

## Az EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator) modell tesztelése

MEZŐSI GÁBOR és G. RICHTER

JATE Természeti Földrajzi Tanszék, Szeged és Trieri Egyetem Természet-  
földrajzi Tanszék /Németország/

A talaj jövőbeni termőképességére vonatkozó becslések - a gazdálkodási táblák szintjéről az országos szintig - lényeges szerepet játszanak a mezőgazdasággal kapcsolatos döntéseknél és a tervezésnél. A termőképességet hosszabb távon leginkább a talajerózió hatása csökkentheti, de a közöttük lévő kapcsolat még nem jól definiált. Ez a probléma dombvidéki, völgyi tájakon kiemelt fontosságú, mert az erózió a mezőgazdasági terület jelentős hányadát érinti. A mintaterületül szolgáló Rajna-Pfalz tartományban, valamint Magyarországon a felszín 40, ill. 25 %-a /a mezőgazdasági terület fele, illetve 1/3-a/ veszélyeztetett talajerózióval. Épp ezért fontos az erózió mértékének, és ezzel összhangban, a növényi produkció együttes szimulációja.

A talajerózió mértéke, illetve az erózióval szembeni érzékenység, a területhasznosítás módosításával, az agrotechnika változtatásával csökkenthető ugyan, de igény van a meglévő területhasznosítás mellett is az elérhető termésmennyiség, ill. nyereség növelése. Ez olykor növekvő műtrágya- és növényvédőszer-felhasználást jelent, amely növeli az adott térségnek, mint ökológiai rendszerek a terhelését. Mindezeknek a tényezőknek az ismerete, kapcsolatuk feltárása, alternatívák kipróbálása, az erózió mértékének a növényi produkció mértékének szimulációja fontos lehet a tervezésben. Minthogy itt sok hatótényező szerteágazó kapcsolatrendszerét kell feltárnunk, célszerű modellt használni, és mivel nagy adatmennyiségek gyors feldolgozásáról van szó, erre a számítógépes modell tűnik a legalkalmasabbnak.

### *Az EPIC modell nyújtotta lehetőségek*

A modell korábbi verziójával végzett számítások első bemutatására az 1988 végén Templeben és Columbusban tartott EPIC konferencián nyílt lehetőség /EPIC TAS Notes, 1989/. Franciaországi tapasztalatok szerint, ahol szintén most tesztelik a verziót, az EPIC jól becsülte a biotömeget és a termésátlagot az 1984-1988-as évekre. A becslés sokkal jobb volt a nyári növényekre, mint pl. az őszi búzára, mert az EPIC a búzabetegségeket nem tudta pontosan szimulálni. Ausztráliában az 1900 és 1986 közötti napi éghajlati bemenő adatokat használva /a hőmérsékletet és a radiációt a modell számította/ becsülték az öntözött és nem öntözött területek cukorrépa termését. A modellezett termésátlagok 3-10 %-kal tértek el a valós értékektől. Ameri-

kai szerzők az aszály, sőt az üvegház-hatás szimulálására is alkalmazták a programot /EPIC TAS Notes, 1989/.

Az elmúlt néhány évben megjelentek közül az EPIC modellt szimulált eredményeit vetettük össze a trieri /itt 1975 óta talajeróziós mérőállomás üzemel/ dombsági és a szegedi mintaterület - síkvidéki - hosszabb idősorú mért adataival. Innen 20-50 éves éghajlati, agrotechnológiai, termelési stb. eredmények álltak rendelkezésünkre. Vizsgáltuk a modellt megbízhatóságát, s azt, hogy viszonylag szélsőséges, illetve speciális ökológiai adottságok mellett mennyire pontosan szimulálja a természetes mennyiséget, ill. az azt befolyásoló legfontosabb tényezőket. Ezek közül itt csak azokat tárgyaljuk, amelyekhez nagyobb időskálájú mért adatok is rendelkezhetők /pl. csapadék, napfénytartam, transzspiráció, erózió, lefolyás/. A modellt az amerikai szerzőktől tesztelésre kaptuk; főként a talajerózió mértékének szimulálására. A dolgozat célja e tesztelési eredmények közzététele.

