

Energianövények a szántóföldön

Fogarassy Csaba

Energianövények a szántóföldön

Gödöllő, 2001

Szent István Egyetem
Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar
Agrár- és Regionális Gazdasági Intézet

Írta:
Dr. Fogarassy Csaba

Lektorálta:
Dr. Kocsis Károly
Dr. Káposzta József

Borítóterv és tipográfia:
3C-Grafika Kft.

© **Dr. Fogarassy Csaba, 2001**

ISBN 963 9256 47 1

Kiadja a SZIE GTK Európai Tanulmányok Központja
2100 Gödöllő, Tessedik S. u. 6.
Telefon: (28) 521-132
Felelős kiadó a Központ Igazgatója

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó.....	7
1. Bevezetés	8
2. Az energianövények, mint bio-energiahordozók.....	10
2.1. A téma jelentősége.....	10
2.2. Hazai és külföldi irányzatok.....	13
2.2.1. Bioenergia-hordozók és alapanyagai	23
2.2.2. Etanol	23
2.2.3. Olajok.....	25
2.2.4. Szilárd bio-tüzelőanyagok	29
2.2.5. Biogáz.....	31
2.3. (Szocio-) ökonómiai vonatkozások	33
2.3.1. Az energia-előállítás termelési költségei.....	33
2.3.2. A CO ₂ emisszió csökkentésének költség tényezője.....	34
2.3.3. A munkahely teremtés gazdasági értéke	35
3. Szántóföldi energianövények.....	38
3.1. Területiség a növények termesztésében	38
3.2. Szántóföldi növényeink „energetikai” értékelése	42
3.2.1. Gabonafélék	43
3.2.2. Hüvelyesek	57
3.2.3. Gyökér és gumós növények.....	66
3.2.4. Olajnövények	86
3.2.5. Rostnövények	98
3.2.6. Fűfélék, egyéb növények	103
4. A szántóföldi energianövény-termesztés értékelése	127
4.1. Az értékelés lehetséges rendszere.....	127
4.2. A növények területi eloszlása alapján kijelölhető speciális termesztési körzetek.....	131
4.3. Következtetések, javaslatok	136
5. Felhasznált irodalom.....	139

Előszó

Több éve már, hogy napirenden van különböző szakmai, politikai körökben a bio-energiahordozók kérdésköre, azonban az energianövények termesztésében rejlő lehetőségek leginkább csak kritikus agrárpiaci helyzetekben, azok jövőbeli megoldásaként kerülnek előtérbe.

A nyugat-európai agrárfejlesztési tendenciákat, illetve a már működő gyakorlati irányzatokat figyelemmel kísérve azonban kijelenthető, hogy a mezőgazdasági termelés általános átsztrukturálódásának egyik legfontosabb állomásaként az energianövények termesztésbe vonása jelölhető meg a jövőben.

Annak érdekében, hogy ez a koncepció az elmélet szintjéről a gyakorlatba is átjusson hazánkban, konkrét, szakmai specifikus munkákra van szükség, mivel az energianövények termesztésének szakirodalma nagyon hiányosnak nevezhető.

Ezek ismeretében, arra fektettem különös hangsúlyt, hogy a növénytermesztés szempontjainak is megfeleltessem ezeket az energiatranszformációs rendszereket. A szakirodalom áttekintését követően az első megállapításom az volt, hogy ezideig még senki nem határozta meg a hazánkban potenciálisan termesztendő energianövény-fajokat, a hagyományostól eltérő technológiai vonásokat, illetve ezekhez a növényekhez tartozó különleges vetésszerkezeteket. Munkám során főként ezen hiányosságok kiküszöbölésén fáradoztam, tudva azt, hogy a gyakorlati alkalmazás technológiai feltételeinek tökéletesítése, és az energianövények piaci értékének meghatározása is csak az energetikai növénytermesztés összefüggéseinek alapos feltárása után ítéltető meg reálisan.

Gödöllő, 2001. február

A Szerző

I. Bevezetés

A nyolcvanas évek fellángolását követően, hazánkban az elmúlt 15 év során nagyrészt kimaradt a nemzeti agrárkoncepciókból a mezőgazdaságban keletkező szerves anyag alternatív, megújuló energetikai alapanyagként való felhasználása. Nagy áttörést jelentett a lehetőségek terén az 1998-as agrárpolitikai váltás, melynek következtében az elkövetkező évek agrárprogramjának igen fontos részét képezi a mezőgazdasági növények „energiatermelésbe” való bevonása.

Az elmúlt évek energianövény-termesztési kutatásainak fókuszában elsősorban a feldolgozással, véghasznosítással kapcsolatos kérdések és a különböző növények termesztésének ökonómiai aspektusai álltak. A nyugat-európai kutatások nyomában, a felzárkózni kívánó közép-európai országok kutatói szintén a kiemelkedően magas energetikai hozamokkal kecsegtető növényfajok hazai adaptációjába kezdtek.

A magyarországi energianövény-kutatásban így került előtérbe a repce, a miscanthus, a zöld pántlikafű, illetve fafélék közül a fűz és nyár. Véleményem szerint azonban, főként a szántóföldi energianövények kutatásából kimaradt (és nemcsak Magyarországon) egy nagyon fontos mozzanat, amely az energianövények termesztési rendszerének felépítését érinti.

Nincsenek tisztázva azok a kérdések többek között, hogy hol és milyen körülmények között termesszük nagy hozamú energianövényeinket. Élelmiszer- és takarmánynövényeink között, azokkal együtt, vagy külön, energianövény-termesztő ültetvényeken képzelhető el az energetikai célú termesztés? Minden növény esetben szükséges-e új termesztési eljárás kidolgozása, milyen mértékű fajtakorrekcióra kell számítani a felhasználási csoportokon belül, lehet-e létjogosultsága a génmanipulációnak energetikai célú termesztés esetén? Szükség van-e az energianövényeken belül, alacsonyabb szintű csoportosításra is a termesztési szerkezet összeállításakor, vagy lehet-e energetikai vetésforgóról beszélni?

Csak akkor tudunk hitelesen válaszolni ezekre a kérdésekre, ha sorba vesszük egy-egy régióban az ott termeszthető potenciális energianövényeket, azok tulajdonságait, illetve kalkulálunk az energetikai növénytermesztés ismert és megismerésre váró specifikumaival. Magyarországon – az elmúlt években – az őszi repce termesztése, illetve repcemagból repce-metilészter előállításának és felhasználásának került a gazdasági-politikai érdeklődés középpontjába. Számatalan kutatás, elemzés foglalkozott a témakör főként műszaki- és gazdasági környezetének feltárásával, azonban a gyakorlati megvalósítás azóta is elmaradt.

A napjainkban igen aktuálissá vált energianövény-termesztési programok a legtöbb esetben nélkülözik a konkrét értelemben vett alapos szakmai vizsgálatokat. Az autenti-

kus energia-célú termesztési eredmények, illetve az új technológiában rejlő lehetőségek feltárása csak sokoldalú, és messzemenőig következetes vizsgálatok eredményeként valósulhat meg a jövőben. A következő fejezetekben közölt eredmények áttekintést adnak a Magyarországon, energetikai célra termesztendő szántóföldi növényekről, illetve termesztésükkel kapcsolatos mennyiségi, minőségi paramétereikről. Ezen túl pedig ajánlást teszek az energianövények termesztésének sajátos formájára is, amely kiinduló pontja lehet termesztési rendszerek kialakításának, felépítésének is a jövőben.

