

- KUTATÁSI ZÁRÓJELENTÉS -

IFJÚSÁGI OTKA

A téma címe: AZ ALTERNATÍV FÖLDHASZNÁLAT HATÁSA A GLOBALIZÁCIÓVAL KAPCSOLATOS EXTERNÁLIÁK MODELLEZÉSÉRE

Témavezető neve: Fogarassy Csaba PhD., egyetemi docens

OTKA azonosító: 42611

A kutatás időtartama: 2003.02.01 – 2006.12.31.

A kutatóhely neve: Szent István Egyetem Gödöllő, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Regionális Gazdaságtani és Vidékfejlesztési Intézet

Résztvevő kutatók:

Dr. Gyuricza Csaba (2004-ig, OTKA témavezetés miatt kivált)

Dr. Vasas László

Leitman Álmos

BEVEZETÉS

Az üvegházhatás éves növekedését előidéző gázok mintegy 20 %-a származik a mezőgazdaságból, összességében az antropogén eredetű **metán 50-75 %-a** és a **szén-dioxid 5 %-a** (Cole, 1996). Az ún. hagyományos (konvencionális) mg-i termelés és talajművelés az éghajlati változások egyik jelentős előidézője. A talajok intenzív művelése, rendszeres forgatása a szántóföldek szén-dioxid emisszióját nagymértékben megnöveli. Számos kutatási eredmény igazolja, hogy az intenzív talajhasználat a légköri szén-dioxid növekedésében jelentős szerepet játszik. A talajok intenzív művelése a humusztartalom változásán keresztül, a szénkészlet 30-50 %-os csökkenését idézheti elő, amely elsősorban a talaj feltörésével hozható összefüggésbe. A szerves anyag fokozott mineralizációja révén felszabaduló szén-dioxid ilyen módon könnyen a légkörbe távozik. Ezzel szemben a talajvédő technológiák vagy okszerű vetéscserélő alkalmazása révén a talaj humusztartalma évente 1 tonnával is növekedhet hektáronként (Arrue, 1997). Ha Európában a szántóterület 100 %-át talajvédő módszerekkel, vetéscserélőben művelnék, az a mezőgazdaság éves szén-dioxid emisszióját kb. 4-8 %-kal mérsékelné. Továbbá, ha figyelembe vesszük a mezőgazdasági szántóterületek egy részének energetikai természetbe vonását is, akkor az energetikai célú felhasználás elméletileg „0”-ás CO₂ mérlege miatt, a mezőgazdasági termeléshez kapcsolódó CO₂ kibocsátás akár nagyságrendileg is csökkenthető lenne. Ez természetesen csak akkor igaz, ha a rendszerben pozitív energiamérleg, és a CO₂ emisszió elkerülés költségeinek optimális szinten tartása egyszerre valósul meg.

A témakör kutatási eredményeinek ismeretében, a kutatási program előzetesen megfogalmazott célkitűzései a következők konkrét paraméterek megismerésére irányultak:

- A CO₂ emisszió elkerülés mértékének tonnában, egy hektárra vetített kiszámítása a különböző, hazánkban természetesen előforduló energianövény-fajok esetében,
- A növényenként számításba vehető CO₂ emisszió elkerülés mértékének értékbeli lehatárolása, a biomasszából származó energiatermelési költségének, a fosszilis energiahordozók értékében való kifejezésével,
- A növényenként számításba vehető CO₂ emisszió elkerülés mértékének és egyéb környezeti hatásoknak értékbeli lehatárolása bővített, externális költséghalmazok azonosításával,

- Az egyes növénytermesztési stratégiák (konvencionális termelés, ökológiai gazdálkodás, integrált termelés) esetében jellemző vetésforgó, tarló- és egyéb növényi maradványok, valamint a talaj szerves anyag tartalma közötti összefüggések pontosítása,
- Annak megismerésére, hogy milyen a különböző szántóföldi növénytermesztési, talajhasználati módok hatása a CO₂ emisszióra a vegetációs időszak során, orientációs vizsgálatok elvégzése a jelenlegi hazai viszonyokra, illetve a potenciális lehetőségekre.
- Összevont kalkuláció elvégzése az értékmegőrző talajműveléssel termesztett energia célú szántóföldi növények CO₂ emisszió csökkentésének mértékére, értékbeli meghatározására.

A várható új kutatási eredmények megjelenését főként a növénytermesztési és talajművelési technológiák szén-dioxid csökkentő hatásainak újabb összefüggései vonatkozásában, valamint az egyes növénytermesztési stratégiák környezeti és gazdasági hatásainak feltárásában várhattuk, amelyek kiterjednek a társadalmi hasznosság és optimális rendszerhasználat stratégiai kérdéseire is. Fontos célként határoztuk meg a téma eddigi és újabb tudományos eredményeinek oktatásban, tankönyvekben történő megjelentetését is, amely főként a hagyományos növénytermesztési ismeretek felváltásnak, szemléletbeli kibővítésének alapvető feltételét jelenti. A zárójelentés következő fejezetei azokat a fontosabb kutatási részeket mutatják be vázlatosan, amelyek fontosabb mérföldkövek voltak a kutatási munka során. Az egyes területhez kapcsolódó publikációinkat a fejezetek után tüntettük fel, melyekben rendszerint további kapcsolódó kutatási részletek, eredmények követhetők nyomon.