Az EPIC /Erosion-Productivity Impact Calculator/ program WILLIAMS és munkatársai /1987/ által a talajeróziós és a defláció eredményének szimulálására és ennek alapján a termesztett növények átlagos hozamának és a termelés nyereségének becslésére készített modell. Célja a talaj termékenységét megőrző, a legnagyobb fajlagos bevételt biztosító területhasznosítási rendszer kialakítása.

A modell fizikailag jól megalapozott paraméterekkel becsli az eróziót és a növények fejlődését leíró további 40 mutatót, számítja az optimális műtrágya- és növényvédőszer-szükségletet és -hasznosulást, az öntözés hatékonyságát és ezek költségét. Lévéen az erózió lassú folyamat, nagy előny, hogy a szimulációt akár többszáz évre is lefolytathatjuk.

Az EPIC egységes rendszert alkot, de paramétereit és számítási módszereit 8 nagyobb egységbe lehet foglalni:

1. Általános adatok: például szimulált évek száma, a vetésforgók száma, a teszterület vízgyűjtő nagysága, amely 0,1 és 100 ha között lehet, stb.

2. A hidrológiai részmodell, amely szimulálja a lefolyás mennyiségét és a max. csapadékok hozamát, az evapotranszspirációt, a beszivárgást, a talajvíztükör dinamikáját, stb.

3. Az éghajlati adatok: például napi, vagy havi átlagos maximum és minimum hőmérséklet, besugárzás és csapadék, esetleg a szélviszonyokra vonatkozó adat.

4. Az EPIC a N- és P-háztartás alakulását modellezi. A N-körforgást a lefolyás NO<sub>3</sub>-tartalmával, a talaj evaporációja általi NO<sub>3</sub>-mozgással, a növény N-felvételével, a megkötéssel, a denitrifikációval, stb. írja le.

5. Az egynyári és az évelő növények fejlődési ütemét /gyökérnövekedés, a napfény levélzet általi felvétele, stb./ külön részmodell becsli.

6. Az EPIC igen változatos fizikai-kémiai talajadottságokat képes kezelni. A talajprofil max. 10 egységre bontva jellemezhető.

7. Az EPIC agrotechnológiai részében a műtrágya, növényvédő szer, valamint az öntözés és a talajművelés hatásait és eredményességét elemezhetjük.

8. A modell gazdasági részei a növénytermesztés költségeinek és nyereségének számítására alkalmasak. Működik többek között annak kipróbálására, hogy mely növények milyen rotációban biztosítják a legnagyobb nyereséget.

#### *Alkalmazási példák*

A dombsági mintaterületként a Trier /Németország/ melletti Ruwer-völgy mertesdorfi részét választottuk, ahol a Trieri Egyetem Talajeróziós Mérőállomása működik 1975 óta folyamatosan /RICHTER, 1979, 1982/. Itt a mérőparcellák az élénken szabdalat 200-300 m absz. magasság közötti dombság

DK-i kitettségű, átlagosan 25 %-os lejtőjű felszínén helyezkednek el. Az óceáni és a nedves kontinentális térség határán, a völgyi helyzet következtében is éghajlata sajátos vonásokkal rendelkezik. 30 évi átlagban /nagy szórással/ 759 mm csapadék és kb. 9,8 °C átlaghőmérséklet, valamint magas páratartalom jellemzi a területet. Az alapkőzet devon pala, amelynek felső 1,5-2 m-es részének mállott barna erdőtalaján, mintegy 25 éve szőlőtermelés folyik. Itt alapvetően az EPIC talajerózió számításának pontosságát kívántuk kontrollálni, azaz minél több mért és számított eredményt összevetni.

A másik - síksági - mintaterületet Szegedtől Ny-ra jelöltük ki. Itt az infúziós löszön jó termőképességű és vízgazdálkodású csernozjom talajok találhatóak, amelyeknek a bázisát homokos-löszös üledékek képezik. Kontinentális éghajlatú, ariditásra hajlamos területen a csapadék, az evapotranszpiráció, a defláció, a temésátlag és a költségek valós és az EPIC programmal számított értékeit vetettük össze. A mintaterületen 1980-tól búza, kukorica, paprika, bab termesztése folyt és kísérleteztek ezek rotációjával is.

