

40 ÉVE AZ ERDŐÖKOLÓGIAI KUTATÁS SZOLGÁLATÁBAN: A SÍKFŐKÚT PROJECT

Tóth János Attila

Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar

Kivonat

Jakucs Pál 1972-ben indította a Man and Biosphere (MAB) program keretében a Síkfőkút Project elnevezésű komplex bioszféra-kutatást egy hazai átlagos klímazonális cseres-tölgyes erdő hosszú távú ökológiai vizsgálatára. A 40 éves jubileum alkalmából a dolgozat áttekinti a hosszú távú ökológiai kutatás kialakulásának előzményeit, a kutatás célkitűzéseit, főbb korszakait, eredményeit, a projekt nemzetközi kapcsolatait és erdészeti jelentőségét.

Kulcsszavak: Síkfőkút Project, Jakucs Pál, tölgypusztulás, klímaváltozás, IBP, MAB, DIRT, LTER

40 YEARS IN A FOREST ECOLOGICAL RESEARCH: THE SÍKFŐKÚT PROJECT

Abstract

The Síkfőkút Project site was established in 1972 by Pál Jakucs as part of the Man and the Biosphere (MAB) program for long term ecological research in a typical Hungarian climazonal sessile oak – turkey oak forest. For the 40 year jubilee, this paper gives a summary and overview about its establishment, goals, facilities, results, international connections, and silvicultural importance.

Keywords: Síkfőkút Project, Jakucs Pál, oak decline, climate change, IBP, MAB, DIRT, LTER

BEVEZETÉS

Jakucs Pál akadémikus 40 éve, 1972-ben indította a „Man and Biosphere” (MAB) program keretében a Síkfőkút Project elnevezésű komplex bioszféra-kutatást egy klímazonális cseres-tölgyes (az Eger melletti Szöllőskei erdő) hosszú távú ökológiai vizsgálatára a KLTE Növényteni Tanszékén. 1979-től a kutatások szervezését és irányítását a Debreceni Egyetem Ökológiai Tanszéke végzi.

A kutatás alapvető célkitűzése, hogy megismerje a cseres-tölgyes ökoszisztéma felépítését, működési, szabályozási folyamatait, időbeli változását. Az immár 40 éve tartó erdőökológiai alapkutatásba számos hazai és külföldi egyetemi tanszék, kutatóintézet kapcsolódott be. Túlzás nélkül állíthatjuk, hogy ilyen nagyszabású, szerteágazó, számos hazai és külföldi kutató részvételével folyó hosszú távú ökológiai kutatás sem azelőtt, sem azután nem született Magyarországon.



A kiépített infrastruktúra, a védett természetvédelmi terület ideális feltételeket nyújt a kutatás és az oktatás számára. A 40 év munkája eredményeként ismereteink jelentősen bővültek a cseres-tölgyes erdők struktúrájáról, biomasszájáról, produkciójáról, energiaáramlási és tápelem-eloszlási viszonyairól, időbeli változásairól. A cseres-tölgyesre vonatkozó erdőökológiai ismereteink legnagyobb része ezeknek a kutatásoknak köszönhető. Közlebb jutottunk az 1979-ben kezdődő és az 1990-es évek közepéig tartó tölgypusztulás okainak feltárásához, képet alkothattunk a klímaváltozás irányáról és hatásairól. A Síkfőkút Project 40 éves vizsgálati adatsorai önmagukban is felbecsülhetetlen tudományos értéket jelentenek, ezek a legrégebbi magyarországi cseres-tölgyesre vonatkozó hosszú távú adatsorok. Mindezek az ismeretek jelentős segítséget nyújtanak az erdőgazdasági, természet- és környezetvédelmi intézkedések tervezéséhez. A természetközeli erdő kiválóan alkalmas a globális változások, a klímaváltozás hatásainak tanulmányozására, de kontroll területeként szolgálhat az erdőművelési eljárások hatásainak vizsgálatára is. A Síkfőkút Project jelentősen hozzájárult a hosszú távú erdőökológiai alapkutatások elméletének és módszertanának a kidolgozásához.

A 40 éves jubileum alkalmából áttekintjük a hosszú távú ökológiai kutatás alapításának körülményeit, a kutatás célkitűzéseit, főbb korszakait, fontosabb kutatási eredményeit és jelentőségét.

A HOSSZÚ TÁVÚ KUTATÁS TERVE

A Síkfőkút Project végleges tervét 1972 augusztusában készítette el Jakucs Pál „Tölgyes ökoszisztéma időbeni komplex kutatása a természetestől a kultúrállapotig dombsági modellterületen (Síkfőkút Project)” címmel. A mindössze 6 oldalas kézirat röviden ismertette a téma közvetlen célkitűzését, a tölgyes ökoszisztéma és a kutatási hely kiválasztásának szempontjait, a központi modellterület kiépítésének alapelveit, a kutatás időbeli tervezését, kapcsolódását az országos bioszfératervekhez. A kutatási téma az MTA által irányított „Az ember és természeti környezetének (bioszféra) védelme” című főirányhoz kapcsolódott, a „Terresztris ökoszisztémák összehasonlító kutatása” című témacsoporton belül vették nyilvántartásba. A végleges terv tartalmazta a már beindult kutatások, illetve részvizsgálatok felsorolását is. Lényegében ennek a tervnek egy kibővített, részletesebb változatát publikálta később a Síkfőkút Project első közleményeként (Jakucs 1973).

A fenti tervnek elkészítette az angol nyelvű kéziratot változatát is: „Síkfőkút Project. Long-term complex study of an oak forest ecosystem on a hilly sample area in its actual (natural) state and after deforestation” címmel. A téma alcíme: „Environmental biological research programme planned by the Botanical Department of the L. Kossuth University, (Debrecen, Hungary) for 15–20 years”. Mint látható, itt már konkrétan is szerepel a „long-term”, azaz a hosszú távú kifejezés, sőt az alcímben a kutatás időtartama is fel van tüntetve. A Síkfőkút Project tehát a mai értelemben vett modern, hosszú távú ökológiai kutatásként a MAB-program keretében indult. Az irodalomban a Síkfőkút Projectet gyakran IBP-projektként említik (lásd pl. Kertész 2002), ez azonban téves, a projekt valójában nem az IBP-, hanem a MAB-program keretében jött létre (Jakucs 1973).

A tervben szerepel még a II. fázis, „a természetes ökoszisztéma állapot megszüntetése” (azaz az erdő letermelése), illetve a III. fázis, a kultúrtáj kialakítása. A tervnek ezek a szakaszai azonban nem valósultak meg, mivel fontosabb tudományos kérdések kerültek előtérbe (a tölgypusztulás okainak tisztázása, a klímaváltozás hatása stb.).

A KUTATÁSI TERÜLET KIJELÖLÉSE

A kutatási hely kiválasztását az alábbi szempontok szerint végezték (Jakucs 1973):

- A mintaterület erdője 60 év feletti nagyobb kiterjedésű homogén állomány legyen.
- Erdészetileg kevésbé kezelt természetközeli erdő legyen.
- A külső környezeti viszonyok homogén jellegűek legyenek, tehát minimális legyen pl. az expozíciós különbségek mértéke, ennek következtében lehetőleg ugyanaz a mezoklíma érvényesüljön az egész területen. Egyformán mély legyen a termőréteg, vagyis az alapkőzet hatása sehol se érvényesüljön közvetlenül.
- Gyakorlati szempontok (a jó megközelítés lehetősége, az elektromos áram odavezethetősége, közeli szálláslehetőség stb.).