1. A CO₂ EMISSZIÓ ELKERÜLÉS MÉRTÉKÉNEK RÉSZLEGES MEGHATÁROZÁSA

A CO₂ emisszió elkerülés mértékének részleges meghatározása a kukorica bakhátas művelése esetében történt meg, mely során a CO₂ elkerülés volumenét sikerült behatárolni sorközi védőnövény alkalmazása és alkalmazása nélküli művelési eljárásokban. A környezetkímélő technológiák részfolyamatainak pontosítása, a befolyásoló tényezők hatásmechanizmusának elemzésére, arányainak meghatározására történő vizsgálataink is eredménnyel jártak, mely szerint a totális CO₂ kibocsátás a vizsgált kultúrában direkt vetés és sávos művelés esetében lényegesen kedvezőbb képet mutatott, mint hagyományos művelés után. A számítások kezelhetősége érdekében, a biomassa produkció energetika paraméterekkel való kifejezése lehet mérvadó CO₂-emisszió elkerülés korrekt meghatározása során.

Az általunk felállított modell költséganalítika származtatására vonatkozó összeállítása ezért a következő metodikát követte:

A CO₂ elkerülési tényezőt az európai szakirodalom a csökkentett CO₂-emisszió költségtényezőjeként, vagy az elkerülhető CO₂ bekerülési költségeként veszi figyelembe. Az érték számításának, illetve a növényenkénti érték megállapításának menete pedig a következő, mely alapját képezte az általunk elvégzett kalkulációknak is:

- a **nettó CO₂-elkerülés** nagyságának meghatározása (azaz a fosszilis energiahordozóval összehasonlítva, „1 egység” megújuló energiaforma felhasználása révén mekkora CO₂-mennyiség jut a légkörbe, illetve vonódik ki onnan a növény fotoszintézise révén egy év alatt, egy hektárra vonatkoztatva);
- a biomassa eredetű energiatermelési költségből ki kell vonnunk a megtermelt energia értékét, fosszilis energiahordozó egyenértékben;

- ha a kettes pontban kapott értéket elosztjuk az első pontban kiszámított tényezővel, akkor megkapjuk az adott növényre vonatkozó „elkerülhető CO₂ –bekerülési költséget”.

Az elvégzett kísérleti vizsgálatok jól szemléltetik (1. táblázat), hogy a megtermelt teljes biomassza tömeg energetikai hozamvizsgálata során - a kukorica növény esetében – a hagyományos termelés mind a CO₂ elkerülés költségének vonatkozásában, mind a CO₂ elkerülés hatásfokának vonatkozásában jelentős hátrányokkal jellemezhető a védőnövényes eljárással szemben.

1. táblázat Számszaki eredmények a CO₂ elkerülés költségeire és hatásfokára

Kukorica – bakhátas művelésben	Indexált Energia-hozam	Egységnyi CO₂ elkerülés költségindexe	CO₂ elkerülés hatásfoka
Védőnövényes eljárás	3,7	2,5	95 %
Védőnövény nélküli, növényi maradvánnyal	3,6	2,65	86 %
Hagyományos művelés (kontrol)	3,7	3,12	70 %

A CO₂ emisszió elkerülés mértékének részleges meghatározása témakörhöz kapcsolódó publikációk, illetve az eredmények további részletezése megtalálható az alább felsorolt publikációkban.

A témához kapcsolódó publikációk:

- Fogarassy, Cs. (2004) Food quality and environmental demands in the food chain, Vertical markets and Cooperative Hierarchies/ESF Conference Budapest, 2004
 Vasa-Guth-Fogarassy-Tervegy-Gyuricza (2004) The place of the rural household in the multifunctional agriculture. ARSA 2nd International Conference Lombok, 2004

2. EXTERNÁLIS TÉNYEZŐK ÉS KÖLTSÉGEK AZONOSÍTÁSA CO₂ EMISSZIÓ ELKERÜLÉS SORÁN

Az externális költséghalmazok (termeléshez kapcsolódó pozitív és negatív hatások megjelenése) keletkezés helye szerinti meghatározásához, az internalizálás (költség- vagy bevételként való egzakt megjelenítés) moduljainak módszertani rendszerét – az eredeti elképzeléseinkkel ellentétben - jelentősen racionalizálni kellett. A növényi maradványok, valamint a talaj szerves anyag tartalma közötti CO₂ egyensúlyra vonatkozó összefüggések pontos meghatározása elsősorban attól függ, hogy milyen növénykultúrát, illetve milyen vetésgörögök alkalmazása által vizsgált CO₂ elkerülési mutatókat szeretnénk optimalizálni.

Alapvető eltérések mutatkoznak, ha a növénytermesztési stratégia alapvetően takarmány vagy élelmiszer célú termelési prioritásokat követ, más a karakterisztika, ha a fölöslegképződést bealkulálva a stratégiába, esetleges alternatív felhasználási lehetőségek (bioalkohol) is számba vehetők, illetve egészen más technológiai és növény szerkezeti hatásokkal, illetve ennek következtében CO₂ elkerülési mutatókkal kell számolnunk, ha kizárólag energetikai célra termesztett növények művelésének externália mutatóit vizsgáljuk.

A vizsgálati szempontok pontos karakterizálása szempontjából a fordított megközelítés módszerét (dedukció) alkalmaztuk, mely lényegében meghatározza számunkra a szántóföldi növénytermelésben elérhető maximális CO₂ elkerülés arányszámait, mégpedig a felhasználási célhoz kapcsolódó energiahordozó előállításának összefüggésében. Az elérhető energiahordozók jellegének függvényében - a szántóföldi növényekre adaptálva - elméleti modelleket építettünk fel, mely modellek egyrészt a lehetséges növényi biomassa alapanyagok termelésének, valamint a belőlük alkotható vetésgörök alkalmazásának externália halmazait summázták.