Az input adatok összeállítása maga is kisebb adatgyűjtő munkát /pl. az alkalmazott talajművelési módok, a talajok kémiai sajátosságai/ és számolási feladatot /pl. havi átlagos min. és max. hőmérséklet és csapadék szórása, skew koefficiense, stb./ kíván.

#### *A lefordás és lefolyás, valamint néhány egyéb ökológiai paraméter számítása*

A mertesdorfi mintaterület adatain 8 és 30 évre kiterjedő szimulációt végeztünk. A 8 évesnél napi csapadékadatokat használtunk, a /napi/ sugárzást és a hőmérsékletet a program maga becsülte. A kiválasztott 8 év - 1975 és 1983 között - viszonylag száraz periódus volt. A 30 éves szimulációnál mindhárom fenti értéket a modell a fenti 8 év átlagos adataiból számolta.

#### *1. táblázat*

A lefolyás és a talajerózió mért és számított havi átlagos értékei a Trier közeli mintaterületen /Mertesdorf/

Hónap	Lefolyás, l/ha			Talajerózió, kg/ha		
	Mért	Számított		Mért	Számított	
	1975-1982 átlaga	8 év	30 év	1975-1982 átlaga	8 év	30 év
Január	1370	140	6780	0,28	0	0
Február	440	3960	670	0,25	8,0	1,0
Március	430	110	1210	0,18	0	0
Április	180	-	-	0,19	0	0
Május	570	3470	470	1,21	6,0	3,0
Június	1960	2530	390	27,01	7,0	3,0
Július	3420	3180	880	27,81	15,0	7,0
Augusztus	3850	6320	2270	7,34	20,0	8,0
Szeptember	2310	30	-	4,49	2,0	1,0
Október	2380	1020	320	1,39	2,0	1,0
November	2370	1560	760	1,15	3,0	4,0
December	3130	4210	12850	0,49	7,0	16,0
Σ	22410	26530	26600	71,79	70,0	44,0
	r = 0,48			r = 0,51		
	r = 0,30					
	r = 0,17					

Az eredmények közül ehelyütt elsődlegesen a talajerózió mértékére utalókat elemezzük.

Megállapítottuk, hogy mind a csapadékból lefolyásra kerülő vízmennyiség, mind a lehordott talaj esetén a mért és számított értékek szignifikánsan korrelálnak /1. táblázat/. A havi bontásból kiolvasható, hogy a lefolyásértékek a nyári és a téli hónapokban nagyobbak. Az előzőben az intenzívebb csapadék az utóbbiban a talajvízzel való telítődése játszhat szerepet. A legtöbb talaj - összecsengve a mért adatokkal - a nyári hónapokban mosódik le.

Az eredmények azt mutatják, hogy a mért és számított lefolyás és lehordás között nincs lényeges eltérés, de megfigyelhető, hogy a kisebb problémát a lefolyás becslése jelenti. A lehordás jelentékeny hibáját az extrém körülmények indokolhatják.

Tapasztalataink szerint a modell a nyári félév eróziós viszonyait pontosabban írja le /2. táblázat/.

## 2. táblázat

A lefolyás és a talajerózió mért és számított értékei  
félévenkénti bontásban /Mertesdorf/

Érték	Téli félév		Nyári félév	
	Lefolyás	Lehordás	Lefolyás	Lehordás
	mm	t/ha	mm	t/ha
Mért /1975-1982/	1,01	0,004	1,23	0,068
Mért /1975-1988/	1,02	0,035	2,75	0,142
Modellezett /8 év átlaga/	1,10	0,020	1,55	0,050
Modellezett /30 év átlaga/	2,10	0,003	0,56	0,041
Korrelációs koefficiens	0,46	0,19	0,39	0,38

A 8 év napi adatain történt számítás jobb eredményt adott, a 30 év havi átlagokon alapuló értékek - 10 % feletti hibájukkal - inkább tájékoztató jellegűek. A trieri mintaterületen mért 72 kg/ha erózió a 20 %-os lejtőkhöz képest viszonylag kis érték. Ez részben a felszínt borító műveléssel alig bolygatott palás képződményeknek, másrészt a gondos agrotechnikának köszönhető.