A kutatási hely kiválasztása már 1970-ben megtörtént, a fenti feltételeknek leginkább az Egertől É-ÉK irányban 6 km-re, az Eger-Síkfőkút műút szőlőskei leágazásánál található 65 éves korú cseres-tölgyes erdőállomány (Szőlőskei erdő) felelt meg. A 63,76 ha-os tömb az Egererdő Zrt Egri Erdészetének 41-es tagja (helyrajzi száma: 0861). A terület földrajzi koordinátái: 47°55' N, 20°26' E, a tengerszint feletti magasság: 320–340 m (Jakucs 1985). A vizsgálati terület D-i irányban enyhén lejtő, 1000–2000 m széles háton fekszik, amelyet két oldalon lapos, gyenge vízfolyásos völgyek határolnak. Az erdő talaját részletesen Stefanovits (1985) tanulmányozta. Vizsgálatai szerint a területen az agyagos talajképző kőzeten kialakult agyagbemosódásos barna erdőtalaj jelentősen savanyú változatai találhatók, amelyek egymástól az avarból visszatérülő tápanyagok és tompítóanyagok mennyiségében térnek el. Könnyen oldható tápanyagtartalmuk kevés, és az időszakos levegőtlenesség is zavarja a kiegyenlített tápanyag- és vízgazdálkodást. A lombkoronaszint fafajai: *Quercus petraea*, *Quercus cerris*. A fontosabb cserjefajok: *Acer campestre*, *Acer tataricum*, *Cornus mas*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus verrucosus*, *Ligustrum vulgare* stb. A lágyszárú szint fontosabb tagjai: *Carex montana*, *Carex michelii*, *Dactylis polygama*, *Festuca heterophylla*, *Fragaria vesca*, *Lathyrus niger*, *Melica uniflora*, *Poa nemoralis* stb.

AZ INFRASTRUKTÚRA KIÉPÍTÉSE

A kutatási terület infrastrukturális kiépítése már 1971 decemberében megkezdődött a központi egyhektáros alpnégyzet kijelölésével, amihez az erdész kollégák nyújtottak segítséget. Az alpnégyzetben minden egyes fát számmal jelöltek, helyüket térképen rögzítették. Az alpnégyzet a lágyszárú-, a cserje- és a faszint fajainak és egyedszámainak időbeli változását teszik nyomon követhetővé. Ez alapján lehetőség nyílt az időközben elindult tölgypusztulás mértékének és ütemének a meghatározására, a klímaváltozás hatásainak tanulmányozására. Az itt kapott adatok vonatkoztatási alapot jelentenek a biomassza és a produkció egy hektárra történő átszámítására is.

1972 áprilisában történt az I. sz. faház felállítása. A faház öltözőként, melegedőként, illetve a szerszámok, anyagok elhelyezésére épült, szükség esetén néhány fő részére 1–2 napos szálláslehetőséget is biztosít. 1972 júniusában az avarprodukció mérésére a területre avargyűjtő ládákat és zsákokat helyeztek ki. 1973 márciusában került sor a 25 m magas műszertorony tervdokumentációjának bírálatára és a hatósági engedélyezés lefolytatására. A tornyot a kivitelezőtől 1973 októberében vették át. 1973 végén történt a II. sz. faház felállítása. Ez kisebb helyszíni laboratóriumi mérésekre szolgált, itt helyezték el később a 80 csatornás adatgyűjtőt és a hozzá tartozó nyomtató berendezést is (lásd lentebb).

A meteorológiai méréseket a Síkfőkút Project keretében 1972–1997 között a KLTE Meteorológiai Tanszék munkatársai végezték Nagy Lajos tudományos munkatárs vezetésével.



A meteorológiai adatgyűjtés már a kísérleti terület kiépítésével egyidejűleg megkezdődött. Kezdetben, 1974 közepéig, a léghőmérsékletet és a relatív páratartalmat a kutatási terület középpontjától keletre, kb. 400 m-re a szőlőskei erdőszélhez melletti erdőtlen, lapos völgytalpi területen 2 m magasságban elhelyezett klímaházikóban mérték. Ugyanezen a területen mérték a csapadékot is Hellmann-féle csapadékmérővel.

1974-ben két meteorológiai állomást építettek ki, az egyiket az erdő belsejében, a másikat az erdőn kívüli fátlan szabad területen, az erdőszegélytől 200 m-re északi irányban. A két meteorológia állomáson mért adatok összehasonlításával lehetővé vált az erdő mikroklímára gyakorolt hatásának a vizsgálata is.

1974 és 1975 szeptembere között a szabad területen a hőmérséklet és páratartalom mérése 0,5 és 2,0 m magasságban, az erdőben pedig 0,5, 2,0, 10 és 20 m-en a toronyban elhelyezett klímaházikókban történt. A hőmérsékletet 1977-ig pontírókkal regisztrált Pt ellenállás-hőmérőkkel mérték. Mindkét állomáson a csapadék mérésére Hellmann-féle csapadékmérőket használtak. A csapadékot az erdei állomáson a torony tetején, illetve az erdő belsejében több ponton is mérték. A napfénytartam mérése mindkét állomáson Campbell-Stokes-féle napfénytartammérőkkel történt. Az erdei állomáson a napfénytartammérőt a torony tetején helyezték el.

1974 közepén vezették be a villanyáramot földkábelben keresztül mindkét mérőállomásra. Ez igen lényeges és döntő momentum volt, ettől kezdve már működtetni lehetett a területre kihelyezett hálózatról táplált műszereket, készülékeket.

1977. június 1-jén került sor a 80 csatornás automata digitális mikroklíma-mérőhálózat átadására. A berendezés a szabadterületi és az erdei állomáson a léghőmérséklet, a légnedvesség-tartalom, a szélsebesség és a napsugárzás automatikus óránkénti mérésére és rögzítésére szolgált. A légnedvesség-tartalom mérése Assmann-rendszerű pszichrométeres szenzorokkal történt. A sugárzás mérésére Kipp-Zonnen gyártmányú szolarimétereket használtak. A beérkező globálsugárzás és az erdőfelszín által visszavert sugárzás mérésére szolgáló szolarimétereket a torony tetején, a lombkorona szint felett 6–8 m-es magasságban helyezték el, míg az átbocsátott sugárzás mérése a talajtól 1,8 m magasságban elhelyezett szolariméterrel történt. A szabad területi kontrollállomáson a globál- és a reflexsugárzást mérő műszert 2 m magasságban helyezték el.

A II. sz. műszerőrző faház adatgyűjtőjéhez az érzékelők adatai 40 csatornán futottak be az erdőből és 40 csatornán a szabadföldi területről. Az adatokat óránként lyukszalagra rögzítették, illetve ezzel egyidejűleg egy telexgép kinyomtatta a mérési adatokat.

A mikroklíma-mérőhálózat teljes kiépítését az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ), valamint a KLTE Meteorológiai Tanszék munkatársai (Nagy Lajos, Justyák János) végezték. A berendezés a maga idejében korszerű technikai színvonalat képviselt, és közel 20 éven át (1977–1996) ontotta a mérési adatokat, 1997-re azonban már elavulttá vált, a gyakori meghibásodások miatt a rendszert le kellett állítani. A méréseket ma már korszerű data loggerekkel végzik.