A hipotézis kialakításához felhasználtuk az EU Accelerates kutatási programjának eredményeit is, melyek a klímaváltozás földhasználati és gazdaságszerkezeti összefüggéseit vizsgálták az EU hat országának speciális termőhelyein. A vizsgált kutatási program eredményei alapján egyértelművé vált, hogy az esetünkben tervezett kutatási stratégiai irányát meg kell fordítani a végkövetkeztetések hiteles igazolása érdekében. A 2004. évi kutatási időszakban ezért az eredeti tematikát némiképp módosítva, **az energetikai célú szántóföldi növénytermesztés externália-mutatóinak megjelenését vizsgáltuk, mivel az élelmiszer célú termelés biomassa hasznosítási gyakorlata és lehetőségei (pl. a kukoricaszár vagy szalmahasznosítás sokrétűsége, esetlegessége) téves következtetések levonásához vezetett volna a CO₂ emisszió elkerülés költségvonzataiban.**

Az alternatív mg-i termelés és a biomassa hasznosítás teljes körű megvalósítása érdekében, a szántóföldi növényeket, mint potenciális energiahordozó alapanyagokat vizsgáltuk a termelési rendszerek működtetése során.

Az analitikus vizsgálatok és elkészített agroökológiai térképek elemzése alapján megállapítottuk, hogy energianövényként számításba vehető legfontosabb szántóföldi növények értékelése a következő tényezők összehasonlítása alapján végezhető el valójában:

- a fajlagos energetikai hozamok (*rövidítve: Hozam*),
- a termesztésére alkalmas terület mérete a növényi rotáció függvényében (*rövidítve: Terület index*)
- a növények termesztése révén elért "CO₂ elkerülés költségtényezőjének" nagysága (*rövidítve: CO₂ elkerülés költsége*), amely a különböző energianövények környezeti hasznosságát és annak árát hivatott jelezni, tehát azt, hogy hány tonna CO₂ nem kerül pluszban a légkörbe és ez az adott növény esetében mekkora költséggel jár (ez tartalmazza a talajművelés és energiahordozónként való felhasználás externális költségeit is).

A felsorolt tényezőket súlyozva, így a különböző szántóföldi növényeket energetikai hasznosíthatóságuk alapján egy indexszámmal jellemeztüm. Az indexet ECT indexnek neveztüm el, amelyet az "Energetikai Célú Termesztés" szóösszetételből rövidítettünk. Az ECT index kiszámításának módját pedig a következőképpen határoztuk meg:

$$\text{NÖVÉNY}_{\text{ECT alkohol, olaj, sz. biomassa, biogáz}} = \frac{(3 \times \text{Hozam}) + (2 \times \text{Terület index}) - \text{CO}_2 \text{ elkerülés költsége}}{6}$$

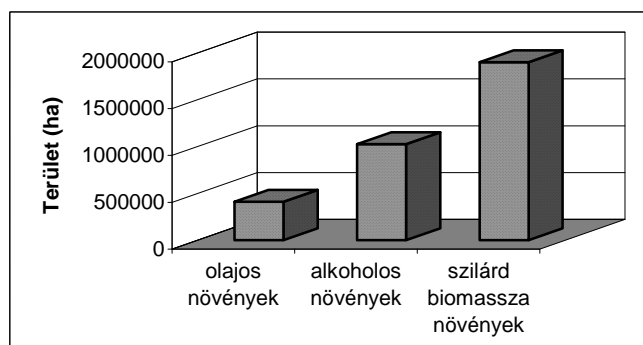
Az ECT index alapján értékelt energianövények, illetve növényi sorrendek felhasználási kategóriák szerint: olajos növények közül – *napraforgó, repce, csillagfürt, szója*; alkoholos

növények közül - *cukorcirok, cukorrépa, kukorica, csicsóka, búza, cikória, burgonya*; szilárd biomassza növények közül –*kínai nád, szudánifű, zöld pántlikafű, óriás keserűfű, kender*.

2. táblázat Az energetikai növénycsoportonként megállapított relatív ECT indexek

NÖVÉNY	INDEX	NÖVÉNY	INDEX
Alkoholos növények		Szilárd biomassza növények	
Burgonya	127,40	Nádkéjú csenkesz	665,56
Cikória	132,57	Óriás keserűfű	1117,38
Cukorrépa	325,42	Kender	717,58
Cukorcirok	342,08	Zöld pántlikafű	1174,88
Csicsóka	150,80	Kínai nád	1270,43
Kukorica	175,35	Szudánifű	1268,73
Búza	134,69	Angol perje	765,38
Rozs	88,2	Búza	513,65
Olajos növények		Biogáz növények	
Napraforgó	168,15	Nádkéjú csenkesz	347,14
Repce	144,42	Angol perje	360,54
Csillagfűrt	95,46	Cukorcirok	290,14
Szója	84,81	Kukorica	305,08

A kiszámított ECT indexek alapján tehát világos számunkra, hogy a CO₂ emisszió elkerülés vonatkozásában a teljes növényi biomassza energetikai célú felhasználása jelenti a leghatékonyabb alternatívát, mely a szilárd biomassza tüzelőanyagok és a biogáztermelés során valószínűleg meg leginkább a gyakorlatban. Ezen megállapítások helytállóságát jelentős mértékben támogatja az a tény, hogy az agroökológiai potenciál, valamint a vizsgált növények vetéskörében történő termesztetősége is ezekben a hasznosítási irányokban a legnagyobb mértékű (1. ábra).



