

38. Farsang Andrea – Kitka Gergő – Barta Károly

Tápanyag-elmozdulás modellezése a fenntartható mezőgazdaság szolgálatában

Bevezetés

A talaj tápanyag (makro- és mikroelem) forgalmának, a horizontális elemátrendeződés tér- és időbeli alakulásának ismerete, modellezése kisvízgyűjtő szintjén több szempontból is fontos. Egyik elsődleges szempont a felszíni vizek védelme: „A tavak sorsa a vízgyűjtőn dől el” tézis kutatási területünk, a Velencei-tó vízgyűjtője esetében fokozottan érvényes. A tó 602,4 km² nagyságú vízgyűjtőterülete 23-szorosa a tó vízfelületének. A Velencei-tó vízgyűjtőjének egészéről becslések szerint évente mintegy 83 000 t hordalék kerül a Velencei-tóba, mely évente kb. 2 mm-nyivel járul hozzá a tó feliszapolódásához (KARÁSZI K. 1984). A vízgyűjtőn zajló mezőgazdasági tevékenység milyensége, a vízvédelmi, talajvédelmi szemlélet érvényesítése a talajművelés és tápanyaggazdálkodás terén a rekreációs hasznosítású Velencei-tó vízminőségének változásában s az eutrofizációs folyamatok alakulásában jelentős szerepet játszik.

A vizsgálat másik szempontja a talaj tápanyagforgalmában a horizontális komponens mind pontosabb közelítése, hiszen az erózióval történő felszíni lemosódás a tápanyagmérleg második legjelentősebb tétele (MARTON I. 2000). Becslések szerint hazánk lejtős területeiről a víz által lehordott humuszos feltalaj évi átlagban mintegy 80-110 millió m³, az ez által bekövetkezett szervesanyag- és tápanyagveszteség pedig mintegy 1,5 millió tonna humusz, 0,2 millió tonna N, 0,1 millió tonna P₂O₅ és 0,22 millió tonna K₂O (VÁRALLYAY GY. et al. 2005).

Fontos tehát a talaj tápanyagforgalmi számításaiban, a környezetkímélő, fenntartható tápanyaggazdálkodási gyakorlat kialakításában annak ismerete, hogy egy adott területen csapadékeseményekhez kötődően, vagy egy vegetációs időszakra összesítve mennyi a felszíni tápanyag elmozdulásból, lemosódásból adódó tápanyagveszteség. Mindezen információk megfelelő digitális térképállományokat létrehozva beépíthetők a precíziós mezőgazdaság gyakorlatába, mely célul tűzi ki: „analizálni és kezelni a mezőgazdasági táblán belül előforduló talaj tér- és időbeli variabilitását” (CZINEGE E. 1999). Fontos lenne a differenciált tápanyag kihelyezés tervezésekor nem csak a négyévente készülő „statikus” tápanyag térképeket alapul venni, hanem **a tápanyag átrendeződési tendenciákat összegző „dinamikus” térképeket** is, hiszen a műtrágyázást követő csapadékesemények jelentősen átrendezik a nagyobb relieffel rendelkező táblák tápanyagtérképét.

Ezen folyamatokat felismerve tűztük ki célul, hogy a Velencei-tó vízminőségének alakulásában legnagyobb szerepet játszó Vereb-Pázmándi vízfolyás egy részvízgyűjtőjén, a mintegy 14 km² nagyságú **Cibulka-patak vízgyűjtőjén (1. ábra)** a talaj tápanyag forgalom horizontális vetületének idő- és térbeli változási tendenciáit nyomon kövessük az arra ható természeti és társadalmi változásokkal összefüggésben. A szemcsékhez kötődő tápanyag elmozdulását két méretarányban vizsgáltuk:

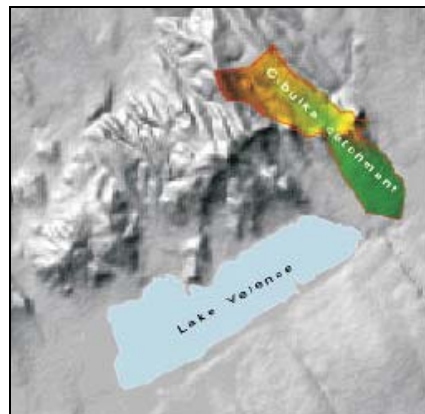
- mikro-szinten egy szőlő és egy szántó művelésű parcella lejtőin egy-egy csapadékesemény hatására bekövetkező talajerózió mértékét és a makro- és mikroelem átrendeződését;
- mezo-szinten a 14 km² nagyságú vízgyűjtőn az egyes csapadék eseményekhez köthető térbeli változást.

A két különböző nagyságrendben párhuzamosan folyó vizsgálatok célja, hogy a mikro szinten tapasztalt elemátrendeződési tendenciákat a vízgyűjtőre „kiterjesztve” mezo-szinten is modellezni tudjuk a makro- és mikroelemek horizontális változási tendenciáit.

1. Vizsgált terület

A 14 km²-es vízgyűjtő (*1. ábra*) éghajlata mérsékelt hűvös-száraz. Az évi középhőmérséklet 9,5-9,8 °C, a csapadékmennyiség 550-600 mm, melynek 50-55%-a a nyári félévben hull (MAROSI S. et al. 1990) gyakran igen heves zivatarok formájában.

A területet mind **kőzettanilag**, **talajtanilag**, mind pedig **területhasználat** szempontjából nagy változatosság jellemzi. A lösszel borított térszíneken elsősorban közepesen erodált csernozjom jellegű talajokat találunk, míg a gránit és andezit térszíneken Ramann-féle barnaföldeket és különböző váztalajokat. Az erózió bizonyítékként a lejtők alján széles sávban lejtőhordalék talajok fordulnak elő. A gránit- és andezitterületeken a tölgyesek és akácok mellett gyenge minőségű legelők vannak, a csernozjom jellegű talajoknál pedig a szántóföldi művelés (búza, kukorica, napraforgó) és a szőlőtermesztés dominál.



1. ábra: A mintaterület elhelyezkedése (saját szerkesztés)
Az ábra színes változata a kötet végén található.

Az utóbbi húsz év társadalmi-gazdasági változásai hatással voltak a vízgyűjtő gazdálkodására is. A művelésiág váltás, a termelészövetkezet tulajdonában levő szántók egy részének monokultúrában termesztett szőlőművelésre váltása, szántók privatizálása, táblaméretetek változása, s ezek esetenkénti lejtővel párhuzamos művelése és a patakokat kísérő fizikai és kémiai gátként funkcionáló nedves rétek és füves sávok feltörése az eróziós és tápanyag lemosódási folyamatok felerősödését vonta maga után.

A vizsgált mintaparcellák egyikén nagyüzemi szőlőtermesztés, a másikon szántóföldi művelés (2004-2005: őszi búza, 2006: repce) folyik. A parcellák talaja közepesen és erősen erodált csernozjom. A parcellák lejtőszöge 1° és 6° között változik,

de még a csekély lejtésű szakaszokon is akár 30-40 cm mély barázdák is kialakulhatnak egy-egy jelentősebb erozív esemény után (pl. 2006. márciusi hóolvadás!).

2. Módszerek

2.1 Terepi és laboratóriumi vizsgálatok

A vízgyűjtőterület és a mintaparcellák feltalajának részletes mintázását és a minták laboratóriumi elemzését 2001 óta végezzük. A vízgyűjtő talajának mintázása 2001-ben 32 ponton átlagminta képzésével a talaj felső 10 cm-ből történt. A vizsgálatba vont talajtulajdonságok, illetve tápelemek az alábbiak: pH (KCl), K_A (Arany-féle kötöttségi index), $CaCO_3$, humusztartalom (%), növény által felvehető makro- és mikrotápanyag (NO_2 - NO_3 -N, P_2O_5 , K_2O , Na, Mg, Ca, Mn, Zn, Cu, Fe, Mo, B, Al, As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) tartalom. A tápanyagtartalom vizsgálata a növények által felvehető hányadra vonatkozott, a mérés a makroelemek esetében ammónium-laktát ecetsavas oldatával, a mikroelemek esetében Lakanen Erviö feltárással ICP Thermo Jarell Ash ICAP 61E készülékkel történt (BUZÁS I. 1988). A feldúsulási faktor vizsgálatához összes elemtartalmat határoztunk meg királyvizes feltárással és Perkin Elmer 3010-es AAS készülékkel.