1977-re tehát már lényegében megtörtént a kísérleti terület infrastrukturális kiépítése, a terület valóságos szabadföldi laboratóriumként, a kutató- és oktatómunka kiváló gyakorló színterévé vált. A területen vállalt munkákban két dolgozót alkalmaztak, feladatukat külön munkaköri leírás szabályozta (csapadékmérés, csapadékgyűjtő kádak üritése, műszerek ellenőrzése, leolvasása stb.).

A TERÜLET VÉDETTÉ NYILVÁNÍTÁSA

Az Országos Természetvédelmi Hivatal elnöke 8/1976. OTVH számú határozatával mint országos jelentőségű értéket az Eger melletti Szőlőskei erdő 63,76 ha-os területét természetvédelmi területté nyilvánította. A védettség célja, hogy zavartalan körülményeket biztosítson a Síkfőkút Project keretében folyó komplex ökológiai tudományos kutatások számára.

Jelenleg a terület védetségének fenntartásáról a 144/2007. (XII. 27) KvVM rendelet, a természetvédelmi terület kezelési tervéről pedig a 8/2009. (VI.9) KvVM rendelet rendelkezik. Jóllehet a védett terület nagyságát 63,76 ha-ról 27 ha-ra csökkentették, ez azonban továbbra is biztosítja a területen folyó kutatások zavaratlanságát.

A Síkfőkút Project kutatási területe ma a Bükki Nemzeti Park része. Tudásunk szerint hazánkban ez az egyetlen olyan természetvédelmi terület, amelyet azért nyilvánítottak védetté, mert területén hosszú távú ökológiai kutatás folyik.

A KUTATÓGÁRDA

A Síkfőkút Projecthez elsőként a KLTE Biológiai Tanszékcsoport akkori tanszékei (Növénytani, Állattani, Biokémiai Tanszékek) csatlakoztak. A TTK tanszékei közül csatlakozott még a Földrajz és a Meteorológiai Tanszék is (Jakucs 1973). A kutatások szervezését 1979-től az újonnan megalakult Ökológiai Tanszék vette át.

Jakucs Pál kezdettől fogva tudta, hogy a projekt nagyszabású célkitűzéseinek megvalósítására a KLTE fenti tanszékeinek szellemi kapacitása önmagában nem lesz elegendő, ez csakis hazai és nemzetközi összefogással, különböző szakterületen dolgozó szakemberek, specialisták bevonásával lehetséges. Ezért a Síkfőkút Project 1972-es végleges tervéhez csatolt egy jelentkezési felhívást is, amelyet a tervvel együtt eljuttatott a hazai biológus, ökológus, erdész, környezetkutató, meteorológus, talajtanos, mikrobiológus stb. szakemberekhez (az angol nyelvű változatot a külföldi kollégáknak is elküldte) azzal a felhívással, hogy ha egyetlenek a célkitűzésekkel, és részt kívánnak venni, akkor jelentkezzenek és kapcsolódjanak be a kutatásba.

A felhívásra a kutatók sora jelezte részvételi szándékát. Jakucs Pál 1973-as közleményében már arról számolt be, hogy 23 kutatóhely 73 kutatója csatlakozott a kutatáshoz (Jakucs 1973). Ez a szám természetesen az idők folyamán a kutatási témáknak megfelelően változott, egyes kutatók kiléptek, mások bekapcsolódtak. Tény, hogy Síkfőkúton 1973-ra már kialakult egy olyan ideális kutatóbázis és kritikus kutatói tömeg, amely lehetővé tette a korszerű és eredményes bioszféra-kutatás beindítását. Az a sokak által kívánt ideális állapot, hogy a bioszféra-kutatásban egy területen különböző szakterületek kutatói egy cél, az ökoszisztéma működési és szabályozási folyamatainak a feltárása érdekében dolgozzanak, Síkfőkúton megvalósult.

A SÍKFŐKÚT PROJECT KUTATÁSI EREDMÉNYEI

A Síkfőkút Project közlemények száma ma már megközelíti a 300-at, így jelen cikk keretei között még a szerteágazó kutatási témák felsorolására sem vállalkozhatunk, csupán rövid áttekintést szeretnénk adni a hosszú távú ökológiai kutatás főbb korszakairól és néhány fontosabb kutatási eredményéről.

A Síkfőkút Project bioszféra-kutatás történetét három nagy korszakra oszthatjuk: 1) MAB-korszak (1972–1978), 2) fapusztlással kapcsolatos kutatások (1979–1993), 3) a jelenlegi szakasz (1993-tól napjainkig).

MAB-korszak (1972–1978)

A kutatás fő célkitűzése kezdetben, a MAB nemzetközi programmal összhangban, az erdő szerkezetének, produkciójának, működési és szabályozási folyamatainak a feltárása volt. Ebben az időszakban a vizsgálatok alapozó, felmérő jellegűek voltak. Ennek a kutatási korszaknak az eredményeiből csak néhány példát említnék. A területen eddig 209 edényes növényfajt találtak, amely a hazai flóra közel 10%-át teszi ki. Az 1 ha-os alapterületen 1973-ban 689 db *Quercus petraea* és 127 db *Quercus cerris* fa állt. A 100×100 m-es alaphektár-



ból 2719 állatfajt mutattak ki, az erdő teljes faunája 4000–4500 fajra becsülhető (Markó 2001). A korszak igen fontos tudományos eredménye, hogy elkészült az ökoszisztéma teljes növényi biomasszájának és produktívjának a felmérése, valamint az ökoszisztéma elem- és energiamérlege. Az eredmények összefoglaló szintézisére a Jakucs Pál által szerkesztett „Ecology of an oak forest in Hungary – Results of Síkfőkút Project” című 546 oldalas könyvben került sor (Jakucs 1985). A könyvben található vizsgálati eredmények ma már a Síkfőkút Project hosszú távú vizsgálatának a referencia alapját képezik.

Tölgypusztulással kapcsolatos kutatások (1979–1993)

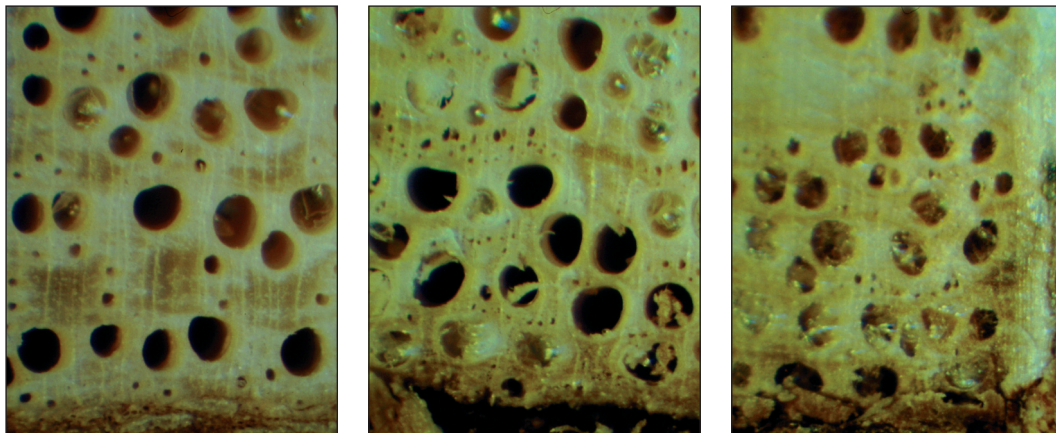
1979-től – hasonlóan az ország más cseres-tölgyes állományaihoz – jelentős mértékű fapusztulás kezdődött a területen. Az országosan is jelentkező kárt az 1980-as években 20 millió dollárra becsülték. Ettől kezdve a kutatások elsősorban az erdő egészségi állapotában bekövetkező változások, a tölgypusztulás okainak a feltárására irányultak.