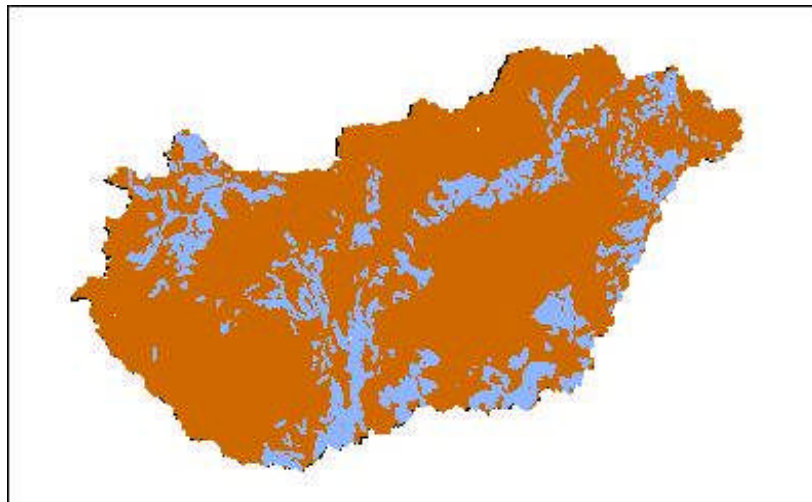
1. ábra A különböző felhasználási csoportok termőterületeinek alakulása

Az energianövények termesztési feltételeit és felhasználási vonatkozásait figyelembe véve egyértelmű alkohol növény, olajnövény, szilárd biomassza növény termesztő körzetek jelöltünk ki. Ezek alapján megállapítottuk, hogy a növények regionális eloszlása alapján, növénycsoportonként mely termőtájakra javasolhatók alkohol-növények, olajos növények és szilárd biomassza növények. Ezek a kijelölések tehát jelzik számunkra az elkerülhető CO₂ mennyiségi arányait területi és növény szerkezeti összefüggésben is.

3. táblázat Alkoholnövényes vetésszerkezet modellje

NÖVÉNY ÉS SORREND	IDŐTARTAM	HASZNOSÍTÁS	ÉVI SZÁNTÓTERÜLET ARÁNY
KUKORICA	1 év	alkohol	11 %
CSILLAGFÜRT	3 év	alkohol	33 %
CIKÓRIA	1év	alkohol	11 %
CUKORCIROK	2 év	alkohol	33 %
CSICSÓKA	2 év	alkohol	11 %

A modell kijelölése alapján, tájak szerint pedig az alábbiak javasolhatók alkoholnövény kultúrák termesztésére : *Kisalföld, Mezőföld, Duna menti síkság, Tolna-Baranyai dombvidék, Bácskai síkvidék, Dráva menti síkság, Körös-Maros köze, Brettyó-Körös vidék, Nyírség, Felső-Tiszavidék, Észak-Alföldi hordalékkúp, Belső-Somogy.*

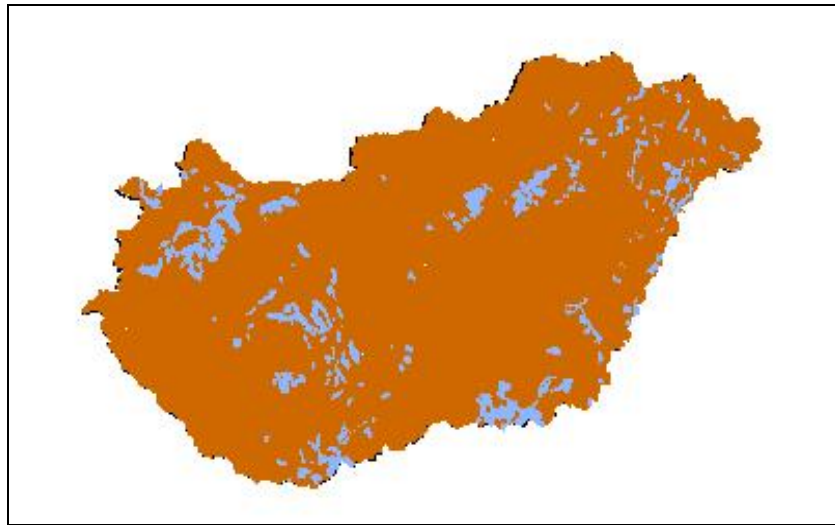


3. ábra Elméleti alkohol-növény termesztő körzetek

Középtájak szerint, a következő körzetekben alakíthatók ki, legalább két olajosnövény alkalmazásával olajnövényes vetésszerkezetek: *Marcal medence, Komárom-Esztergomi síkság, Mezőföld, Tolna-Baranyai dombvidék, Dráva menti síkság, Felső-Tiszavidék, Dél-Nyírség* (4. ábra)

A szilárd biomassza növények nagy száma (több, mint 15 db) már eleve nagy területi lefedettséget feltételez. Ezt tovább fokozza az ide tartozó növények viszonylag jó ökológiai tűrőképessége, és egyszerű termesztetősége. Szinte mindegyik növény vetésszerkezetben összeegyeztethető, így kijelölésükkor alkalmazott legalább négyes összeegyeztetőség nem volt igazi szempont. Az elvégzett elemzést követően, a modell **1.990.500 ha** alkalmas

termőhelyet jelölt meg, mely a 5. ábrán látható részleteiben, és tulajdonképpen három nagytájat teljes egészében lefed (*Alföld, Kisalföld és Dunántúli dombság.*)