2. Az energianövények, mint bio-energiahordozók

2.1. A téma jelentősége

A mezőgazdálkodás mára már olyan szintet ért el a legtöbb fejlett országban, amely a lakosság étel- és táplálék-szükségleteit maximálisan kielégítve a túltermeléssel küszködik. Ha nem akarunk sem túltermelni, sem a parlagon hagyott földek miatt munkanélkülivé vált tömegekkel szembe kerülni, akkor egy nagy váltásra van szükség a mezőgazdasági struktúrában. Az étel- és táplálék-termelő funkció részleges megtartása mellett a mezőgazdaság jelentős tényezőként szerepelhet akár az energiatermelő szektorban is. Erre jó példa lehet a biológiai eredetű anyagok (biomassza) tüzelőanyagként való hasznosítása vagy belőle különböző üzemanyagok előállítása. Az energiatermelési és foglalkoztatási problémák megoldása mellett ugyanekkora súllyal szerepel a CO₂ egyensúly fenntartásának szükségessége is. A már mindenki által ismert üvegházhatás, ennek okozataként jelentkező globális felmelegedés fő oka a fosszilis energiahordozók felhasználására vezethető vissza. Ezzel szemben a megújuló energiahordozók – köztük a biomassza – energiatermelési és energiatermésének úgymond „0”-ás CO₂ mérleggel jellemezhető. Ennek oka, hogy a növény fejlődése során ugyanannyi CO₂-ot épít be szövetébe a fotoszintézis segítségével, mint amennyi aztán elégetésekor a légkörbe kerül.

Alapos vizsgálatok folytak már a biomassza eredetű energiatermelés, a megújuló energiaforrások felhasználására vonatkozóan. Eredményeik alapján, a biomassza energetikai hasznosításával kapcsolatban, az erdészeti biomasszát, a mezőgazdasági melléktermékeket, állati melléktermékeket és az *energetikai növénytermelést* lehet megemlíteni. Ezek tehát egyúttal egy-egy megújuló energiaforrásként is szerepelnek.

A biomassza ipari hasznosítása ma már hazánkban is gyakorlattá vált, sőt ezen anyagok termeléséből és hasznosításából (mezőgazdaság, erdőgazdálkodás, étel- és táplálék-ipar, egyes gyógyszeripari és könnyűipari termékek) származik a nemzeti jövedelem közel egyharmada, ami ezen erőforrásunk kiemelkedő jelentőségét mutatja.

1981-1983 között a Magyar Tudományos Akadémia végzett országos felmérést a biomasszatermelés-, hasznosítás akkori helyzetéről és fejlesztési lehetőségeiről. A *biológiai eredetű anyagok (biomassza) hasznosításának távlati lehetőségei* című tanulmányban foglalták össze többek között a fontosnak tartott irányvonalakat, összefüggéseket, feltételeket, eszközöket és módszereket, illetve 2000-ig prognosztizálták a biomassza keletkezését és hasznosítását. Meghatározásra főként a növénytermesztés fejlesztésének lehetőségei és korlátai kerültek, mivel ezek határozzák meg döntő mértékben a biomasszatermelés termékösszetételét és színvonalát.

A kutatás során főként azt vizsgálták, hogy feltételezett növekedési korlátok között, hogyan kell alakítani a termelés szerkezetét, a biomassza hasznosítását, a fenntartható fejlődés elérése érdekében. A felmérés módszere alapvetően a meglévő tudományos

ismeretek és gyakorlati tapasztalatok összegzése és elemzése volt azzal az igénnyel, hogy a különböző területeken elért eredményeket egységes rendszerbe foglalja. Most, 16 év távlatából a felmérésre visszatekintve megállapíthatjuk, hogy a valós és prognosztizált adatok az 1990-es évig mindössze 4-8%-os eltérést mutattak. Az 1995-ös év mezőgazdasági termelési prognózisát a valós adatokkal összevetve már egészen más képet kapunk. Néhány év távlatában a két adatsor közötti különbség 30-50%-ra duzadt.

Az eltérés expanziójának, azaz a termelés csökkenésének számos oka van (rendszer-váltás, tulajdonosi szerkezet megváltozása, állami dotáció hiánya stb.), mégis megállapítható, hogy optimális körülményeket feltételezve, a mezőgazdaság jelenlegi potenciáljának hozzávetőleg 60%-án teljesít. A magyar mezőgazdaság lehetőségeinek optimális kihasználása, és a jelenlegi termelési kapacitás között tehát jelentős különbséget feltételezhetünk, ami számszerűen a mai termelési mutatók 30-40%-kal való fokozása révén lehetne minimálissá tenni.

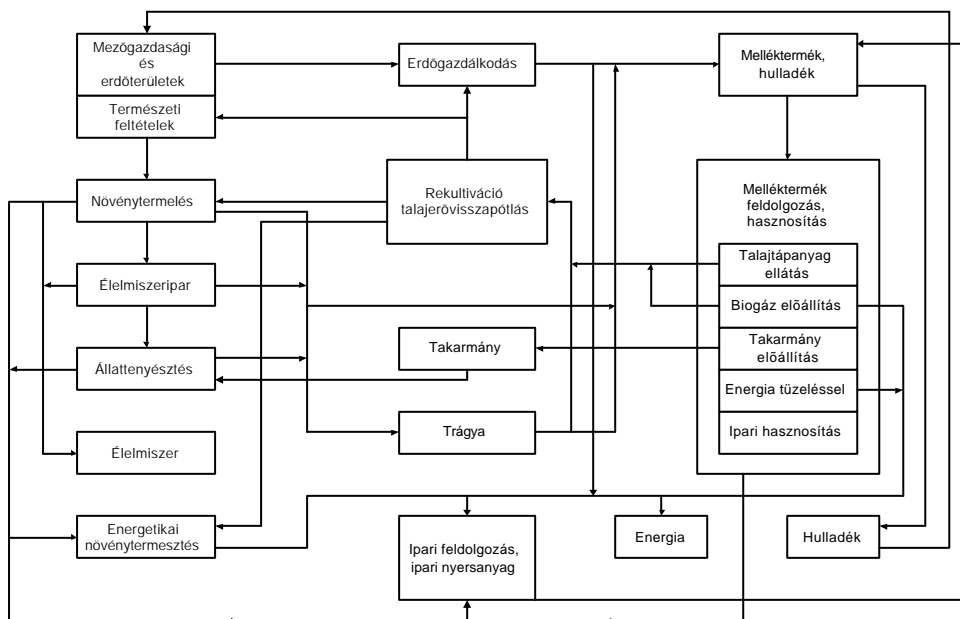
A gazdasági helyzetet ismerve kijelenthetjük, hogy az élelmiszer-piaci viszonyok még ezen termelési kapacitás mellett sem teszik lehetővé a megtermelt javak gond nélküli értékesítését. Az élelmiszer-termelés növelése helyett tehát a kapacitás kihasználásának egy más módját lenne talán célszerű alkalmazni. Alternatív megoldásként a megtermelhető biomasszamennyiség ipari vagy energetikai célokra való felhasználása jöhet szóba. Mivel az ipari hasznosítás kapacitása csak kismértékben növelhető, az *energetikai felhasználás* fokozása lehet talán perspektivikus a jövőben.