A kutatásokhoz a Síkfőkút Project egyedülálló feltételeket nyújtott, hiszen akkor már közel egy évtizede folytak az erdőökológiai vizsgálatok a területen, rendelkezésre álltak a folyamatos meteorológiai mérések adatsorai is. Miután az 1 ha-os mintaterületen minden egyes fa számmal volt jelölve, a fák egészségi állapotát minden évben (1979–1998 között) egyedileg, külön-külön is nyomon követték (Tóthmérész 2001). Egy 2004-ben végzett vizsgálat alapján megállapították (Kotroczó és mtsai 2007), hogy az 1973-as kiindulási állapothoz képest a Síkfőkút Project mintaterületének cseres-tölgyes állományában súlyos fapusztulás következett be, a *Quercus petraea* 68,4%-a, a *Quercus cerris* 15,8%-a kipusztult. Ismeretes, hogy a fák egyedszáma a korrallal csökken. Felmerül a kérdés, hogy a fenti pusztulási százalékokban hány százalékos volt a természetes fogyás és mennyi a környezeti hatásokra bekövetkezett fapusztulás. 1973–1978 között, vagyis a fapusztulást megelőző 6 éves időszakban a 689 db *Quercus petraea*-ból mindössze 15 db, míg a 127 db *Quercus cerris*-ből 1 db pusztult el. A természetes fogyás a fenti fapusztulást megelőző 6 éves időszakban tehát 2,1 illetve 0,78%-os volt (Jakucs és mtsai 1983). A kérdést a továbbiakban azonban már nem vizsgálták, mivel a gyakorlatban nehéz volt elkülöníteni a természetes fogyás és a fapusztulás következtében elhalt fákat.

Jakucs Pál a fapusztulással kapcsolatban az 1980-as évek közepére kidolgozta a savas ülepedésnek a talajon keresztül indirekt módon ható és károsító elméletét, amelyet számos helyen közölt (Jakucs 1984, 1988, 1990). Szerinte a kocsánytalan tölgy pusztulása a légszennyezésnek, a savas ülepedésnek tulajdonítható, amely a talaj pH-ját csökkenti, ezért nehézfémek és toxikus alumíniumionok szabadulnak fel a talajban. A növény stresszhelyzetbe kerül, tömösejtekkel (thyllisekkel) elzárja a tracheáit, így a vízfelvétel gátlása következtében a növény elpusztul. Valóban, a mikroszkópos felvételeken jól látszott, hogy az egészséges fák külső és azt követő belső évgyűrűiben a tracheák nagy része még nyitott volt, míg a beteg fák tracheáinak jelentős része már elzáródott, az elhalt fáknál pedig 100%-os volt az edények elzáródása (1. ábra, Jakucs és Tóth 1984). Gencsi (1987) szerint a tölgynek mint gyűrűs likacsú fának nagyon érzékeny a vízállító rendszere, mivel a víz nagy részét, kb. 75%-át csak a legkülső, legfiatalabb évgyűrű szállítja, a maradékot az előző évi vezető, akác esetében pedig kizárólag a legfiatalabb évgyűrű vezeti a vizet.

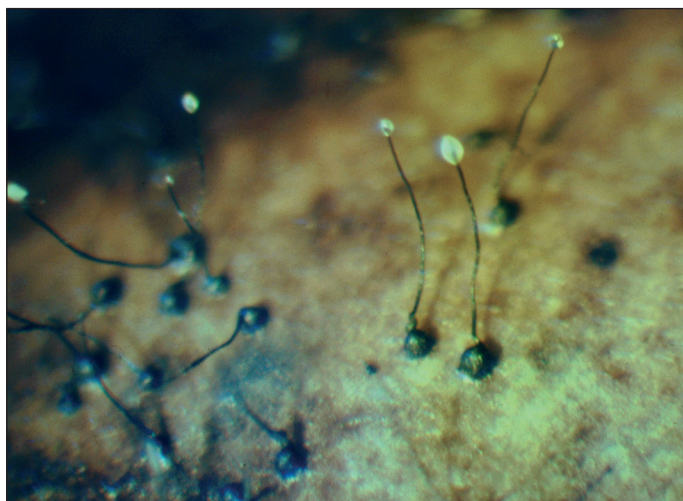
Jakucs Pál fentebb vázolt elméletét az erdészkutatók – élükön Igmándy Zoltánnal – azonban nem fogadták el (Igmándy és mtsai 1984). Szerintük a tölgy pusztulása járványos megbetegedés, tracheomikózis következménye, amelyet egy vagy több mikroszkopikus tömlősgombafaj (*Ceratocystis* sp.) okoz. A növény a gombák terjedése ellen úgy védekezik, hogy vízállító járatait, tracheáit eltömi, ezzel a vízfelvétel is gátlódik, ezért a fa elpusztul. Síkfőkúti tölgymintákból sikerült kimutatni, illetve kitenyészteni az erdészkutatók által említett *Ceratocystis* sp. mikrogombát (Tóth in Jakucs 1983). A gomba a növény minden részéből kimutatható volt (2. ábra, Tóth J. A. publikálatlan eredménye). A kitenyészett törzs morfológiai paraméterei megegyeztek azzal

a törzssel, amelyet a későbbiekben Bohár (1990) *Ceratocystis erinaceus* sp.nov. néven új fajként írt le. 1986-ban a síkfőkúti kutatók a síkfőkúti törzs patogenitását, toxintermelő képességét is bizonyították (3. ábra, Tóth J. A. publikálatlan eredménye). A tölgyleveket olyan folyékony táptalajba állították, amelyekben előzőleg a fenti gombát tenyésztették. A tölgylevelek 24 órán belül elhervadtak, míg a gombát nem tartalmazó kontrolltáptalajban nem. Ez az eredmény a járványos megbetegedés elméletét látszik alátámasztani.



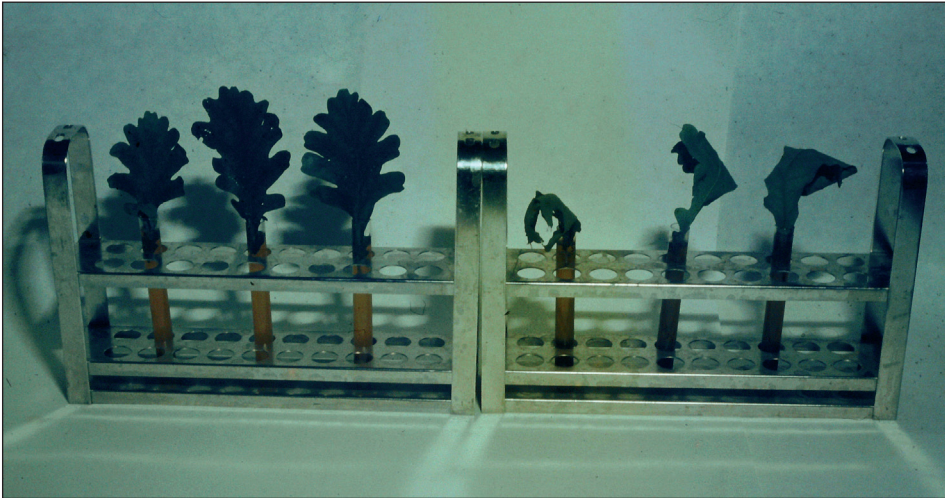
1. ábra. Egészséges, beteg és elhalt (balról jobbra) *Quercus petraea* fatörzs keresztmetszetének mikroszkópi képe (Jakucs és Tóth 1984, magyarázat a szövegben)