4. ábra Elméleti olajos-növény termesztő körzetek

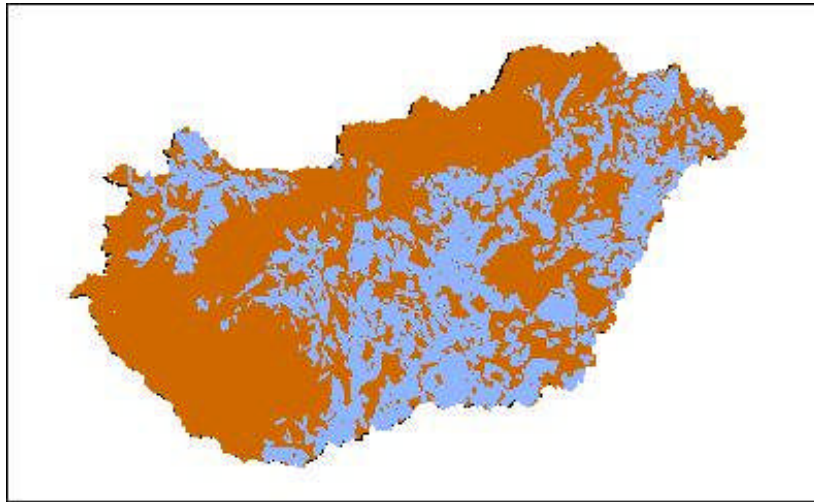
Az olajos és alkoholos vetésszerkezetekhez hasonló, szilárd biomassza vetésszerkezet kialakítása az előzőekben elmondottak alapján sokkal könnyebben kivitelezhető. A nagy számú növény tág lehetőségeket biztosít számunkra, így a szelekció során fokozott figyelmet fordíthatunk a technológiai folyamatok összeegyeztethetőségére, minimalizálásra törekedve. A szilárd biomassza termesztő körzetekben lehetséges vetésszerkezet, többek között a következő lehet (5. táblázat).

5. táblázat Szilárd biomassza vetésszerkezet modellje

NÖVÉNY ÉS SORREND	IDŐTARTAM	HASZNOSÍTÁS	SZÁNTÓTERÜLET ARÁNY
KENDER	2 év	brikett	20 %
SZUDÁNIFŰ	3 év	brikett	30 %
KENDER	2 év	brikett	20 %
ZÖLD PÁNTLIKAFŰ	3 év	brikett	30 %

A tüzelőanyagként felhasználásra kerülő növények között igen sok évelő növénnyel találkozunk, melyeknek megfelelő vetésszerkezetbe illesztése nem különösebben fontos szempont. A kínai nád esetében minimálisan tíz éves tenyészidőszak, vagy az óriás keserűfű, szudánifű legalább öt éves termesztésben tartása inkább egynemű ültetvények kialakítását indokolják.

Az energianövényekre elvégzett területkijelölés és CO₂ elkerülési vizsgálatok, valamint ezen eredmények összevetése, a hagyományos termesztéssel és egyéb mg-i stratégiákkal (biogazdálkodás, integrált termelés) elvégzett benchmarking vizsgálata fogja megmutatni számunkra, hogy az élelmiszer célú termesztés vonatkozásában, valóban feltárhatók-e jelentős externália-halmazódások a művelés és CO₂ elkerülés összefüggéseiben.



5. ábra Elméleti szilárd-biomassza és biogáz „termelő” körzetek

A témához kapcsolódó publikációk:

Fogarassy, Cs. (2005) Externáliák a multifunkcionális mezőgazdaságban, NKFP workshop SZIE Gödöllő, 2005/12/11

Fogarassy, Cs. - A. Lukacs - H. Nagy - A. Boday (2005) Externalities and market failures in the waste management – connection with the different waste management charges. Waste- the Social Context Conference - Edmonton, Alberta, Canada

3. AZ EGYES NÖVÉNYTERMESZTÉSI STRATÉGIÁK EXTERNÁLIAHALMOZÁSA ÉS HATÁSA CO2 EMISSZIÓRA

Az externálik magyarázata klasszikusan a környezetgazdaságtanból származik, mely alapvetően meghatározza az externáliák kezelésének jellegét is. Főként a szennyeződésekől származó negatív externális hatások kezelése már gyakorlatban is létezik, és zömében piaci alapú eszközökkel történik. Ezek költség-hatékony szabályozást jelenthetnek a különböző negatív externális szennyező hatások internalizálási folyamataiban, melyek azonban nem igazán értelmezhetők a biomassza termelés komplex rendszereiben. Tudományos körökben vannak viták, hogy az egyes externáliák mennyiségi meghatározásának módszerei helyesek-e vagy sem, de azt mindenki beismeri, hogy jobb néhány téves adat, vagy becslés, mint a teljes információhiány. A biomassza termelési rendszerek, egymással externália tartalmuk (külső, nem piacosított hatások jelenléte) alapján történő összehasonlítása még nem gyakorlat a gazdasági elemzések során. Ezen vizsgálatok gyakorlati alkalmazása azonban feltétele kell hogy legyen az okszerű biomassza termelés megalapozásának a jövőben. A következő elemzésben a hagyományos, ökológiai, integrált és energetikai célú növénytermesztés externália halmozását vizsgáltuk meg, főként orientálódási okokból.

