monogr.* 13: 1—236. Wien (1932).
- Dudich E., Balogh J., Loksa I.*: Erdőtälajok ízeltlábúinak produktíósbiológiai vizsgálata. *MTA Biol. Agrártud. Oszt. Közl.* 3: 505. (1952).
- Dudich E., Balogh J.: Loksa I.* Produktionsbiologische Untersuchungen über die Arthropoden der Waldböden. *Acta Biol. Hung.* 3: 295—317. (1952).
- Dudich E.* és társai: Az állatok gyűjtése I. Budapest 1948.
- Elton, C.*: Animal ecology. London 1927.
- Franz, H.*: Bodenzöologie als Grundlage der Bodenpflege. Berlin 1950.
- Gere G.*: Methode zur Lebenshaltung und Zucht von Arthropoden der Waldböden. *Acta Zool.* (megjelenés alatt).
- Gellért J.*: Eletegyüttes a fakéreg zöldporos bevonatában. *Acta Sci. Math. Nat.* 8: 1—36. (1942).
- Haarlov u. Weis-Fogh*: A microscopical technique for studying the undisturbed texture of soils. *Oikos* 4: 44—57. (1952—53).
- Laurence, B.*: The larval inhabitants of cow pats. *J. Anim. Ecol.* 23: 234—260. (1951).
- Loksa I.*: Zöonologische Untersuchungen von Collembolen im Bükkgebirge. *Acta Zool.* 2: 379—419. (1956).
- Loksa I.*: Die zöonologische Untersuchung von Collembolen in einer ungarischen Querceto — Potentilletum albae — Assoziation. *Acta Zool.* 2: 199—242. (1956).
- Stöckli, A.*: Die Ernährung der Pflanze in ihrer Abhängigkeit von der Kleinlebewelt des Bodens. *Zeitschr. Pflanzenernährung, Düngungs- u. Bodenkunde.* 1950. 48.
- Tischler, W.*: Synökologie der Landtiere. Stuttgart, 1955.
- Zicsi A.*: Ein Bodenausstecher zum Einsammeln der Lumbriciden aus Ackerböden. *Opusc. Zool.* 2: (1957).
- Wenzel F.*: Die Ciliaten der Moosrasen trockener Standorte. *Arch. f. Protistenkunde* 99: 69—141. (1953).