Figure 1. Microscopic cross-sections of healthy, sick and dead (left to right) trunks of *Quercus petraea* (Jakucs and Tóth 1984, explanation in the text)



2. ábra. *Ceratocystis* sp. peritheciumai a *Quercus petraea* makk felszínén (Fotó: Tóth J. A., 1986)

Figure 2. Perithecia of *Ceratocystis* sp. on acorn surface of *Quercus petraea* (Photo: Tóth, J. A., 1986)



3. ábra. A síkfőlkúton izolált *Ceratocystis* sp. toxintermelő képességének bizonyítása. A kontrolltáptalajba merített tölgylevelek nem hervadtak el 48 óra múlva sem (balra), ezzel szemben a *Ceratocystis* sp.-vel előzetesen leoltott táptalaj fermentlévébe bemeírtett tölgylevelek 24 órán belül elhervadtak (jobbra), ami a gomba toxintermelő képességét bizonyítja (Fotó: Tóth J. A. 1986).

Figure 3. Demonstration of the toxin-producing ability of the isolated *Ceratocystis* sp. In the control medium the oak leaves of *Quercus petraea* were not damaged in 48 hours (left), in contrast, in the previously inoculated with *Ceratocystis* sp. medium the oak leaves withered within 24 hours (right image), which demonstrates the ability of toxin-producing of fungi. (Photo: Tóth, J. A. 1986).

Mindkét elmélet közös volt tehát abban, hogy a fák pusztulását végső soron a szállítóedények elzáródása okozta, ennek okát azonban Jakucs Pál a légszennyezésnek, Igmándy Zoltán pedig tracheomikózisnak tulajdonította. Az igazság azonban feltehetően a két elmélet között van. A fák valamilyen tényező következtében legyengültek, (Igmándy ezt x-faktornak, Jakucs légszennyezésnek nevezte, ma már egyre inkább a klímaváltozást említik), ami kedvező feltételeket teremtett a patogén mikrogombák számára, amelyek végső soron a fák pusztulását okozták.

1983-ban készült el „A hazai tölgyállományok egészségi állapotának ökológiai szemléletű vizsgálata” című kutatási jelentés, amely szerint a fapusztulást számos tényező együttes hatása okozta. Az okok között a szerzők kiemelték a talaj elsavanyosodását, a tápelemek kimosódását, a fokozódó felmelegedést, a csapadékhiányt, a talaj kiszáradását, a mikorrhiza-kapcsolatok gyengülését és a másodlagos kórokozók (*Ceratocystis* sp.) szerepét (Jakucs 1983).

Arra a kérdésre, hogy miért pusztult nagyobb mértékben a *Quercus petraea*, mint a *Quercus cerris*, a Béres Csilla által szervezett nemzetközi kutatócsoport adott magyarázatot, amelyben az ATOMKI és a DOTE kutatói is részt vettek. Kutatási eredményeik új megvilágításba helyezték a fák vízfelvételeivel kapcsolatos korábbi elméleteket. Eredményeiket számos helyen publikálták (Béres és mtsai 1989, 1998). A két tölgyfaj (*Quercus petraea* és *Quercus cerris*) vízáramlási sebességének összehasonlító vizsgálatára ciklotron által termelt gyors felezési idejű izotópokat mint direkt módszert, valamint hőáramlásos indirekt módszert alkalmaztak, míg a vízszállítási keresztmetszetek meghatározására mobil komputertomográfot (CT), nagyfelbontású orvosi komputertomográfot, valamint mágnesesrezonancia-tomográfot (MRI) használtak. Megállapították, hogy a fákban történő vízáramlás jelentősen eltér az irodalomban leírtaktól. A víz áramlása a törzsben nem egyenletes sem felfelé haladva, sem pedig egy adott magasságban a törzs kerülete mentén. A felfelé áramlás két jól elkülöníthető szakaszból áll, egyik része egy általuk „gyors” áramlásnak nevezett, rövid ideig tartó rész, amely nem a törzs egész kerületén történik, hanem csak a kerület néhány pontján kisebb-nagyobb tracheakötegekben. E mellett jelentkezett egy jóval lassabb felfelé irányuló áramlás is, amely sokkal egyen-

letesebb, de jóval lassúbb. Csertőlgnél a gyors áramlást jelző csúcsok kisebbek, elsősorban az alsóbb szinteken lévő detektoroknál mérhetőek. Az áramlási adatok is megerősítik azt a képet, hogy a felvett vízmennyiségnek csak egy része szállítódik a fa lombkoronaszintjébe, a többi a törzsben tárolódik. A CT felvételek alapján a csertőlgnél jelentős vízraktárokat tudtak elkülöníteni a fatörzs belsejében, mely vízraktárok közvetlen összeköttetésben voltak az aktívan működő külső vízszállító zónákkal. Az MRI felvételeken jól látszik, hogy ezek az „összekötő csatornák” szabad, nem struktúrákhoz kötött vizet tartalmaznak. Kocsánytalan tölgnél az összekötő csatornák szintén kimutathatók, de számuk és méretük jóval kisebb a csertőlgyénél. Ez a különbség magyarázza azt, hogy a csertölgy miért képes jobban elviselni a hosszan tartó vízhiányt.

Kutatások 1993-tól napjainkig

Az 1990-es évek közepétől kezdődően az ún. hosszú távú monitorozó kutatások kerültek előtérbe. 1997-ben jelent meg Antal Emánuel, Berki Imre, Justyák János, Kiss Gyula, Tar Károly és Vig Péter „A síkfőkúti erdőtársulás hő- és vízháztartási viszonyainak vizsgálata az erdőpusztulás és az éghajlatváltozás tükrében” című 83 oldalas összefoglaló munkája, amely a síkfőkúti kutatási terület hosszú távú meteorológiai adatait részletesen tárgyalja és elemzi (Antal és mtsai 1997). Vizsgálataik szerint 1978–1994 között az évi átlaghőmérséklet a szabad területen 10,3 °C, az erdőben pedig 10 °C volt. A mérési adatsorok alapján megállapítható, hogy 1978-tól 1994-ig a szabadföldi területen és az erdő belsejében is az évi átlaghőmérséklet növekedett. A vizsgált 17 év alatt az évi átlaghőmérséklet a szabadföldi területen 1,4 °C-kal, az erdőben 1,6 °C-kal növekedett. Az erdőterületen a hőmérséklet növekedése nagyobb ütemű volt, mint a szabadföldi területen, ami az állomány kigyérülésének tulajdonítható. A kipusztult fák helyén a talaj jobban felmelegszik, a gyengébb turbulencia miatt az erdőben hőtöbblet alakul ki, ami az erdő fokozódó felmelegedését eredményezi. A kiritkult erdőre jellemző az erdőklíma hőháztartási rendszerének átalakulása, amely közelít a fátlan területek mikroklimájához.