Az EPIC modell két lehetőséget kínál a potenciális evapotranszspiráció becslésére. Aszerint, hogy az ismertebb Penman-módszert, vagy a Priestley-Taylor közelítést használjuk, más-más nyomon halad a számítás. Az utóbbi módszer a léghőmérséklet és a napsugárzás adatait igényli és nincs szükség a légnedvesség és a szél sebesség adataira. Bizonyítottuk, hogy a P-T módszerrel indulva pontosabb talajeróziós és aktuális evapotranszspirációs értékeket kaptunk mind a dombosági, mind a síksági mintaterületen /3. táblázat/. Tűréshatáron belülnek tűnik az aktuális evapotranszspiráció, a termésátlag és beszivárgás értéke is, rosszabb becslés kaptunk a lefolyásra és az EI értékre.

Részletesebben elemezve azonban a csapadékintenzitást megmutatkozik, hogy a téli és a nyári félév eredményei arányukat tekintve jók. A modell egyik gyengéje, hogy míg a mintaterületen már 3-7 mm csapadék lefolyást indukál, addig a modell a téli félévben csak 7,5, a nyárban pedig 16 mm feletti csapadéknál jelez lefolyást. Az, hogy ennek ellenére a lehordott anyag mennyiségére mégis jó becslést kaptunk, onnan adódik, hogy a lehordás 85-90 %-a a nagy intenzitású, bő csapadékot adó esőknek köszönhető.

3. táblázat  
Az EPIC modellel végrehajtott 8 és 30 éves szimuláció eredménye  
/Mertesdorf, szőlő/

Tényező	Mért érték	Mérés idő-tartama	Számított érték		
			Napi bemenő adatok		
			8 év átlaga		30 év átlaga
			P-T	Penman	
Csapadék, mm	593 583	1970-85 1975-82	583	583	581
Talajerózió, t/ha	0,072 0,178	1975-82 1975-88			
	MUSLE		0,07	0,19	0,04
	AOF		0,45	0,71	0,15
	USLE		1,32	1,32	0,45
Felszíni lefolyás, mm	2,24		2,65	7,62	2,66
Csapadék energia faktor /EI/	44,66	1974-77	26,16	26,16	15,50
Tényleges evapo- transzspiráció, mm	376,40	1975-82	389,80	269,20	392,40
Tényleges növényi transzspiráció, mm			241,20	198,80	252,80
Átlagos havi max. léghőmérséklet, °C	12,62	1975-82	12,62	12,62	14,04
Átlagos havi min. léghőmérséklet, °C	5,27	1975-82	5,27	5,27	5,44
A hó víztartalma, mm	55,0	1970-85	52,15	52,15	69,63
Beszivárgás, mm			90,95	176,60	109,47
Termés, t/ha	2,12		1,91	2,26	2,24

*Megjegyzés:*

P-T = az evapotranszspiráció a PRIESTLEY-TAYLOR formulával számolva;  
P= az evaporáció a PENMAN képlettel számolva; MUSLE: Musle becslés  
/WILLIAMS, 1975/; AOF = Onstad-Foster-féle módosított USLE /ONSTAD és  
FOSTER, 1975/; USLE: USLE becslés /WISCHMEIER és SMITH, 1978/