Ugyanakkor feltételezhető, hogy az energetikai növénytermesztés nagyobb mértékű bevezetése egy új korszakot jelent majd a mezőgazdaság életében, komplex termelési, felhasználási kultúraváltást indukálva. A jelen mezőgazdálkodásában, az energetikai célra való hasznosítás legegyszerűbb módja a melléktermékek energetikai felhasználása. A mezőgazdasági hulladékok, melléktermékek hasznosítása Magyarországon magas szinten kidolgozott technológiai feltételek mellett valósul, illetve fokozottabb mértékben valósulhat meg a jövőben. A potenciálisan feldogozható mezőgazdasági melléktermékek mennyiségének felmérése már megtörtént az elmúlt évek során.

Az általam elképzelt új struktúrában, az élelmiszer-ipari célokra termelt növények melléktermékei mellett, a *főtermékként termesztett energetikai növényekből* származó alapanyagok képezik a mezőgazdasági eredetű megújuló energiahordozók bázisát. Az 1. ábrán jól látható, hogy ez az új termesztési forma hogyan illeszthető be a mezőgazdasági biomassza komplex termelési és felhasználási szerkezetébe. Az ábra különlegessége, hogy benne a hagyományos növénytermesztés és az energetikai termesztés egymástól különálló egységeket képeznek. Továbbá a felosztás szerint az energetikai termesztés is elkülönül fő- és melléktermék-hozamokra, mely alatt az azonos véghasznosítást (energetikai) feltételezve, a különböző felhasználási formák mennyiségi differenciáltságát értem. Nevezetesen, ha a napraforgó termesztésénél a napraforgómag, illetve annak olaja a főtermék, akkor mellékterméknek a növény szár és levélrészét nevezhetjük, amelyet a főtermékhez képest eltérően, szilárd tüzelőanyagként hasznosítunk.

A mezőgazdasági struktúraváltás legfontosabb kérdései tehát, hogy energetikai hasznosításra a hagyományos termesztésből mekkora területek és milyen módon vonhatók ki, illetve ezeken a termőterületeken milyen energianövények termesztése

javasolható. Ha az előzőekben említett mezőgazdasági potenciál maximális kihasználását tűzzük ki célul, akkor az élelmiszer fogyasztást és az exportlehetőségeket kielégítő mennyiség, a rendelkezésünkre álló szántóterület 60-70%-án megtermelhető. A fennmaradó területeken, ami az összterület 30-40%-a is lehet, a főtermékként hasznosított energetikai növénytermesztés tehát gond nélkül megvalósítható lenne.



1. ábra. A biomassza termelés és hasznosítás modell rendszere (Láng, 1984 alapján)

Ez tulajdonképpen a területfelhasználásban jelentene változásokat, energetikai termesztésre a gyengébb termőképességű mezőgazdasági területek, a köz- és vasúti területek, rekultivált személtelakók és az élelmiszer-termelésre alkalmatlan szennyezett termőterületek kerülnének elsősorban bevonásra. A termőterületek milyensége miatt eleve megkérdőjelezhető az energetikai termesztés rentabilitása, de ha számításba vesszük a társadalmi, környezeti hasznosságot is, akkor az externális költségek internalizálásával, ami tulajdonképpen a mezőgazdasági szubvención felüli extra támogatottságot jelentene, életképesen működhethet a rendszer.

A mezőgazdasági alapanyagokból származó energia felhasználásával kapcsolatban is megoszlanak a vélemények. Ezzel összefüggésben, a mezőgazdaság energiaönellátásra való törekvése a legerősebb irányzat, mely szerint az aktuális termőterület 30-35%-ának felhasználása elegendő lenne a teljes mezőgazdasági energiaigény fedezésére. Ez a területnagyság elméletileg rendelkezésre áll, de mivel főleg a kedvezőtlen

adottságú területek alternatív felhasználása az elsődleges cél, a gyakorlatban szinte kivitelezhetetlen. A gazdaságosságot szem előtt tartva tehát, a kitűnő adottságú területeknek nem vonhatjuk ki 35%-át energetikai alapanyag termesztésére, mivel ezáltal a megtermelt élelmiszerek termelési költsége nagymértékben nőne, minősége pedig számottevően romolhatna.

A megoldás egy olyan rendszer kialakítása, amely a mezőgazdaságban termelt energiát tüzelőanyagként központi energiaellátó rendszerre vagy kisebb tüzelőberendezések részére, illetve üzemanyagként a fogyasztók számára képes előállítani. Az ilyen típusú rendszer kialakítása azért lenne célszerűbb, mert a hagyományos termesztéssel kombinált energetikai hasznosítás kusza költségvonzatai, a támogatások kialakításának szempontrendszere, a biogáztermelés mezőgazdasági hasznosításával kapcsolatos negatív tapasztalatok nem teszik lehetővé az így előállított energia értékének korrekt meghatározását.

Az elmúlt évek során, az általam szakmai körökben végzett közvélemény-kutatások eredményeit is figyelembe véve kijelenthetem, hogy az energetikai növények elterjesztésének egyik legfontosabb tényezője, hogy az aktuális gazdaságpolitika milyen álláspontot képvisel a témakörrel kapcsolatban.

A bevezetőben már említett, 1981-es évi nagyszabású kutatás megvalósulásának legfontosabb tényezőjeként szintén a politikai akaratot nevezhetjük meg. A hetvenes évek végén lecsapódó olajválság okozta „politikai rémület”, a mezőgazdaság folyamatosan növekvő termelőkapacitása, illetve a Nyugat-Európában intenzíven folyó kutatótevékenység készítette az akkori kormányt arra, hogy a mezőgazdasági biomassza potenciál feltérképezése révén, az alternatív energiahordozókban rejlő lehetőségek felmérésére hazánkban is sor kerüljön. A kutatás befejezését követően azonban az eredmények gyakorlati megvalósítása lényegében elmaradt.

2.2. Hazai és külföldi irányzatok

A növényi eredetű anyagok energetikai célokra való felhasználása nem tekinthető újdonságnak, hisz már az ősember is ezen energiaforrás felhasználásával könnyítette meg mindennapi életét. Hosszú évszázadokon keresztül az emberiség alapvető energiaforrásaként vették számításba. Az ipari forradalom okozta gyors fejlődés volt az, amely a szintetikus termékeket gyártó vegyipar kifejlődését is generálva, először változásokat eredményezett a felhasználás vonatkozásában. Ez pontosabban a XIX. század elejére, közepére tehető. A tüzelőanyagként, textil alapanyagként vagy más ipari célokra használt növényi eredetű alapanyagokat felváltotta a „fekete arany”, a kőolaj. Néhány éven belül, az intenzíven fejlődő vegyipar legtöbb termékének alapanyagává vált. A szintetikus anyagok elárasztották a világot, olcsóbbak és vonzóbbak voltak a fogyasztók számára, mint a hagyományos termékek.

A megújuló forrásokból, azaz növényi alapanyagokból származó termékek csak ott tudták megtartani piaci részesedésüket, ahol speciális előnyöket nyújtottak, mint például a textilipar, vagy bizonyos mosószeres gyártása.