A mintaparcellákon a feltalaj tápanyag tartalmának vizsgálata mellett 2004, illetve 2005 óta két lejtőszegmens esetében 250-300 m hosszán 20, illetve 25 m-enként üledékcsapdát helyeztünk el, mellyel célunk a lemosódott üledék, valamint az üledékgyűjtő környezetében gyűjtött talajminták (feltalaj átlagminta) makro- és mikroelem tartalmának és fizikai összetételének összehasonlítása, ún. feldúsulási faktor (enrichment ratio: ER) számolása volt (DUTTMANN, R. 1999; BOY, S. – RAMOS M.C. 2002). Az általunk kidolgozott több modellt összekapcsoló eljárás algoritmusát a **2. ábra** szemlélteti.

2.2. Adatfeldolgozás

A terepi mérések (csapadék, növényborítottság), üledékcsapdás adatgyűjtés, talajmintavételek és laboratóriumi vizsgálatok során szerzett nagy mennyiségű adat feldolgozását a következő szoftverek segítségével végeztük el: a lejtők mentén, illetve a vízgyűjtőre jellemző talajerózió (talajvesztés és akkumuláció, illetve nettó erózió) meghatározásához a Németországban kifejlesztett talajeróziós modellt, az Erosion 2D/3D-t használtuk (SCHMIDT, J. 1996; MICHAEL, A. 2000), a digitális domborzatmodellt, valamint a talajtani tulajdonságok (szemcseösszetétel, talajtípus, szervesanyagtartalom stb.) és területhasználati térképeket ArcView 3.3 és ArcGIS 8.0 szoftverekkel készítettük, a statisztikai elemzésekhez az SPSS 11.0 for Windows statisztikai programcsomagot alkalmaztuk.

Az adatfeldolgozás során az alábbi lépésekkel jutottunk el a vízgyűjtőn erózióval elmozduló tápanyagtartalom térképezéséhez:

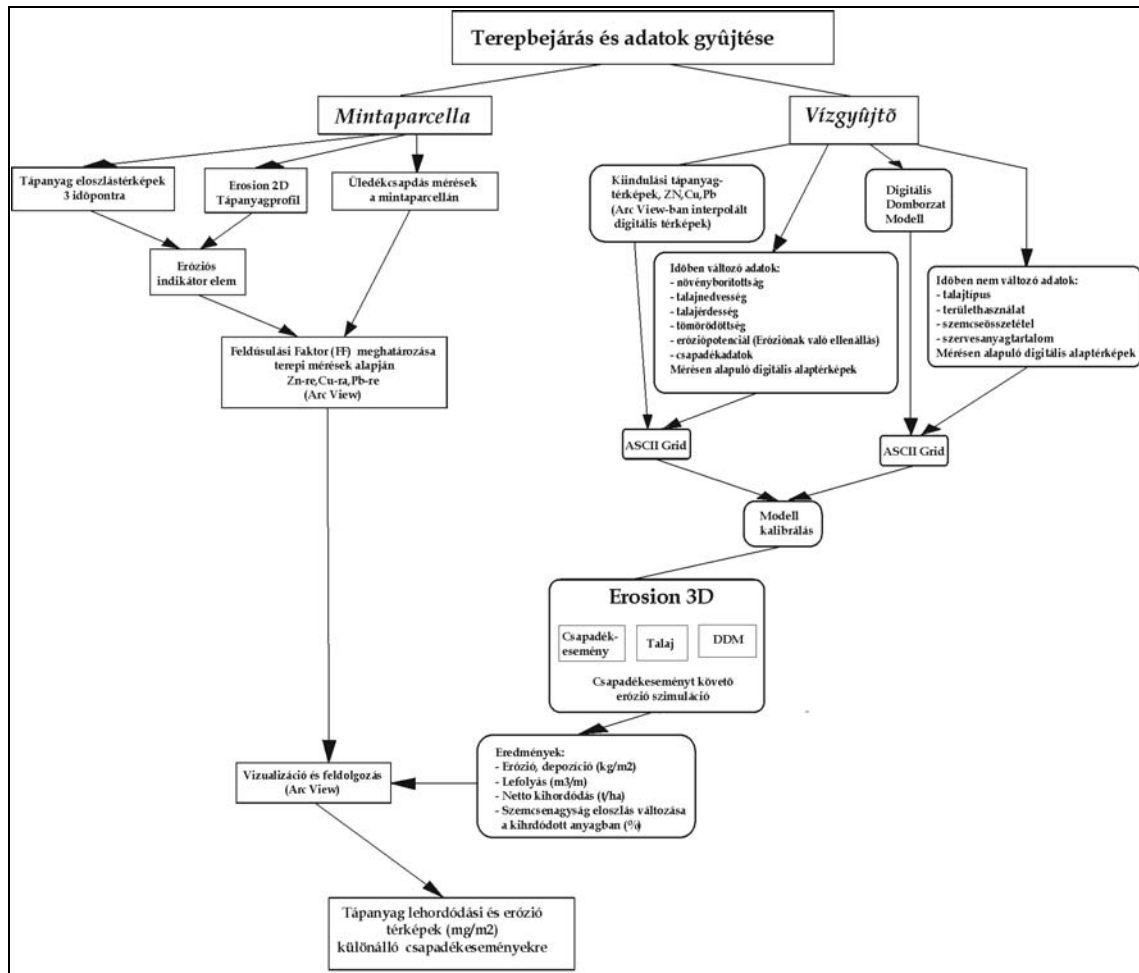
1. Kiindulási tápanyagtérképek elkészítése (mg/kg)
2. Feldúsulási faktorok számítása:

$$ER_{\text{elem}} = \text{elemkoncentráció}_{\text{szedim.}} / \text{elemkoncentráció}_{\text{talaj}}$$

$$ER_{\text{agyag}} = \text{agyagtartalom}_{\text{szedim.}} / \text{agyagtartalom}_{\text{talaj}}$$

$$ER_{\text{szervesanyag}} = \text{szervesanyagtartalom}_{\text{szedim.}} / \text{szervesanyagtartalom}_{\text{talaj}}$$

3. Talajerózió modellezése (E2D/E3D) (kg/m^2)
4. A szedimenttel mozgó elemtartalom számítása (agyagtartalomra, szervesanyagtartalomra hasonlóan): $\text{elemkoncentráció}_{\text{szedim}} (\text{mg}/\text{kg}) = \text{ER}_{\text{elem}} * \text{elemtartalom}_{\text{eredeti feltalaj}}$
5. Elemvesztés/-felhalmozódás számítása (mg/m^2): talajerózió/-felhalmozódás (kg/m^2)* $\text{elemkoncentráció}_{\text{szedim}} (\text{mg}/\text{kg})$