Az évi csapadékösszegek 1973-tól 1996-ig csökkenő tendenciájúak voltak, (átlag 553 mm). A vizsgált 24 év folyamán az évi csapadékösszeg évente 9,8 mm-t, összesen 235 mm-rel csökkent.

A hőmérsékletemelkedés valamint az évi csapadékatlagok csökkenése következtében a levegő relatív légnedvesség- és a talaj nedvességtartalma is csökkent. A meteorológiai mérések adatai tehát azt mutatják, hogy az erdő klímája melegebbé és szárazabbá vált. Nem kétséges, hogy mindezek a folyamatok jelentős szerepet játszottak a tölgypusztulásban is.

1998-ban a KTM-MTA egyezményes program keretében a Kelet-közép-európai Természetvédelmi Kutatóhálózat Kialakítása 3.5.2. pontja alatt meghirdetett „Hosszú távú kísérletes természet- és környezetvédelmi kutatások cseres-tölgyes erdei ökoszisztémában (Síkfőkút Project)” című pályázaton 11 önálló, de ugyanakkor szervesen összetartozó, egymásra épülő témával vettek részt. Kutatási eredményeiket „Ökológia az ezredfordulón I. Konceptió, hosszú távú kutatások” (szerk.: Borhidi A. és Botta-Dukát Z., MTA 2001) c. tanulmánykötetnek „A Síkfőkút LTER projekt” című részfejezetében közzétették (Jakucs 2001, Markó 2001, Tóth 2001a, 2001b, Tóthmérész 2001, Kárász 2001, Papp 2001, O’Heix 2001, Szabó 2001, Balázs 2001).

A Síkfőkút Projekt 2000-ben csatlakozott az USA DIRT (Detritus Input and Removal Treatment) projekthez. A több évtizedre tervezett projektben négy amerikai (Harvard Forest, Bousson Forest, Michigan Forest, H. J. Andrews Forest) és két európai kutatóhely (Bayreuth, Síkfőkút Project) vesz részt. A magyar-amerikai együttműködés keretében végzett kutatások folyamán azt vizsgálják, hogy a különböző minőségű és mennyiségű avar-inputok hatására különböző klímán hogyan változik a talaj C és N dinamikája, a talaj-mikroorganizmusok biomasszája, a talajenzimek aktivitása, a talajlégzés. A 7×7 m-es kísérleti parcellákat Síkfőkúton 2000 novemberében állították be. Kezelések: 1) kontroll (normál avar-input), 2) dupla levélavár (a talajra jutó lombavár-termelést megduplázzák), 3) dupla faavár (a talajra jutó ágavár-termelést megduplázzák), 4) nincs



avar (a föld feletti avarprodukción kizárják), 5) nincs gyökér (a föld alatti avar-inputot kizárják), 6) nincs input (mind a föld feletti, mind pedig a föld alatti avar-inputot kizárják). Minden egyes kezelés esetében 3 párhuzamos parcellát állítottak be, így összesen 18 kísérleti parcellát alakítottak ki. A parcellák karbantartását a tartós kezelések fenntartására minden évben folyamatosan, a lombhullást követő időszakban végzik. Az amerikai kutatókkal való munkakapcsolat intenzitását jelzi, hogy az elmúlt 12 év folyamán 16 alkalommal 20 amerikai kutató járt a területen, ugyanakkor 6 alkalommal 5 magyar kutató látogathatta meg az amerikai kutatóhelyeket.

2002–2006 között a síkfőkúti kutatók csatlakoztak a Mátyás Csaba akadémikus által vezetett „Éghajlati bizonytalanság és a hazai erdőtakaró fenyegetettsége: hatás-előrejelzés és felkészülés” című Nemzeti Kutatási Fejlesztési Programhoz (NKFP) „Az adaptáció és tolerancia ökoфизиологические jellemzése” (témavezető: Mészáros Ilona) és „A klímaváltozás várható hatásai az elhalt szerves anyag lebontási folyamataira” (témavezető: Tóth János Attila) című kutatási témákkal.

A DIRT Projectben, illetve az NKFP keretében született kutatási eredményeket számos hazai és nemzetközi folyóiratban közölték, számos publikáció jelent meg a Mátyás Csaba által szerkesztett *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica* c. nemzetközi erdészeti folyóirat hasábjain is (Mészáros és mtsai 2007, 2011, Tóth és mtsai 2007, 2011, Fekete és mtsai 2011, Oláh és mtsai 2012, Kotroczó és mtsai 2012).

A Síkfőkút LTER (Long Term Ecological Research) kutatóhely 1995 óta tagja az ILTER (International Long Term Ecological Research) és hazai LTER-HU hálózatnak (Kovács-Láng és mtsai 1998, 2000), 2007-től pedig az LTER Europe hálózatnak.

A SÍKFŐKÚT PROJECT KÖZLEMÉNYEI

Egy 2008-ban végzett felmérés szerint a síkfőkúti bioszféra-kutatás keretében 237 szakcikk, 3 könyv, 68 előadás és poszter, 7 kandidátusi értekezés, 7 PhD disszertáció, 11 egyetemi doktori értekezés, 44 szakdolgozat és diplomamunka, 3 MTA pályamunka, 22 TDK-dolgozat és 12 ismeretterjesztő közlemény született. Ezek a számok természetesen csak tájékoztató jellegűek, a nagyságrend érzékeltetésére szolgálnak, hiszen azóta is születtek és születnek új cikkek, szakdolgozatok, diplomamunkák. Ma már a szakcikkek száma megközelíti a 300-at.

A SÍKFŐKÚT PROJECT ERDÉSZETI JELENTŐSÉGE

A területen 40 éve erdőművelési tevékenységet nem folytatnak, így az erdő ma már természetközeli állapotúnak tekinthető. Ennek következtében a hosszú távú kutatás alapján jól nyomon követhető a természetes változások hatása az erdő fafajösszetételére, struktúrájára, egészségi állapotára, az erdőtársulás természetes dinamikájára vonatkozóan. A természetközeli erdő kontrollterületként szolgálhat az erdészeti beavatkozások, kezelések hatásának a vizsgálatára is. Ezek az információk különösen napjainkban a klímaváltozás kapcsán váltak aktuálissá, ami a Síkfőkút Project keretében folyó kutatások felértékelődését eredményezte. Az erdészeti gyakorlat, a társadalom, a politikai döntéshozók számára ezek az információk ma már nélkülözhetetlenek.

A vezető erdész kutatók jelen voltak a Síkfőkút Project születésénél, és kezdettől fogva részt vettek a kutatásokban. A kutatás kezdetekor még egy 1973-as augusztusi felmérés alapján készült Majer Antal „A cseres-tölgyesek fatermési és erdőművelési vonatkozásai, a Síkfőkút Project faállományának elemzése alapján” című tanulmánya (Majer 1974). A rendkívül alapos és részletes munka kiváló összehasonlítási lehetőséget nyújt egy mai, 40 év múlva megismételt erdészeti faállománnyal kapcsolatos felmérés számára, amely alapján tiszta képet kaphatunk az erdő biomasszájának, fatömeg-termelődésének a hosszú távú változásáról.