A megújuló energiaforrások iránti érdeklődés, a hetvenes évek közepén, az első közkeletű olajválság okozta rémületnek köszönhetően élenkült fel újra. Ekkor kezdődött meg – a fosszilis energiahordozókkal egyenértékű – megújuló energiaforrások intenzív

kutatása, és az ehhez kapcsolódó technológiák kifejlesztése szinte a világ minden pontján.

A bio-energiahordozók felhasználásának vannak korábbról is ismert formái. Külön története van a biogáztermelő egységek fejlődésének, melyeknek használata főleg Indiában, már évezredekkel ezelőtt mindennapi gyakorlat volt. A XX. század közepén sok helyen komoly biogáz erőműveket is lehetett találni a világban. A mezőgazdaságból származó melléktermékeket mindig igyekeztek felhasználni, akár energianyerés, akár ipari nyersanyag-készítés céljából. A biogáztelepek nyersanyagát is a szerves eredetű melléktermékek és hulladékok képzik.

Az 1973-as olajválság okozta krízis, illetve energiahordozó- és alapanyaghiány már egy más szempontból világította meg felhasználás kérdését. Olyan energiaforrásra lett szüksége a fosszilis energiahordozókkal nem rendelkező országoknak, amely hosszabb távon rendelkezésre áll, és felhasználását semmiféle bizonytalansági tényező nem korlátozza. Az kőolajtól való gazdasági függőség sajnos akkora mértéket öltött, hogy a használati cikkek előállításának már 80%-a nem nélkülözheti az alapanyagot. Ezért indultak meg akkor, olyan nagy erővel az alternatív energiaforrás keresésére vonatkozó vizsgálatok. Különböző számítások születtek arra vonatkozólag is, hogy a mezőgazdaság mekkora szervesanyag- termelő képességgel rendelkezik, ebből mennyi növényolaj, alkohol, szilárd energiahordozó vagy biogáz nyerhető ki.

A legfontosabb eredmény, amely a vizsgálatokból kiderült, hogy a megújuló energiaforrások közül a növényi eredetű biomassa az, amely szinte korlátlan mennyiségben előállítható és felhasználható. Ezt olyan tények támasztják alá, mint például az, hogy a növényi szervezeteknél hatékonyabb energiatermelési rendszert még nem fedeztek fel, illetve belőlük szinte bármilyen típusú energiahordozó előállítható.

Mivel a növényi produktum előállításának a mezőgazdasági termelés a színtere, főként az itt keletkező melléktermékek vizsgálatával kezdődtek meg a technológiai alapok, eljárások kifejlesztésének kezdeti lépései. Az első olajválság elmúltával már nem volt égetően szükséges a „mindenek fölött álló” energiahordozó megteremtése, de a kutatások bár nem akkora lendülettel, tovább folytak az évek során.

A mezőgazdasági energiatermelés elsődleges célja akkoriban már az ágazat energia önellátására, azaz a mezőgazdaságban a termelés, feldolgozás során felhasználásra kerülő energia megtermelésére redukálódott. Több száz tanulmány és elemzés is született a témakörben világszerte. Ezek a munkák főként a melléktermékek felhasználásának optimalizálását, energiahordozóként való felhasználását, az energiefelhasználás minimalizálását próbálták megoldani több-kevesebb sikerrel. A legjelentősebb eredményeket a FAO által koordinált nemzetközi kutatócsapatok érték el, melyek közül szeretnék megemlíteni néhány fontosabbat.

Az amerikai *Stout (1981)*, aki a technikai inputok szerepét vizsgálta az agrártermelésben, az Egyesült Államok termelési energiamérlegének példáján keresztül jutott különös megállapításokra. Az egységnyi élelmiszer kibocsátásra vetített (5 MJ) összes növénytermelési produktumot az agrárszektorban 9,0 MJ közvetlen és közvetett energiaráfordítás terheli, amelyből a közvetlen, technikai (kemikália és gépesítés) energiahordozó-felhasználás 6,2 MJ, azaz 68,8%. A növényi termékek termelésének közvetlen energiaráfordítása tehát jóval nagyobb, mint a növénytermesztés közvetett energiaráfordítása (2,8 MJ).

Az elsődleges energiaigényen kívül, egy másodlagos energiafelhasználás is szükséges a termékek fogyaszthatóvá tételéhez. Ez rendszerint sokszorosa az elsődlegesnek, az ehhez kapcsolódó energiaértékek a következők. Az élelmiszeriparban feldolgozásnál 6,5 MJ, csomagoló anyagokra 20 MJ, az élelmiszer-szállításban 4,5 MJ, a nagy- és kiskereskedelem szféráiban 5,5 MJ, míg a háztartásokban 10 MJ, bevásárlásoknál 9 MJ, tehát összesen 65 MJ az a komplex energiamennyiség, amely egységnyi élelmiszer (5 MJ) előállításához szükséges. Az 1,9 MJ állati termék energia-egyenérték előállítását az agrártermelés szféráiban 2,0 MJ, a feldolgozóiparban ugyancsak 2,0 MJ közvetlen energiaráfordítás terhel. Az állati eredetű élelmiszerek szállítására 2,0 MJ-t, azok értékesítésére 3,0 MJ-t, a háztartáson belüli előkészítésre és fogyasztásra pedig 6,0 MJ-t használnak fel. Ez azt jelenti, hogy 1,9 MJ energiataralmú elfogyasztott állati eredetű élelmiszer 15 MJ járulékos energiát igényel.

Az adatokból elsősorban arra lehet következtetni, hogy a különböző élelmiszerek felhasználásának energiaigényében csak minimális energiafogyasztással lép fel az elsődleges mezőgazdasági termelés.

Konkrétabb adatokat tükröz *Bridges és Smith (1979)* vizsgálatának, a kukoricatermelés és fogyasztás teljes láncolatára végzett energiainput elemzése. Megállapították, hogy a termesztés 4,6 MJ összes energiaráfordítására a feldolgozó-iparban 6,0 MJ/kg, a csomagoló anyagokkal 10,2 MJ/kg, a távolsági szállítással 2,1 MJ/kg, az értékesítési hálózatban 3,1 MJ/kg, míg a bevásárlásnál és a háztartásokban 6,0, illetve 3,9 MJ/kg energiaráfordítás szuperponálódik. Ily módon a teljes vertikum energiainputja már 35,9 MJ/kg, amelyből az elsődleges termelés részesedése csupán 12,8%-ot tesz ki.

Az élelmiszer-előállítás energiahordozó-szükségletében, mint az előbbiekből kiderült, az elsődleges termelés mindösszesen 10-15%-ot tesz. Ez az arány tükrözi a mezőgazdasági termelés népgazdasági összenergia-felhasználásában betöltött szerepét is. Ezen belül, a mezőgazdasági termelés közvetlen energiafelhasználásának jelentős részét, 65-85%-át teszi ki a szántóföldi szállítási, az ún. mobil munkafolyamatok ellátásához szükséges hajtóanyag, valamint a hőenergiaigények kielégítéséhez jelenleg leginkább használt folyékony szénhidrogének (tüzelőolaj, fűtőolaj) részaránya.

A mezőgazdasági termékek, úgymond fogyaszthatóvá tételéhez szükséges energia mindössze 8-10%-át teszi ki az az energiamennyiség, amely a mezőgazdaság energia-önellátásán keresztül megvalósítható lenne. Abban az esetben, ha a mezőgazdaság energia-önellátó rendszert képez, még akkor is jellemzi a folyamatot 80-90% olyan energiafogyasztás, amelyet más energiaforrásból kell pótolni. Nem kell tehát túlbecsülnünk az ebben rejlő lehetőségeket, de törekednünk kell arra, hogy legalább a mezőgazdasági termékek feldolgozásához szükséges energia minél jelentősebb részét a biomasszából származó megújuló energiaforrások képezzék.