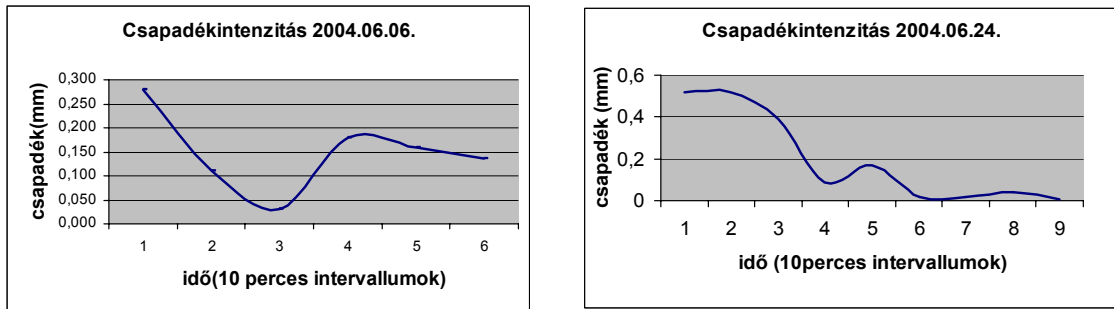


2. ábra: A tápanyag átrendeződés mezo-szintű vizsgálatának folyamatábrája (saját szerkesztés)

3. Eredmények

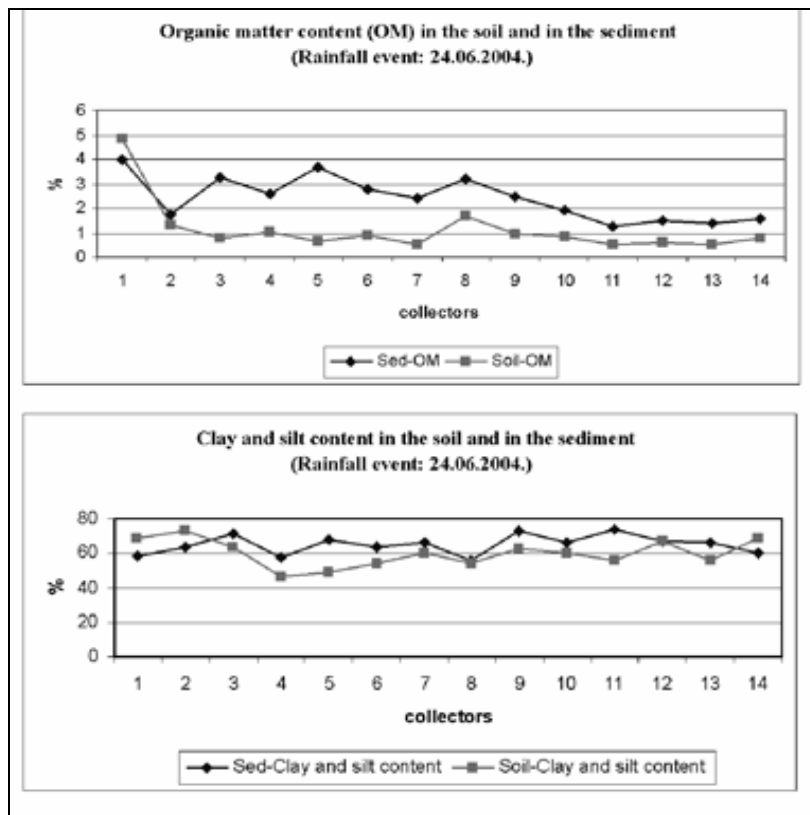
Az eddigi mérési eredményeink alapján megállapítható, hogy az adott talajtípus és lejtőviszonyok mellett az erózióval mozgatott üledékben a helyben található talajtípushoz képest átlagosan $\text{ER}=1,08$ -szoros agyagfeldúsulás jellemző. Ennél lényegesen nagyobb feldúsulás mutatható ki a szervesanyag esetében (4. ábra). A mikroelemek közül a leginkább a Ni ($\text{ER}=2,1$), Zn ($\text{ER}=1,2$) és a Cu ($\text{ER}=1,15$) dúsul az erózióval mozgó üledékben. Az Pb ($\text{ER}=1,08$) és a Cr ($\text{ER}=1,02$) az üledékcsapadék anyagában a környező feltalajjal közel azonos koncentrációban van jelen.

A lejtő menti vizsgálataink közül a szervesanyagnak és az agyagfrakciónak két 2004-es csapadékeseményhez (3. ábra) kötődő lemosódását (4. ábra), a mezoszintű vizsgálataink közül pedig a Zn vízgyűjtőn belüli átrendeződését mutatjuk be (5. ábra).