A vizsgálatok célja, az előbb említettek értelmében az volt, hogy **a hagyományos növénytermesztés, az ökológiai gazdálkodás, az integrált termelés valamint az energetikai célú növénytermesztés** vonatkozásában általános externália halmozódási folyamatokat határozzunk meg. A várható eredmények ismeretében ugyanis jól körvonalazható egy-egy biomassza termelési folyamat valós környezeti és társadalmi értéke, természetesen csak a valós piaci folyamatokba ágyazva. Vizsgálati módszerként a benchmarking szint-összehasonlítást választottuk, melynek alkalmazása előtt egy logikai keretmátrixban határoztuk meg azokat a fontosabb összetevőket, amelyek a vizsgálati

programomat befolyásolhatják (6. táblázat). A biomassza-termelés anyagtranszport folyamatainak konkretizálásával választottuk ki a vizsgálati célhoz kapcsolódó indikátorokat, mind az Ökológiai/Környezeti, mind a Gazdasági és Társadalmi szektorjellemzők meghatározásánál (7. táblázat). Az indikátorok meghatározását követően pedig Állapotjelző és Teljesítményjelző indikátorok kialakítását végeztük el, melyek kiválasztásának okát és teljesítmény minősítésének módját minden egyes indikátor esetében meghatároztuk. A vizsgálathoz készített Logikai keretmátrix a vizsgálati rendszer logikai keretét adja meg, olyan speciális logikai táblázat, amely összefoglalja a célokat, az ellenőrzés módjait, indikátorait, és a szükséges feltételeket.

6. táblázat Az egyes mg-i stratégiák benchmarking vizsgálatának Logframe- mátrixa

	Célok	Indikátorok	Ellenőrzés	Külső feltételek
Output	Mezőgazdasághoz kapcsolódó externáliák internalizálása	Input-felhasználás hasznosulása, szennyezések csökkenése	Externális hatások elemzése	Szabályozási háttér állandósága
Közvetlen hatás	Alternatív gazdálkodási módok térhódítása, Környezet-gazdasági szempontok figyelembevétele	Csatlakozók aránya, élőmunka-felhasználás, energia-felhasználás mértéke	Környezeti állapot változásának elemzése	A piacnak el kell fogadnia a magasabb árakat
Közvetett hatás	Negatív externáliák forrástevékenységeinek megadóztatása, pozitív externáliák forrás-tevékenységeinek támogatása	Támogatottság mértéke	Adórendszer és támogatási rendszer vizsgálata	Externális hatások helyes felismerése

A biomassza termelő rendszerek (hagyományos-, ökológiai-, integrált-, energia célú termelés) indikátor alapú minősítésének folyamatát a következő leíráson keresztül szeretnénk áttekinteni. A folyamat lényege, hogy minden egyes indikátor esetében az Állapotjelző és Teljesítményjelző indikátor (elérendő cél állapot) meghatározását végeztük el, mely révén az indikátorokhoz kapcsolódó rendszerjellemzők vonatkozásában határoztuk meg a jelenlévő pozitív vagy negatív externáliák mennyiségét. A módszertan helyes értelmezése céljából, a következőkben röviden vázoljuk az *1. számú* vizsgálati indikátor minősítési paramétereit:

Állapotjelző indikátor

1. Talaj- és felszíni vizek, illetve levegő tisztasága

Az indikátor kiválasztásának oka: A felszíni szennyeződések, a túlzott vegyszeres növényvédelem, műtrágyahasználat s a szennyvizek elszivárgása nagyban veszélyezteti a felszíni és felszín alatti vízbázis állapotát. A légkörbe kerülő káros gázok korlátlan kibocsátása az üvegházhatás fokozódásához és savas esők kialakulásához vezethetnek.

Teljesítményjelző indikátor

1. A talaj- és felszíni vizekbe, illetve a levegőbe kerülő szennyező anyagok mennyiségének változása

A teljesítmény minősítésének módja: A kibocsátási értékeket csökkentő beavatkozások minősíthetők, a környezetvédelmi határértékek betartása minimumkövetelmény, viszonyítási alap a települési szintű víztisztasági és levegőtisztasági minősítő értékek.

- (-2) kiugróan kedvezőtlen hatás: tisztaságot nagymértékben rontja
- (-1) kedvezőtlen hatás: vizek és levegő tisztaságát rontja
- (0) nincs hatás: szennyezettség nem változik
- (+1) kedvező hatás: vizek és levegőtisztasága javul
- (+2) kiugróan kedvező hatás: tisztaság nagymértékben javul

7. táblázat A benchmarking vizsgálat T-G-K indikátorai

Kód	Állapotjelző indikátorok	Kód	Teljesítményjelző indikátorok
Ökológiai/Környezeti szektor dimenzió			
1.	Talaj- és felszíni vizek tisztasága, CO ₂ elkerülés	1.	A talaj- és felszíni vizekbe, illetve légkörbe kerülő szennyező anyagok mennyiségének változása a keletkező biomassza függvényében
2.	Termékekben található szermaradvány	2.	Termesztés során használt természetes és ipari eredetű anyagok arányának változása
3.	Táji adottságokhoz alkalmazkodó gazdálkodási módok elterjedtsége	3.	Extenzív mezőgazdasági hasznosítású területek nagyságának változása
Gazdasági /Technológiai szektor dimenzió			
4.	Energiatakarékos technológiák alkalmazásának szintje	4.	Az energiatakarékos technológiák alkalmazási szintjének változása
5.	Élőmunka-felhasználás hatékonysága	5.	Élőmunka-felhasználás hatékonyságának változása
6.	Mérethatékonyság szennyezés elkerülés	6.	Mérethatékonysági szennyezés elkerülés indexe
Társadalmi szektor dimenzió			
7.	Fogyasztói reakciók követése	7.	Fogyasztói reakciók követésének intenzitása
8.	Jövedelmezőségi ráta ciklikussága	8.	Jövedelmezőségi ráta ciklikusságának gyakorisága
9.	Tevékenységek agrárpolitikai támogatottsága	9.	Támogatottság agrárpolitikai mértékének változása
10.	Környezettudatos termelés foka	10.	Környezettudatos termelés fokának változása