Annak ellenére, hogy az elsődleges élelmiszer-termelés közvetlen energiahordozó szükséglete az ipari országokban mérsékelt (4-10%-os) részarányt képvisel a nemzeti energiamérlegben, az agrártermelés energiaellátásának hosszú távú biztonsága, a fejlődő országokban pedig ezen nemzetgazdasági ágazat kiemelt fontosságú fejlesztése szoros kapcsolatban áll a világ általános energiahelyzetével, a nemzetközi energiaárakkal, illetve a műszaki gazdasági problémák megoldásával.

Magyarország összes energiafelhasználását nézve, a szükséges energiaigény 3%-át elégitik ki ma biomasszaforrások segítségével, ami főleg erdészeti biomasszát jelent.

De ez az arány az egyéves és évelő energetikai növények termelésbe vonásával akár 10-15%-ra is felmehet a közeljövőben.

Barótfi (1998) szerint a mezőgazdasági melléktermékek minél szélesebb körű felhasználása kell hogy legyen az első lépés az energetikai felhasználás területén. A melléktermékek felhasználására vonatkozó észrevételeit, illetve az ezzel kapcsolatos adatokat a következőképpen lehetne összefoglalni.

Érdemes néhány gondolatot szólni a mezőgazdaságban keletkezett főtermék és melléktermék viszonyának elemzésére is, amely igen nagy jelentőséggel bír a mezőgazdasági termelési, hasznosítási irányok meghatározásánál.

A mezőgazdaságban keletkezett biomasszából:

főtermék: 22 114 ezer tonna

melléktermék: 24 329 ezer tonna

összesen: 46 443 ezer tonna

Ez azt jelenti, hogy a mezőgazdaságban megtermelt biomasszának 52,38%-a melléktermékként jelenik meg az energiamérlegben. A mezőgazdaságban keletkezett melléktermékekből, a nyolcvanas évek adatainak alapján,

- takarmányozásra kerül - 5,1%,
- alom - 6,9%,
- tüzelő - 3,2%,
- gyökér és tarlómaradvány - 15%,
- **földeken marad - 63,3%,**
- egyéb - 5,7%.

Ez a földeken maradó 63,3% hozzávetőleg 15 400 ezer tonna biomasszát jelent, ami a gazdasági energiaforgalomban nagyrészt negatív előjellel szerepel.

A növényi eredetű biomassza tömegében meghatározó szerepük van a gabonaféléknek. Az összes főterméknek közel 60%-át, a melléktermékeknek lényegében 90%-át a gabonafélék termékei teszik ki. A fő és melléktermékeket együttesen véve figyelembe, a mezőgazdaság növényi termékeinek közel háromnegyedét adják. A következő táblázatból viszonyítási alapot kaphatunk az elmondottakkal kapcsolatban különböző gazdasági növényeink vonatkozásában (1. táblázat).

Búza esetében, a felhasználásra kerülő mellékterméken kívül, a földeken maradó mennyiség megközelítőleg 3,6 millió tonna „elpazarolt” szalmatömeget jelent, amely 55 500 millió MJ fűtőértéket képvisel.

Az elmúlt évek kutató-fejlesztő munkájának *eredményeképpen, egyeztetett állásfoglalás szerint, az energiacélú hasznosításra évenként keletkezett melléktermék mennyiségek a következők (*Barótfi, 1996*):

➤ primer biomasszából (mezőgazdasági melléktermékből)	251 PJ
➤ secunder biomasszából (állattenyésztési hulladék)	91 PJ
➤ <u>tercier biomasszából (feldolgozás hulladékai)</u>	<u>75 PJ</u>
összesen:	417 PJ

E potenciál még tovább növelhető az erdészeti, faipari hulladékok mennyiségével: 4,9 millió tonna szárazanyagot megközelítő, ≈ 30 PJ energiataralommal.

* más célra nem hasznosított vagy hasznosítható

1. táblázat. A különböző növények melléktermék-főtermék aránya
 Forrás: Segédlet a mezőgazdasági termelőszövetkezetek éves üzemtervének elkészítéséhez.
 MÉM Tervgazdasági Főosztály, 1990, p. 29.

Növény	Főtermék	Melléktermék	Fő és melléktermék arány
Őszi búza, nagy hoz.	szem	szalma	1:1
Őszi búza, normál	szem	szalma	1:1,5
Rozs	szem	szalma	1:1,8
Tavaszi búza	szem	szalma	1:1,2
Rizs	szem	szalma	1:1,1
Őszi árpa	szem	szalma	1:1,4
Tavaszi árpa	szem	szalma	1:1
Zab	szem	szalma	1:1,3
Kukorica	szem	szár	1:1,8
Kukorica, rövid tenyészidejű	szem	szár	1:1
Cukorrépa	gyökér	leveles fej	1:0,2
Napraforgó	szem	tányér	1:0,8
Édes csillagfűrt	szem	szalma	1:0,8
Szegletes lednek	szem	szalma	1:1

Elméletileg bizonyított, hogy a művelt földterületeken évente átlagosan 25 GJ/ha elsődleges energiahordozó keletkezésével lehetséges számolni; – a szélső értékek 10-100 GJ/ha, termelési kultúrától, művelési módtól függően. Ez az energiaforrás mint melléktermék, hulladék jelenik meg, évenként és szükségszerűen.

Hazánk népessége 2,8 százaléka az EU népességének, az összes földterületünk pedig 2,9 százalékát teszi ki az Unió egész földterületének. Az EU-ban és Magyarországon az egy főre jutó földterület így csaknem azonos: 0,9 hektár. A mezőgazdasági terület tekintetében viszont hazánk helyzete az előnyösebb, nálunk 0,6 hektár, míg az EU-ban csak 0,4 hektár az egy lakosra vetített mezőgazdasági terület. Magyarország természeti adottságai kedvezőbbek mezőgazdasági termelésre az EU egészében tapasztaltaknál. Összterületünk 66,5%-a alkalmas mezőgazdálkodásra, az EU 45%-os arányával szemben. A mezőgazdasági területen belül nálunk a szántóterület jóval nagyobb arányt (77%) képvisel, mint az EU-ban (53%). Az EU átlagában lényegesen magasabb viszont a gyümölcsös, a szőlő és gyepterület aránya. Számottevő a különbség az erdőterületet tekintve: hazánkban az erdőszűlség csak 19%-os, míg az EU-ban 35%.

Az előbbi adatokból az is kiderült, hogy hazánk agrárgazdaságára sokkal jobban jellemző a gabonafélék termelése, mint az átlag EU országokra. Ezen belül, mint azt már az előbbi számításokban is kiderült, a búza, illetve a kalászos gabonák energetikai melléktermékeinek hasznosításában rejlik a legnagyobb lehetőség. Ezt támasztja alá az a tény is, hogy a főtermék az összes termelés arányában a gabonánál a legkisebb. (Csak a hüvelyesek előzik meg, de ez az összes termőterület növénytípusonkénti arányához viszonyítva elhanyagolható mértékű.)