Ennek a hagyományosan jó kapcsolatnak és együttműködésnek a további folytatását jelentette a fentebb már említett NKFP programba való integrálódás, ettől kezdve a síkfőkúti és az erdészeti kutatók közötti tudományos együttműködés még szorosabbá vált. 2012. október 25-én rendezték meg Síkfőkúton az MTA Agrártudományi Osztály Erdészeti Bizottsága és a LIFE EnvEurope projektben résztvevő síkfőkúti kutatók közös tudományos ülését, amelyen a síkfőkúti kutatási eredményeket bemutató előadások után tölgyeseink állapotával, a klímaváltozással és a hosszú távú monitorozás szükségességével kapcsolatos kérdéseket vitattak meg. A bizottság állást foglalt a hosszú távú erdészeti monitorozó kutatások támogatása mellett, és ezek közé beemelte a Síkfőkút Projecten folyó kutatásokat is. Döntés született a Majer-féle (1974) vizsgálat erdészeti módszerekkel történő megismétléséről is.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Síkfőkút Project elnevezésű komplex bioszféra-kutatást egy klímazonális cseres-tölgyes hosszú távú ökológiai vizsgálatára Jakucs Pál akadémikus 1972-ben indította a Man and Biosphere (MAB) program keretében. A 40 éves jubileum alkalmából a dolgozat áttekinti a hosszú távú ökológiai kutatás indításának körülményeit, célkitűzéseit, fontosabb kutatási eredményeit és jelentőségét.

A kutatási terület a Bükk hegység déli lábánál Egertől 6 km-re észak-keleti irányban a Szöllőskei erdőben helyezkedik el, GPS koordinátái 47°55' N, 20°26' E, a tengerszint feletti magasság: 320–340 m. A kutatás kezdetekor az erdő 65 éves korú volt. A lombkorona szint fajfajai: *Quercus petraea*, *Quercus cerris*. A fontosabb cserjefajok: *Acer campestre*, *Acer tataricum*, *Cornus mas*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus verrucosus*, *Ligustrum vulgare* stb. A lágyszárú szint fontosabb tagjai: *Carex montana*, *Carex michelii*, *Dactylis polygama*, *Festuca heterophylla*, *Fragaria vesca*, *Lathyrus niger*, *Melica uniflora*, *Poa nemoralis* stb. Az erdő évi átlagos középhőmérséklete 10 °C (1978–1994), az évi átlagos csapadék 553 mm (1973–1996). Az erdő talaja agyagbemosódásos barna erdőtalaj.

1976 óta a terület természetvédelmi oltalom alatt áll, felügyelő hatósága a Bükki Nemzeti Park Igazgatósága. Az utóbbi 40 évben a területen erdőművelési tevékenységet nem végeztek, így az erdő ma már természetközeli állapotúnak tekinthető, így kitűnő kutatási lehetőséget nyújt a természetes környezeti változások (pl. klímaváltozás) hatásainak vizsgálatára, kontrollterületeként szolgálhat az erdőművelési eljárások hatásainak tanulmányozására is.

A kutatási hely infrastrukturális kiépítések (1972–1977) két meteorológiai állomást létesítettek a területen, az egyiket az erdő belsejében, a másikat az erdő szegélyétől északi irányba 200 m-re lévő erdőmentes területen. Ez az elrendezés jó lehetőséget nyújtott az erdő mikroklímatis hatásának a tanulmányozására.

A Síkfőkút Project bioszféra-kutatás történetét három nagy korszakra oszthatjuk:

A első szakaszban (1972–1978) a kutatás célkitűzései megegyeztek a MAB program célkitűzéseivel, a vizsgálatok az ökoszisztéma struktúrájának, dinamikájának, fitomasszájának, produkciójának, elemmozgásainak, energiaáramlási viszonyainak a feltárására irányultak. Az eredmények összefoglaló szintézisére a Jakucs Pál által szerkesztett „Ecology of an oak forest in Hungary – Results of Síkfőkút Project” című 546 oldalas könyvben került sor. A könyvben foglalt vizsgálati eredmények ma már rendkívül fontosak, a Síkfőkút Project további hosszú távú vizsgálatainak referencia alapját képezik.

A második szakaszban (1979–1993) a kutatók a talajpusztulás okainak (klímaváltozás, savas esők, talaj-pH, toxikus nehézfémek, alumínium ionok, mycorrhiza-kapcsolatok, patogén mikroorganizmusok (*Cerastocystis* sp.) tisztázására irányultak. 1972-ben a síkfőkúti kutatási terület alaphektárában még 689 db *Quercus petraea* és 127 db *Q. cerris* fa állt. Egy 2004-ben végzett vizsgálat szerint a *Quercus petraea* fák 68,4%-a, a *Quercus cerris* esetében pedig 15,8%-a kipusztult. A hatalmas mértékű fapusztulás következtében az erdő struktúrája jelentős mértékben átalakult, amelyre jellemző az elcseresedés és az eljuharosodás. Ezzel egyidejűleg megváltozott az erdő mikroklímája is, az erdő melegebbé és szárazabbá vált.



A kutatás harmadik szakaszában (1993-tól napjainkig) a hosszú távú monitoring jellegű vizsgálatok kerültek előtérbe: az erdő ökofiziológiai vizsgálata, a talaj szervesanyag-tartalmával kapcsolatos kutatások (Síkfőkút DIRT Project) stb.