Az elvégzett összehasonlító szintvizsgálatok meglepő eredménnyel zárultak. Főként az ökológiai gazdálkodásból származó termelés vonatkozásában emelhető ki, hogy a termeléshez kapcsolódó nagymennyiségű pozitív externális hatás miatt, a rendszeralkalmazás ugyanolyan „életképtelen” lehet, mint a konvencionális, azaz hagyományos túlszennyező biomassza termelő stratégia (8. táblázat).

A vizsgálati sorból jól kivehető, hogy az externália aggregálódás nem teljesen konzekvens az egyes biomassza termelési folyamatokhoz kapcsolódóan, de az arányok vélhetően hűen tükrözik, hogy a jövőben mely az a termelési folyamat, amely változások, változtatások nélkül folyamatosan termeli a társadalom számára a negatív externáliákat, azaz egyértelműen környezetterhelő folyamat. A hagyományos termeléshez kapcsolódó tetemes negatív externális hatás azt jelzi számunkra, hogy a rendszeralkalmazás túlhasználja környezetünket, ellentétben az ökológiai gazdálkodáshoz kapcsolódó +14-es externália szinttel, amely

egyértelműen az alulhasználat, azaz a „túl szigorú” rendszeralkalmazásnak köszönheti kedvezőtlen „piaci” megítélését. Az elvégzett vizsgálatok eredményeinek elemzése során úgy ítéltük meg, hogy a jelen indikátorrendszer alkalmazva, az externáliák optimális jelenlétét az (+) 5 és 10 közötti értéktartományban képzelhetjük el. A megállapítás értelmében ehhez az externália tartományhoz legközelebb az energetikai célú növénytermesztés és az integrált termelési rendszer áll, melyek vizsgálati karakterisztikája közel ideális állapotot feltételez. Ennek értelmében például a minimális vegyszerhasználat, vetésforgó alkalmazása és speciális hasznosítási irány mind a hatékony piaci rendszerhasználat részét képezte.

8. táblázat A különböző biomassza termelési rendszerek externália halmozása

Kód	Hagyományos termelés	Ökológiai gazdálkodás	Integrált, környezetkímélő termelés	Energia célú növénytermesztés
1.	-2	+1	0	+1
2.	0	+2	+1	+1
3.	0	+2	+1	+1
4.	-1	+2	+1	+2
5.	0	+1	0	-1
6.	0	+2	+2	+1
7.	+2	-1	+1	+1
8.	-1	+1	0	0
9.	+1	+2	+2	+2
10.	0	+2	+1	+1
Totál	-1	+14	+9	+10

(Megjegyzés: Az externália halmozási érték 5-10 között tartományban kezelhető (internalizálható), egyébként durva piaci hibát jelent a struktúrában.)

A témához kapcsolódó publikációk:

Fogarassy, Cs. (2006) A biomasszatermelés externália halmozása. A megújuló energiatermelés gazdasági kérdései című Konferencia, Sopron, 2006. november 08.

Fogarassy, Cs. (2006) A biomasszatermelés környezeti externáliái. MTA - Bioenergia és harmonikus környezet Tudományos Konferencia, Budapest, MTA Székház, 2006. December

Fogarassy, Cs. (2006) Positive and negative externalities in the multifunctional agriculture. Scientific Workshop, Freising-Weihenstaphan, Munchen University 2006

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A hagyományos (konvencionális) mg-i termelés és talajművelés az éghajlati változások egyik jelentős előidézője. A talajok intenzív művelése, rendszeres forgatása a szántóföldek szén-dioxid emisszióját nagymértékben megnöveli. Számos kutatási eredmény igazolta, hogy az intenzív talajhasználat a légköri szén-dioxid növekedésében jelentős szerepet játszik. A talajok intenzív művelése a humusztartalom változásán keresztül, a szénkészlet 30-50 %-os csökkenését idézheti elő, amely elsősorban a talaj feltörésével hozható összefüggésbe. A szerves anyag fokozott mineralizációja révén felszabaduló szén-dioxid ilyen módon könnyen a légkörbe távozik, amely a mg-i termeléshez kapcsolható CO₂ emissziót jelentős mértékben

növelheti. Az általunk elvégzett termőhelyi kísérletek is jól szemléltették, hogy a megtermelhető teljes biomassa tömeg előállítása - a kukorica növény esetében – a hagyományos termelés során, mind a CO₂ elkerülés költségének vonatkozásában, mind a CO₂ elkerülés hatásfokának vonatkozásában jelentős hátrányokkal jellemezhető a pl. védőnövényes, környezetkímélő eljárásokkal szemben.