Megdöböntő tény, hogy a gabona-biomassza több mint 60%-os melléktermék tömegének, kevesebb mint 40%- a (a teljes biomassza 25%-a) kerül csak valamilyen másodlagos hasznosításra.

Marosvölgyi és Berze (1994) szerint, Európa mezőgazdasága mintegy 1,2 millió tOE erdészeti és fagazdasági hulladékot illetve mellékterméket használ fel hőtermelésre. A mintegy 17 millió tOE kereskedelmi tűzifatermelés és a további 2,5 millió tOE erdészeti és faipari melléktermék közcélú hőenergetikai hasznosítása révén Európában a fagazdaság tekinthető a legjelentősebb megújuló energiaforrás termelő ágazatnak. A mezőgazdasági melléktermékek közvetlen tüzeléssel történő hasznosítása szempontjából a gabonaszalma a legjelentősebb biomassza eredetű energiaforrás, amelynek ilyen célra hasznosítható évenkénti hozama Európában mintegy 21,5 millió tOE-re tehető. Ebből jelenleg mintegy 0,3 millió tOE energetikai célú felhasználásra. A sokkal nehezebben hasznosítható kukoricaszár és egyéb száraz melléktermékek energetikai potenciálja további mintegy 7,6 millió tOE. Összességében tehát Európában mintegy 30 MtOE mezőgazdasági melléktermék hasznosítható energetikai célokra a talajszerkezet és termékenység károsodása nélkül. A környezetvédelmi szempontból talán legnagyobb károkat okozó állati hígtrágyából, továbbá egyéb nagy nedvességtartalmú mezőgazdasági melléktermékből anaerob erjesztéssel biogáz termelés révén további mintegy 20 millió tOE megújuló energiaforrás nyerhető (1kgOE = 41,868 MJ = 11,62 kWh ; 1kWh = 3,6 MJ = 0,086 kgOE).

A hagyományos és a sokkal biztatóbb, úgynevezett energetikai növényekből nyerhető biomassza eredetű folyékony hajtóanyagok évről évre újratermelhető potenciális készletei, elsősorban az e célra rendelkezésre bocsátott területek nagyságától függ. Átlagos hozamokat feltételezve, a jelenleg Európában nehezen értékesíthető élelmszerfelesleget termelő mintegy 8-10 millió ha földterület energetikai célokra történő hasznosítása révén, a régió élelmszerellátásának veszélyeztetése nélkül mintegy évi 10-50 millió tOE biomassza eredetű folyékony motor hajtóanyag termelhető meg.

Összegezve az elmondottakat, az agrárszektorok összes biomassza eredetű energiahordozó termelési potenciálja az európai FAO tagországokban mintegy évi 140 millió tOE-re tehető, ami közel négyszerese az agrártermelési ágazatok fosszilis energiahordozó szükségletének, és a régió összes energiefelhasználásának mintegy 10% -át teszi ki. A potenciális készletek maximális kihasználása esetén a biomassza eredetű energiaforrások, a régió fűtési célra jelenleg felhasznált folyékony energiahordozó felhasználásának mintegy 44%-át, az összes motorhajtóanyag felhasználás 15%-át helyettesítené.

Mindezek alapján *Marosvölgyi* feltételezi, hogy a távoli jövőben, a termesztési célok, a termelési profilok és technológiák jelentős, módosítása révén az agrárágazatok a teljes mértékű energia-önellátásán kívül nettó energiatermelő ágazatokká alakíthatók át. A környezetbarát, tiszta, úgynevezett zöld energiaforrások termelése és felhasználása jelentős mértékben hozzájárulhat a fenntartható mezőgazdasági termelés és vidékfejlesztés megalapozásához, illetve a zárt CO₂ ciklussal jellemezhető biomassza eredetű hajtó- és tüzelőanyagok mind szélesebb körű elterjesztése révén az egyes mikro- és makro-régiók környezetszennyezési problémáinak megoldásához.

Az első olyan elképzelés, amely nemcsak a melléktermékek feldolgozását, hanem úgymond iparszerű mezőgazdasági energiatermelés koncepcióját körvonalazta, az

1992-es Biomass for Energy, Industry and Environment Konferencián került publikálásra. A Concept of Energy Plant Farm című előadás akkor még sok vitát váltott ki, és nagyon futurisztikus elképzelésnek bizonyult. *El Bassam és Dambroth (1992)* koncepciója szerint a biomassza-energia rendszerek két útja képzelhető el:

- a) A biomassza anyag közvetlen elégetése, ipari felhasználás útján hő vagy elektromos áram termelése;
- b) Olyan biomassza anyagok előállítása, amelyek C és H tartalma magas, N és O tartalma pedig alacsony, üzemanyagként használhatók fel.

A biomassza feldolgozása mikrobiológiai, termikus, kemotermikus és egyéb módszerekkel valósítható meg megújuló energiahordozókká. A koncepció az (a) variáns esetében a leginkább számításba jöhető növényekként a Miscanthus fajokat, az olasz nádakat és az energiagabonákat nevezi meg. A (b) típusú biomassza-energia átalakító rendszerek esetében szóba jöhető növények a szerzők szerint, csicsóka, kukorica, repce, napraforgó, édes cirok. A növényekkel kapcsolatban a szerzők hangsúlyozzák, hogy az első esetben, potenciális növényként, leginkább a magas cellulóztartalmú fajok képzelhetők el.

Egy FAO-nak készült tanulmányban *El Bassam (1996)* az egész európai régióra vonatkozólag meghatározta a potenciálisan termelhető növényeket. Növénycsoportonként adta meg azoknak a növényeknek a listáját, amelyek adott helyen energetikai természetű szempontjából számításba jöhetnek. A listában a szántóföldi növényeken kívül évelő fűfajok és energetikai fajok is szerepelnek.

Az Energy Plants Species (Energianövény Fajok) című könyv szerzője, szintén a már az előzőekben említett *N. El Bassam*, aki könyvét főként farmereknek, mezőgazdasági szakembereknek szánja. A könyv a Braunschweigi Agrárkutató Központ eredményeire és különböző EU-s kutatásokra támaszkodik, mintegy 73 energetikai szempontból potenciálisan nevezhető növényt dolgoz fel, illetve határozza meg termesztetőségük feltételeit Európa és a Világ viszonylatában.

Ma az energianövények kutatásának legjelentősebb színterei, a különböző EU-s kutatási programok, melyek nagy előnye, hogy „átlépi” az Unió határait is. Négy nagy olyan programcsoportot különböztethetünk meg, amelyek közvetlenül a témakörhöz kapcsolódnak: *FAIR*, *JOULE*, *THERMIE* és az *AIR* programok. A programokat elemezve 62 db olyan projektet találtam az 1994-es évtől kezdődően, amelyek a biomassza előállításával, konverzióval vagy a feldolgozás kérdéseivel foglalkoztak, illetve folyamatosan foglalkoznak a jövőben is. Véleményem szerint ezen programok eredményei lehetnek mérvadóak hazánk biomassza felhasználására vonatkozóan is. Mint azt az előzőekben már említettem, a projektek hatósugara kiterjed szinte az összes európai országra, amely révén teljes körű, megbízható eredményekre lehet számítani. Ez azért nagyon fontos mert, egy-egy ország saját kutatásainak menedzselésére, főleg ha a környezeti hasznosság a fő cél, nem tud ekkora összegeket áldozni. A különböző projektek átlagos költségvetése 250-300 ezer EUR, amely kettő, három, esetleg négy évre oszlik el. Nagyon fontos ezeknél a kutatásoknál, hogy részeredményeiket, eredményeiket mindenki számára hozzáférhetővé teszik, így bárki számára felhasználhatók.