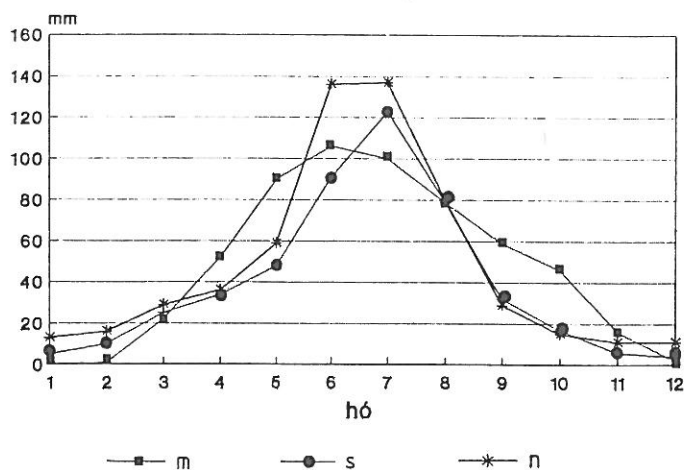
## A modell hazai alkalmazása

A szegedi mintaterületen legkevésbé kontrollálható eredmény a szél eróziós tevékenységére vonatkozik. Ilyen mérések ugyanis a környéken nem voltak. BORSY /1973, 1974/ is csak egy-egy porviharra vonatkozó rendkívül szórt értékeket közöl /3,2 t/ha, ill. 8-500 kg/m<sup>2</sup>/. Támpontot jelentett az 1969 és 1980 között Szegeden mért porüledés, ami egyes hónapokban az egészségügyi határértéket - 12,5 g/m<sup>2</sup> - is meghaladó mértékű volt és éves viszonylatban kb. 1,5 t/ha értéket tett ki. A 6 és 20 éves havi éghajlati átlagadatokat használva, kukoricatemelést, ill. kukorica-búza rotációt és csak a legszükségesebb talajművelést feltételezve, a szimuláció eredményeként évi 2 t/ha-os reálisnak tűnő érték adódott. A talajvesztés döntő többsége kora tavaszi, ami BORSY megállapításait támasztja alá.

A Szeged környéki mintaterületen a modell nyújtotta lehetőségeket kihasználva a számított és mért - elsősorban VARGA HASZONITS /1977/ és SZÁSZ /1988/ - potenciális evapotranszspiráció, csapadék értékeket és más éghajlati tényezőket vetettünk össze.

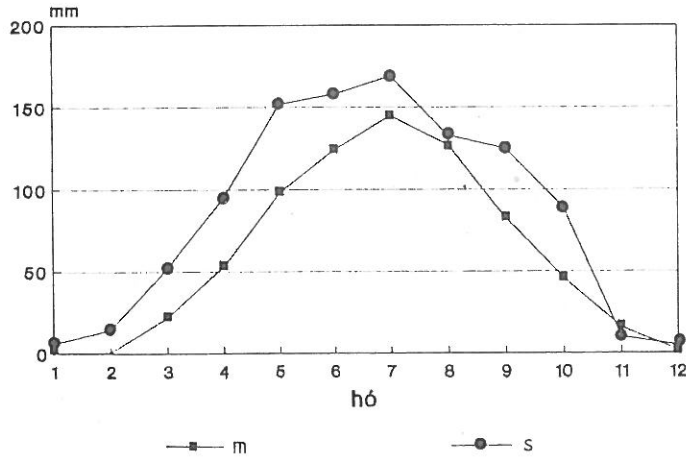
Tapasztalatunk szerint a vetésszerkezet és a művelési mód változása ugyan nem módosította lényegesen a fenti értékeket, azonos input adatokkal dolgoztunk /20 éves futtatás végig kukoricatemelést feltételezve/. A napsugárzás, a középhőmérséklet, a csapadékmennyiség, a tényleges és potenciális evapotranszspiráció havi mért és szimulált értékeit dolgoztuk fel. Az 1. ábrán mutatjuk be a tényleges evapotranszspiráció, a 2. ábrán pedig a potenciális evapotranszspiráció mért és szimulált értékeit.