Alapvető CO₂ terhelési eltérések mutatkoznak azonban akkor is, ha a növénytermesztési stratégia alapvetően takarmány vagy élelmiszcélú termelési prioritásokat követ. Egészen más technológiai és növény szerkezeti hatásokkal, illetve ennek következtében CO₂ elkerülési mutatókkal kell számolnunk, ha pl. kizárólag energetikai célra termesztett növények művelésének CO₂ elkerülési mutatóit vizsgáljuk. A vizsgálati szempontok pontos karakterizálása okán, a fordított megközelítés módszerét (dedukció) kellett alkalmaznunk, mely lényegében meghatározta számunkra a szántóföldi növénytermelésben elérhető maximális CO₂ elkerülés arányszámait, mégpedig a felhasználási célhoz kapcsolódó termék vagy energiahordozó előállításának összefüggésében. A pontos és összehasonlítható eredmények elérése érdekében, főként az energetikai célú szántóföldi növénytermesztés externália-mutatóinak megjelenését vizsgáltuk, mivel az élelmiszer célú termelés biomassa hasznosítási gyakorlata és lehetőségei (pl. a kukoricaszár vagy szalmahasznosítás sokrétűsége, esetlegessége) téves következtetések levonásához vezetett volna a CO₂ emisszió elkerülés költségvonzataiban. Az alternatív mg-i termelés és a biomassa hasznosítás teljes körű értelmezése érdekében, a szántóföldi növényeket, mint potenciális energiahordozó alapanyagokat vizsgáltuk meg a termelési rendszerek működtetése során.

A vizsgálatok fő célja, az előbb említettek értelmében az volt, hogy a hagyományos növénytermesztés, az ökológiai gazdálkodás, az integrált termelés valamint az energetikai célú növénytermesztés vonatkozásában általános externália halmozódási (a piac által el nem ismert pozitív és negatív rendszerhatások) folyamatokat határozzunk meg. Az eredmények ismeretében már jól körvonalazódott a vizsgált biomassa termelési folyamatok valós környezeti és társadalmi értéke. Az összehasonlító szintvizsgálatok meglepő eredménnyel zárultak. Főként az ökológiai gazdálkodásból származó termelés vonatkozásában emelhető ki, hogy a termeléshez kapcsolódó nagymennyiségű pozitív externális hatás miatt, a rendszeralkalmazás ugyanolyan „életképtelen” lehet, mint a konvencionális, azaz hagyományos túlszennyező biomassa termelő stratégia. Ez azért kedvezőtlen, mivel gazdálkodási stratégiához kapcsolódó CO₂ emisszió csökkentés a technológiai megoldások miatt ebben a rendszerben a legalacsonyabb, azonban az elkerülés költségei a „kintrekedő” gazdasági és társadalmi externáliák miatt, itt számolható az egyik legnagyobb költséggel. Ugyanez a hatás azonban kimutatható a hagyományos/konvencionális mg-i termelési rendszerek vonatkozásában is, de itt mégis több esélyt találtunk a főként környezeti externáliák okozta költségnövekedés hatásainak a kezelésére.

A vizsgálati eredményekből egyértelműen megállapítható, hogy az externália aggregálódás nem teljesen konzekvens az egyes biomassa termelési folyamatokhoz kapcsolódóan, de az arányok hűen tükrözik, hogy a jövőben mely az a termelési folyamat, amely változások, változtatások nélkül folyamatosan termeli a társadalom számára a klímaváltozást jelentő CO₂ emissziót, azaz egyértelműen környezetterhelő folyamat. A vizsgálataink végkövetkeztetése tehát az lehet, hogy a mezőgazdasági termeléshez kapcsolódó talajművelés és gazdálkodási stratégia helyes megválasztása jelentős CO₂ elkerüléshez vezethet ugyan, azonban a társadalom és a környezet számára jelentős CO₂ emisszió csökkentő hatások csak a termelési rendszerek externália halmozásának feltárását követően, azok piaci rendszerekbe történő bevonásával oldhatók meg.

Felhasznált irodalom:

1. **Arrue, J.L.** 1997. Effect of conservation tillage in the CO₂ sink effect of the soil, pp. 189-200. In: L. Garcia-Torres and P. Gonzalez-Fernandez (eds), Conservation agriculture: agronomic, environmental and economic bases, AEAC, Cordoba, pp. 372.
2. **Cole, C. V.** 1996. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions. Chapter 23 p. 745-771. In: Climate Change 1995: Impacts, Adaptation and Mitigation of Climate Change: Scientific Technical Analyses, IPCC Working Group 11, Cambridge University Press UK.
3. **European Environment Agency.** 1998. Soil Degradation, chapter 11, p. 23 1-246.; chapter 2, climate change, p. 37-59. In: Europe's Environment: The Second Assessment, Elsevier Science Ltd., pp. 293.
4. **Fogarassy, Cs.** 2001. Energianövények a szántóföldön. *Európai Tanulmányok Központja*, Gödöllő.
5. **Kerekes S.** –Fogarassy Cs. 2006. Fenntartható fejlődés és környezetgazdálkodás. DE-ATC HEFOP program, Debrecen.
6. **Pautian, K., Cole C.V., Sauerbeck, D., Sampson, N.** 1998. CO₂ mitigation by agriculture: An overview, Climatic Change 40 (1):135-162.
7. **Reicosky, D. C.** 1995. Impact of tillage an soil as a carbon sink p. 50-53. In: Farming for a Better Environment. A White Paper, Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, USA, pp. 67.
8. **Reicosky, D. C.** 1998. Tillage and short-term CO₂ emissions from soils in the laboratory. Kézirat.
9. **Smith, P., Powlson D.S., Glendining, W., Smith, J.U.** 1998. Preliminary estimates of the Potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming. Global Change Biology 4(6):679-685.
10. **Szlávik, J.** 2005. Fenntartható környezet- és erőforrás-gazdálkodás. Környezetvédelmi Kiskönyvtár. *KJK Kerszöv*, Budapest