Az Italian Biomass Association (*ITABIA*) az Unió kutatási programok eredményei alapján, az EU-ban az energianövényekre vonatkozó fő kutatási témáknak a következőket nevezte meg:

- különböző környezeti feltételek mellett, milyen fajok és művelési eljárások kiválasztása az optimális;
- különböző szaporítási, ültetési eljárások kifejlesztése;
- minimális művelési eljárások bevezetése a különböző energianövények termesztése esetén;
- gazdaságos módszerek kidolgozása a gépi betakarításra, feldolgozásra és a biomassza raktározására;
- a biomassza növények talajtermékenységre gyakorolt hatásával kapcsolatos tanulmányok készítése;
- a biomassza növények környezetre gyakorolt negatív és pozitív hatásai.

A kutatások tárgyaként az *ITABIA (1999)* a következő növényeket ajánlja Európában:

- Egyéves növények közül: rostcirok, rostmályva (kenaf);
- Élőlő fűszerű növények: kárdi, kínai nád (*Mischantus*), olasz nád, csicsóka;
- Élőlő fajok: fekete akác, seprűcirok, eukaliptusz, fűz és nyár.

Az egyéves növények előnyei között főleg azt emelik ki, hogy termesztésük nem igényel nagy beruházásokat, illetve művelésük nagyon hasonló az élelmiszernövényekéhez. Így a farmerek könnyebben elfogadják, megszokják művelésüket. Az élőlő fűfajok és intenzív fafélék között nagyon sok a hasonlóság. Az ültetés költségei mindkét típusnál igen magasak, mivel a rizómákkal, palántákkal, hajtásokkal való szaporítás igen drága, ugyanakkor a farm működtetése szempontjából az is nagyon jelentős, hogy több évre lefoglalják a termőföldet. Ezzel szemben a növények ültetvényei telepítés után, éveken keresztül alacsony költséggel fenntarthatók. Mindkét növénytípus esetében kijelenthető, hogy a környezeti terhelés alacsonyabb, mint a hagyományos termesztés esetében. Azonban fokozottan érvényesül ez az élőlő növények esetén, mivel ezek igénye a kemikáliákkal és műveléssel szemben évről évre alacsonyabb.

Carruthers (1998), aki az egyik vezető angol agráregyetem professzora (kutatócsoportjának eredményei alapján), az Európában energetikai célra felhasználható növények közül a következőket jelölte meg legfontosabbakként:

- napraforgó,
- cirokfélék,
- nádfélék,
- kárdi,
- csicsóka,
- kínai nád,
- spartina fajok,
- fűz és nyár,
- olajrepce,
- zöld pántlikafű,
- etióp mustár.

Véleményük szerint, az energetikai növények közül, a kutatások eredményei ezen növényfajok energetikai termesztést támasztják alá Nyugat-Európában. Azonban az is nyilvánvaló számukra, hogy a klimatikus adottságok, környezeti feltételek, termesztési hagyományok miatt, ez a növényi sor még kiegészülhet jó néhány valóban hasznos növényfajjal. Az elmúlt években bizonytalanság tükröződött a szakemberek véleményében arra vonatkozólag is, hogy az energianövények milyen besorolás alá esnek. Az

élelmiszer-növény és ipari növény kategóriák ugyanis már nem kielégítőek, így a „NON-FOOD növények” lett az a kategória, amely az energianövényeket is magába foglalja. Ez tulajdonképpen az ipari növények kibővített csoportját jelenti, de nem igazán célszerű az összevonás, mivel az energianövények termesztésének alapvető céljai (környezeti, társadalmi problémák megoldása) nem azonosak az ipari növényekével.

Minden esetre a „*Gmundeni Nyilatkozat*”, amely a „Növények a Zöld Iparért” (Crops for a Green Industry) című konferencián 1998 októberében került megfogalmazásra, az energianövényeket és ipari növényeket együtt kezelendőnek fogalmazta meg a jövőbeni célkitűzéseket. A Nyilatkozat, amelyet a legutóbbi össznemzeti kinyilatkoztatásnak tekinthetünk, a X. Európai Biomassza Konferencia (Biomass for Energy and Industry – 10th European Conference, Würzburg) által kijelölt irányelveken alapulva fogalmazza meg a témát érintően a jövőbeli teendőket. Néhány olyan fontosabb részletet szeretnék kiemelni ezek közül, amelyek hazánk megújuló energiapolitikájára is hatással lehetnek ([www.nf-2000.org/secure/Crops/Energy alapján](http://www.nf-2000.org/secure/Crops/Energy_alapjan)):

1. A mezőgazdaságra és az erdészetre vonatkozó irányelvek közül:
 - politikai és gazdasági kereteket kell teremteni a megújuló nyersanyagok széles körű felhasználásának, amely sokkal határozottabb fellépést igényel az agrárpolitikusok részéről, mint eddig;
 - a jövőben sokkal jobban kell koncentrálni a „non-food programok” elindítására és széles körű kiterjesztésére Európa szerte;
 - feltétlenül szükséges nagyobb lökést adni a lehetséges beruházásoknak és reklámoknak, illetve népszerűsítő akcióknak;
 - 2010-re a megújuló energiaforrásokból 130 millió tOE hő, elektromos és üzemanyag előállítását irányozták elő az EU-ban.
2. A foglalkoztatásra vonatkozólag:
 - jelenleg az EU-ban 18 millió munkanélküli található, melyeknek egy része a megújuló energiaforrások fokozottabb termelése révén, úgymond „felszívható” lenne. Az ehhez kapcsolódó agrár és erdészeti foglalkoztatás, szállítás, kereskedelem, ipari feldolgozás több, mint 500 ezer új munkahelyet teremtene az Európai Unióban, és körülbelül 350 ezret a környező országokban;
 - nagyon gyorsan szükséges tehát olyan tanulmányok elkészítése a foglalkoztatásra vonatkozóan, amelyek regionális szinten határozzák meg a lehetőségeket az EU-ban és az EU-n kívül.
3. Az energiafelhasználással kapcsolatban:
 - az externális költségek internalizálása az energia és a szállítási szektorokban;
 - a különböző nemzeti programok összehangolása a célok hatékonyabb elérése érdekében;
 - a különböző modellek gyakorlati megvalósítása és azok gazdasági, ökológiai kiértékelése.
4. A kutatás, fejlesztésre vonatkozóan:
 - az ide vonatkozó alap és alkalmazott kutatások pénzügyi kereteinek növelése;
 - a megújuló nyersanyagok ökológiai, társadalmi, ökonómiai hasznosságának teljes körű tisztázása;
 - megfelelő elméleti alapot kell létrehozni a különböző gyakorlati megvalósításokhoz, a standardizálás és a mérnöki eljárások vonatkozásában is.

Végül szeretnék néhány olyan Uniók kutatásról szót ejteni, amelyek az 1999-es évtől kezdődően indultak két, három éves lefutással. A projektek címei és célkitűzései talán némiképp érzékeltetik, hogy jelenleg honnan-hová tart az európai megújuló forrásokkal foglalkozó szakmai élet.