A modell a napsugárzást a tényleges értékénél nagyobbra becsli. Az eltérés abból adódhat, hogy az EPIC a napi adatok becslésénél a sugárzás havi szórását viszi át a napi adatokra. A havi középhőmérsékletet 10 %-os hibahatáron belül becsli, noha a 6 éves szimuláció pontosabb eredményt ad. A havi csapadéértékeket is az előbbi határon belül adja, a nyári hónapokat kissé felül, a télieket kissé alul becsli. Még jobb eredmény adódik, ha ren-



1. ábra

Tényleges evapotranszspiráció, mm. m = mért evapotranszspiráció /1951-1970/; s = a Penman-képlettel számított evapotranszspiráció, 474 mm; n = a Priestley-Taylor képlettel számított evapotranszspiráció, 574 mm



2. ábra

Potenciális evapotranspiráció, mm. m = a Varga-Haszonits-féle formulával számolt potenciális evapotranspiráció, 717 mm; s = a Priestley-Taylor formulával számolt potenciális evapotranspiráció, 1009 mm

delkezünk a napi csapadékok havi átlagos szórás értékeivel. Megállapítható, hogy a tényleges evapotranspiráció a P-T összefüggéssel valóságosabban közelíthető, mint a Penman összefüggéssel. A potenciális evapotranspirációt rosszul becsli a modell.

Magyarázatra szorul, hogy mi indokolja az 1975-1982-re és az 1975-1988-ra vonatkozó értékek nagyobb eltérését. Az EPIC több tucat input paramétere közül néhány kismértékű változására is különösen érzékenyen reagál a modell. A lefolyás szempontjából elsősorban a hőmérsékleti adatok, ill. azok szórása, másodsorban a lejtőszög, végül a talajfragmentumok %-os részaránya ilyen tényező, a lehordás szempontjából pedig a Wischmeier-féle C érték, a hőmérséklet és a csapadéértékek szórása és a SCS görbeszám. Ez azt sugallja, hogy nem nagy litológiai különbségnél az eróziós folyamatok éghajlati és morfológiai szabályozottságúak. Ezzel magyarázható, hogy az 1975-1982 éves napi, ill. az 1970-1985 éves havi adataira /a 30 éves szimulációhoz/ számolt paraméterek kissé eltérnek egymástól. A tesztelés befejezése után jelent meg az 1975-1988-as évekre vonatkozó adatsor /RICHTER, 1989/.

#### Az átlagtermés és költségfordítás viszonya

A modellbe minden agrotechnikai művelet /szántás, tárcsázás, boronálás, vetés, stb./ fajlagos költségét, mint input adatot beépítettünk. Az adatok a kiskundorozsmai Tsz-től származtak és az ottani gazdálkodási helyzetet tükrözik. A program ezeken túlmenően a vetőmagköltség és a termény eladási, ill. adott esetben a műtrágya- és növényvédő szerek, valamint az öntözővíz árának figyelembe vételével számítja az összes ráfordítási költséget és a nyereséget.

A mintaterület két fontos növényére, a kukoricára és a búzára, elvégeztük a terméshozam és a nyereség becslését és a nyereség növelését hivatva, egy rotációs alternatívát is kipróbáltunk.

### Irodalom

- BORSY Z., 1973. A magyarországi futóhomok területek lösz-, homokos lösz és löszös takarója. Földrajzi Közlem. 2. 181-184.
- BORSY Z., 1974. A szélerózió vizsgálatának újabb eredményei a magyarországi futóhomok területeken. Földrajzi értesítő. 2. 227-236.
- EPIC TAS Texas Agricultural Simulation from the Texas Agricultural Experiment Station and USDA-ARS. Notes, 1989. V. 1. No. 2. 7-9.
- RICHTER, G., 1979. Bodenerosion in Reblagen des Moselgebietes. Forschungsstelle Bodenerosion Mertesdorf. Heft 3. Trier.
- RICHTER, G., 1982. Quasinatürliche Hangformung in Rebsteilhangen und ihre Quantifizierung. Zeitschrift für Geom. 43. 41-54.
- RICHTER, G., 1989. Vine growing and soil erosion in the Mosel Region. Geo-öko-Forum. 1. 109-119.
- SZÁSZ G., 1988. Agrometeorológia. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- VARGA HASZONITS Z., 1977. Agrometeorológia. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- WILLIAMS, J. R., JONES, C. A. and DYKE, P. T., 1987. EPIC Model. Contribution from USDA, Agricultural Research Service, Economics Research Service, and Soil Conservation Service. V. 3657 12/31/87.

*Érkezett: 1991. január 18.*