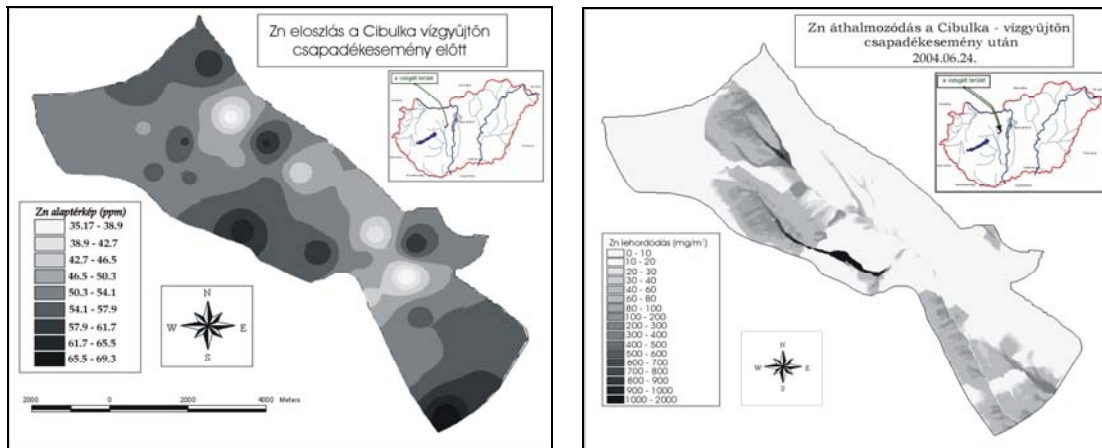


3. ábra: A vizsgált két csapadékesemény (2004. június; saját szerkesztés)

Mindkét csapadékeseménynél a legintenzívebb erózióknak kitett területeken, lejtőszakaszokon $900\text{-}1000\text{ mg/m}^2$ Zn elmozdulás következett be. A tápanyagvesztés térképét vizsgálva megállapítható, hogy annak térbeli alakulását nem a kiindulási tápanyag területi eloszlásában fellelhető különbségek határozzák meg, hanem azt felül rajzolják a jellemző eróziós viszonyok. Jól felismerhetők rajtuk az erózióknak leginkább kitett gerincek, a legtöbb mozgó szedimentet levezető vízmosások, árkok, utak. Ezek jelentik a tápanyag-mozgás legjelentősebb csatornáit is. A területre jellemző **átlagos Zn elmozdulás $14,26\text{ mg/m}^2$** . Hasonlóan az **átlagos AL- P_2O_5 kimosódás a vizsgált két csapadékeseménynél $5,5\text{-}15,05\text{ mg/m}^2$** . Ezt a környezetvédelem tényerése a mezőgazdaságban, a fenntartható fejlődés, a környezetkímélő tápanyaggazdálkodás megvalósításában feltétlenül figyelembe kell venni. A környezeti szempontból érzékeny mezőgazdasági területeken a tápanyagpótlást a csapadékeseményekhez köthető felszíni tápanyagátrendeződési tendenciák figyelembe vételével kell tervezni!



4. ábra: A szervesanyag- (OM) (A) és az agyagtartalom (B) dúsulása az erózióval mozgó szedimentben a 2004. június 24-i eső alkalmával. A világos görbe a talajból, a sötét az üledékből mért adatokat mutatja (saját szerkesztés)



5. ábra: A feltalaj Zn tartalmának (ppm) területi változása és elmozdulása (mg/m^2) a 2004. 06. 24-i csapadékeseményhez kötődően (saját szerkesztés)