A Síkfőkút Project szakközleményeinek a száma ma már megközelíti a 300-at. A 40 éve folyó hosszú távú erdőökológia kutatás óriási szellemi értéket képvisel, fenntartása a jelenlegi és a jövőbeli generáció feladata.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Antal E.; Berki I.; Justyák J.; Kiss Gy.; Tarr K. és Vig P. 1997: A síkfőkúti erdőtársulás hő- és vízháztartási viszonyainak vizsgálata az erdőpusztulás és az éghajlatváltozás tükrében. Kossuth Lajos Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék kiadványa, Debrecen, p. 83.
- Balázsy S. 2001: Talajszennyeződések mikrobiológiai szóródása. In: Borhidi A. és Botta-Dukát Z (szerk.): Ökológia az ezredfordulón I. Konceptió, hosszú távú kutatások. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 249–257.
- Béres, Cs.; Fenyvesi, A.; Jakucs, P.; Mahunka, I.; Kovács, Z.; Molnár, T.; Szabó, L. and Ditrói, F. 1989: Application of an MGC–20 cyclotron and methods of radioecology in solution of problems of forestry and the wood industry. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 43: 101–103.
- Béres, Cs.; Fenyvesi, A.; Raschi, A. and Ridder, H.W. 1998: Field experiment on water transport of oak trees measured by computer tomograph and magnetic resonance imaging. Chemosphere, 36: 925–930.
- Bohár, Gy. 1990: A new *Ceratocystis* species in the heartwood of oaks. Proceedings of the International Symposium on Oak Decline in Europe, Kornik Poland May 15–18, 1990 117–121.
- Fekete, I.; Kotroczó, Zs.; Varga, Cs.; Veres, Zs. and Tóth, J.A. 2011: The effects of detritus input on soil organic matter content and carbon dioxide emission in a Central European deciduous forest. Acta Silvatica & Lignaria Hungarica, 7: 87–96.
- Gencsi L. 1987: Miért csak a tölgy és miért nem pusztul minden tölgy? Az Erdő, 36 (7): 329–330.
- Igmándy Z., Pagony H., Szontagh P. és Varga F. 1984: Beszámoló a kocsánytalan tölgyeseinkben fellépett pusztulásról 1978–1983. Az Erdő, 33: 334–341.
- Jakucs P. 1973: „Síkfőkút Project”. Egy tölgyes ökoszisztéma környezetbiológiai kutatása a bioszféra-program keretén belül. Magyar Tudományos Akadémia Biológiai Tudományok Osztályának Közleményei, 16: 11–25.
- Jakucs P. 1983: A hazai tölgyállományok egészségi állapotának ökológiai szemléletű vizsgálata. Kutatási zárójelentés. Megbízó: Zalai Erdő- és Fafeldolgozó Gazdaság (Nagykanizsa), Megbízott: KLTE Ökológiai Tsz. Témavezető Jakucs Pál. A zárójelentés elkészítésében részt vett: Jakucs Pál, Justyák János, Précsényi István, Pólya László, Tóth János Attila, Papp László, Nagy Lajos, L. Mészáros Ilona, Papp Mária, Szabó László. Kézirat, Debrecen, 257.
- Jakucs P. 1984: A kocsánytalan tölgyek pusztulásának ökológiai magyarázata. Az Erdő, 33: 342–344.
- Jakucs P. és Tóth J. A. 1984: A szíjács tracheáinak eltömődése a megbetegedő kocsánytalan tölgyeknél. Az Erdő, 33: 348–350.
- Jakucs, P (ed.) 1985: Ecology of an oak Forest in Hungary – Results of „Síkfőkút Project”. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 546.
- Jakucs P. 1988: Ecological approach to forest decay in Hungary. Ambio, 17: 267–274.
- Jakucs P. 1990: A magyarországi erdőpusztulás ökológiai megközelítése. Fizikai Szemle, 40: 225–232.
- Jakucs P. 2001: Hosszú távú (long-term) kísérletes természetvédelmi és környezetvédelmi kutatások cseres-tölgyes ökoszisztémában. In: Borhidi A. és Botta-Dukát Z (szerk.): Ökológia az ezredfordulón I. Konceptió, hosszú távú kutatások. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 187–200.
- Kárász I. 2001: A síkfőkúti erdő cserjeszintjének strukturális változása. In: Borhidi A. és Botta-Dukát Z (szerk.): Ökológia az ezredfordulón I. Konceptió, hosszú távú kutatások. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 203–210.
- Kertész M. 2002: Hosszú távú ökológiai vizsgálatok (LTER). A Magyar Tudományos Akadémia Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet 50 éve 1952–2002. MTA, ÖBKI, Vácrátót, 115–124.
- Kotroczó Zs.; Krakomperger Zs.; Koncez G.; Papp M.; Bowden R.D. és Tóth J. A. 2007: A Síkfőkúti cseres-tölgyes fajajösszetételének és strukturájának hosszú távú változása. Természetvédelmi Közlemények, 13: 93–99.

- Kotroczó, Zs.; Veres, Zs.; Fekete, I.; Papp, M. and Tóth, J. A. 2012: Effects of climate change on litter production in a *Quercetum petraeae-cerris* forest in Hungary. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 8: 31–38.
- Kovács-Láng, E.; Herodek, S. and Tóth, J. A. 2000: Long Term Ecological Research in Hungary. In: Gosz, J. R., French, C. Sprott, P., White, M., (eds.): *The International Long Term Ecological Research Network 2000. Perspectives from Participating Networks*. US LTER Network Office Albuquerque, New Mexico, 38–40.
- Markó V. 2001: Zoológiai kutatások a Síkfőkút project mintaterületén. In: Borhidi A. és Botta-Dukát Z (szerk.): *Ökológia az ezredfordulón I. Konceptió, hosszú távú kutatások*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 201–202.
- Majer A. 1974: A cseres-tölgyesek fatermési és erdőművelési vonatkozásai, a Síkfőkút Project faállományának elemzése alapján. *Erdészeti és Faipari Egyetem tudományos közleményei*, 3: 51–63.
- Mészáros, I.; Veres, Sz.; Kanalas, P.; Oláh, V.; Szöllősi, E.; Sárvári, É.; Lévai, L.; Lakatos, Gy. 2007: Leaf growth and photosynthetic performance of two co-existing oak species in contrasting growing seasons. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 3: 7–20.
- Mészáros, I.; Kanalas, P.; Fenyvesi, A.; Kis, J.; Nyitrai, B.; Szöllősi, E.; Oláh, V.; Demeter, Z.; Lakatos, Á.; Ander, I. 2011: Diurnal and seasonal changes in stem radius increment and sap flow density indicate different responses of two co-existing oak species to drought stress. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 7: 97–108.
- O’Heix, B. C. 2001: Három hazai tölgyfaj (*Quercus petraea*, *Q. cerris* és *Q. robur*) ózon-stresszre adott ökofiziológiai válaszai. In: Borhidi A. és Botta-Dukát Z (szerk.): *Ökológia az ezredfordulón I. Konceptió, hosszú távú kutatások*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 231–234.
- Oláh, V.; Szöllősi, E.; Lakatos, Á.; Kanalas, P.; Nyitrai, B. and Mészáros, I. 2012: Springtime leaf development of mature sessile oak trees as based on multi-seasonal monitoring data. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 8: 21–30.
- Papp M. 2001: Változások a lágyszárú növényzetben a síkfőkúti cseres-tölgyes erdőben és környékén 25 év távlatában. In: Borhidi A. és Botta-Dukát Z (szerk.): *Ökológia az ezredfordulón I. Konceptió, hosszú távú kutatások*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 223–230.
- Stefanovits, P. (1985): Soil condition of the forest. – In: Jakucs (ed.): *Ecology of an oak forest in Hungary. Results of „Síkfőkút Project” 1.* – Akadémiai Kiadó, Budapest, 50–57.
- Szabó L. 2001: Lombfogyasztó rovarlárvaik mennyiségi viszonyainak, közösségszerveződésének és anyagforgalmi szerepének vizsgálata. In: Borhidi A. és Botta-Dukát Z (szerk.): *Ökológia az ezredfordulón I. Konceptió, hosszú távú kutatások*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 235–238.
- Tóth J. A. 2001a : A síkfőkút-LTER project 1998. évi kutatásainak szervezése és koordinálása. In: Borhidi A., Botta-Dukát Z (szerk.): *Ökológia az ezredfordulón I. Konceptió, hosszú távú kutatások*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 203–210.
- Tóth J. A. 2001b: A Síkfőkút projekt 1998. évi mikrobiális ökológiai kutatásai. In: Borhidi A., Botta-Dukát Z (szerk.): *Ökológia az ezredfordulón I. Konceptió, hosszú távú kutatások*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 239–248.
- Tóth, J. A.; Lajtha, K.; Kotroczó, Zs.; Krakomperger, Zs.; Caldwell, B., Bowden, R. and Papp, M. 2007: The effect of climate change on soil organic matter decomposition. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 3: 75–85.
- Tóth, J. A.; Nagy, P. T.; Krakomperger, Zs.; Veres, Zs.; Kotroczó, Zs.; Kincses, S.; Fekete, I.; Papp, M. and Lajtha, K. 2011: Effect of litter fall on soil nutrient content and pH, and its consequences in view of climate change (Síkfőkút DIRT Project). *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 7: 75–86.
- Tóthmérész B. 2001: A síkfőkúti erdő fapusztlási dinamikájának monitoringja. In: Borhidi A. és Botta-Dukát Z (szerk.): *Ökológia az ezredfordulón I. Konceptió, hosszú távú kutatások*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 211–212.

Érkezett: 2012. november 14.
Közlésre elfogadva: 2013. június 28.