Összefoglalás

Az elmúlt húsz évben a Velencei-tó vízgyűjtőjén társadalmi, gazdasági okokra visszavezethető, a tó vízminőségére is hatással levő változások zajlottak. Mezo- és mikroszinten végzett kutatásainkkal a 14 km^2 -es Cibulka-patak vízgyűjtőjén vizsgáltuk a feltalaj **makro- és mikroelemeinek erózióval történő átrendeződését**. A lejtő mentén kihelyezett üledékcsapdás elemzéseink kimutatták, hogy a mintaparcellákon egy hónap különbséggel vett mintákban két erózió csapadékesemény hatására minden vizsgált paraméter tekintetében a talajban mért koncentrációt meghaladó a lemosódó szedimentben mért koncentráció. A szervesanyagtartalom esetében $\text{ER}=2,1$ -szeres, míg a leiszapolható rész esetében csupán átlagosan $\text{ER}=1,2$ -szeres feldúsulás jellemző. A mikroelemek közül a leginkább a Ni ($\text{ER}=2,1$), Zn ($\text{ER}=1,2$) és a Cu ($\text{ER}=1,15$) dúsul. A kisvízgyűjtőre modellezett elemátrendeződés pedig azt mutatta, hogy a növény által felvehető tápanyagtartalom csökkent, a tápanyagok az eróziós lineamentumok (vízmosások, árkok, utak) mentén átrendeződtek.

Az általunk kidolgozott több modellt összekapcsoló eljárás, valamint ahhoz kapcsolódóan a tápanyag mozgási törvényszerűségek feltárása több szempontból hasznos: segítséget jelent a területi tervezésben, az erózió szempontjából optimális területhasználat és művelési módok meghatározásában, vízgyűjtő menedzsmentben. A precíziós mezőgazdaság elterjedésével, a megfelelő mennyiségű tápanyag kijuttatásához inputként szolgáló statikus tápanyag térképeken túl ún. „dinamikus adatként” az általunk eredményként kapott, a feltalaj tápanyagtartamának elmozdulását tartalmazó térképeket is bevonhatjuk a tervezésbe (környezetkímélő tápanyag gazdálkodás).

A kutatás mérései az OM által támogatott FKFP 0203/2001. nyilvántartási számú és az OTKA F 37552 ny. sz. kutatási programok támogatásával készültek.

Köszönet az EDECK Kft. (Etyek) és az Agromark 2000 Rt. (Pázmánd) vezetőségének, amiért eróziós kísérleteinkhez a szőlő- és szántóterületek használatát engedélyezték.

Szakirodalmi hivatkozások

BOY, S. – RAMOS, M.C. (2002): Metal enrichment factors in runoff and their relation to rainfall characteristics in a mediterranean vineyard soil. SUMASS 2002. Murcia, Proceedings Volume II. pp. 423-424.

-
- BUZÁS I. (szerk.) (1988): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 243.p.
- CZINEGE E. (1999): A talajtakaró változatosságát figyelembe vevő agrotechnika új lehetőségei. Agrokémia és Talajtan Tom. 48. No 1-2. pp. 224-232.
- DUTTMANN, R. (1999): Partikulare Stoffverlagerungen in Landschaften. Geosyntesis 10. 233.p.
- KARÁSZI K. (1984): A Velencei-tó rekreációja. Vízügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató, Budapest 145.p.
- MAROSI S. – SOMOGYI S. (szerk.) (1990): Magyarország kistájainak katasztere II. MTA FKI, Budapest pp. 684-699.
- MARTON I. (2000): Biogén anyagok forgalmának vizsgálata a Balaton vízgyűjtő mezőgazdasági területein. Agrokémia és Talajtan Tom. 49. No. 1-2. pp. 84-104.
- MICHAEL, A. (2000): Anwendung des physikalisch begründeten Erosionsprognosemodells Erosion 2D/3D – empirische Ansätze zur Ableitung der Modellparameter. Ph.D dolgozat, Universität Freiberg
- SCHMIDT, J. (1996): Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen. Berliner Geogr. Abhandlungen
- VÁRALLYAY GY. et al. (2005): Az agrártermelés környezetvédelmi vonatkozásai Magyarországon. In: Kovács G. J. – Csathó P. (szerk.): A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között pp. 155-190.