Az angol *Hollingdale* vezette, „Bioenergia-piac kialakítása Közép -Európában” (Development of a bioenergy market development plan for central Europe) elnevezésű projekt azért fontos számunkra, mert jelentős részt képvisel benne az 1999-ben Budapesten megrendezésre kerülő konferencia is, melynek címe: First EC Bioenergy Market Strategy Conference for CEC (Az Első EU-s Bioenergia-Piac Konferencia Közép-Európában). A projekt fő célkitűzése, hogy a Nyugat-Európai Biomassza Energia Hálózatba bevonja a Kelet-Európai országok kormányait, intézeteit, kereskedelmi vállalkozásait, egyetemeit stb.

Hazánk Európai Unióhoz történő csatlakozásának előkészítése már köztudottan folyamatban van, a biomassza felhasználásának lehetőségeiről is készült már a közelmúltban egy tanulmány. *Sági Ferenc (1998)* által, az energianövényekről és a biomasszáról készített összefoglaló jól tükrözi hazánk felzárkóztatásának jövőbeli lépéseit, amely a „Mezőgazdaságunk útja az Európai Unióba” című témadokumentációs sorozatban jelent meg.

Egy másik FAIR projekt, amelyet *Reinhardt* professzor koordinált az 1999-2000-es években, főleg annak megállapítására törekszik, hogy Európában mely bio-energia-hordozók alkalmazása a leggazdaságosabb, ha a környezetvédelmi és a gazdasági szempontokat együtt mérlegelik. Nyolc országból vesznek részt a projektben, melynek segítségével reprezentálni kívánják az EU közösséget, főként a bioenergia termelési és üzemanyag felhasználási oldalról. A projekt címe: Bioenergy for Europe: which one fit best? A comparative analysis for the community.

A harmadik nagyobb jelentőségű kutatás, amelyet az ide tartozók közül szerettem volna még kiemelni, és a „Gmundeni Nyilatkozat” célkitűzéseihez a legszorosabban kapcsolódik, a Szilárd Bioenergiahordozók Standardizálása Európában (Standardization of solid biofuels in Europe) címet viseli. A projekt vezetését a stuttgarti *Kaltschmitt* végzi, aki a 2000-es év végére el szeretne volna érni, hogy a különböző országokban folyó kutatások eredményei egymással korrekt módon összehasonlíthatók legyenek, és a különbözők technológiai megoldások egységesen alkalmazhatóvá váljanak Európa szerte.

Mivel az energianövények termesztése és feldolgozása sokkal szorosabban összekapcsolódik mint az élelmisznövényeknél, ezért úgy gondoltam az ide vonatkozó technológiák bemutatásának rövid összefoglalója mindenképpen szükséges az energianövények termesztésével kapcsolatos részek tárgyalása előtt. A következő részfejezetekben az energiahordozók típusait, illetve a különböző hasznosítási formákat szeretném bemutatni. Nem törekedtem a teljesség igényére a kidolgozásnál, inkább arra helyeztem a hangsúlyt, hogy a kutatási irányokat, a még nem ismert technológiákat mutassam be. Ezt azért tettem, mert nagyon nagy mennyiségű szakirodalom foglalkozik például a repceolaj kérdéskörével, vagy a különböző brikettálási technológiákkal. Ezek részletezésére sajnos terjedelmi okok miatt nincs lehetőség a dolgozatban. Nem feledkeztem meg azonban teljesen róluk, de mindössze említés szintjén szerepelnek a különböző részletek feldolgozásánál.

2.2.1. Bioenergia-hordozók és alapanyagaik

Az európai és egyéb iparosodott országokban, az üzemanyagokra vonatkozó kutatási és fejlesztési munkák jelenleg olyan technológiákra koncentrálnak, amelyek szükségleteik biztonságos ellátása, és a jövőbeli piac szempontjából a legfontosabbak. Nagy jelentősége van annak is, hogy ezek a technológiák – minimális módosításokkal – alkalmazhatók a mediterrán régió kevésbé fejlett részein, illetve a Harmadik Világban is. Ezért feltételezhető nagy valószínűséggel, hogy a „megújuló energia” és technológiai környezete növekvő szerepet játszik a jövőbeni együttműködési tervekben, a régiók közötti export piacon, az iparilag fejlett, fejlődő és elmaradott országok között egyaránt.

Grassi és Bridgewater már 1992-ben rámutatott arra, hogy biomasszából a hagyományos és modern folyékony üzemanyagok teljes sora nagyüzemileg is előállítható, termokémiai eljárással, extrakcióval, szintézissel vagy a termék valamilyen feljavításával. Rövidtávon nagy jelentőséggel bíró, gázalapú energiaellátó rendszerek kifejlesztése a közelmúltban már szinte mindenhol megvalósult, (Európában, Amerikában és Ázsia egy részén). A hidrogén, metanol, ammónia és bio-üzemanyagok segítségével történő energiaellátás a hosszabb távú célkitűzések között szerepel.

A biológiai átalakítás technológiái az enzimikus és mikrobiológiai folyamatokon alapulnak, amelyekben pl. az előállított cukrot alkohollá vagy a kémiai iparban, illetve más folyékony üzemanyag előállításában hasznosítható „oldószerre” lehet alakítani. Élesztő alapú fermentációval pl. cukorból vagy keményítő tartalmú növényekből, desztilláció közbeiktatásával könnyedén nyerhetünk etanolt. Szilárd és folyékony hulladékok együtt vagy külön-külön is felhasználhatók metán (biogáz) fejlesztésére anaerob baktériumok segítségével. Az olajtartalmú növények pedig a legegyszerűbb fizikai, kémiai eljárások (extrakció, észterifikáció) segítségével válhatnak energiaszolgáltatóvá. Más energia-konverziós technológiák a ligno-cellulózban gazdag biomasszák átalakítására koncentrálnak. Ezek lehetnek tömörítés (pl. szilárd tüzelőanyagoknál), cseppfolyósítás (bio- olaj, metanol), gázosítás (szintézis gázok, hidrogén), hidrolízis (metanol) és porítás.

A következő alfejezetekben néhány részletesebb adattal szeretnék szolgálni, melynek célja, hogy bemutassam az üzemanyag, illetve tüzelőanyag előállításának jelenlegi legmodernebb, és jövőbeli lehetőségeit.

2.2.2. Etanol

A nyers növényi anyagokból való alkoholnyerés régi tradíció a mezőgazdaságban. A különböző mezőgazdasági termékekből nyert cukor fermentációja alkohol készítésre, majd desztillálása ma már jól megalapozott kereskedelmi technológia. Alkoholt hatékonyan előállíthatunk más, keményítő tartalmú alapanyagokból is (pl. búza, kukorica, burgonya, manióka stb.). A keményítő hidrolíziséből nyert glükóz is fermentálható alkohollá. A mezőgazdaságban keletkező cellulóz tartalmú biomassza célirányos felhasználása alkohol előállítására még nem terjedt el a gyakorlati életben. A cellulózhasznosítás technológiája fa, maradékanyagok és hulladékok feldolgozására korlátozódik. A lignocellulózból üzemanyag/etanolt előállító technológiák már ismertek. A kihí-

vás ma az, hogy ezeket az egyedi technológiákat nagyobb vagy kereskedelmi mennyiségben előállítani képes üzemben gyűjtsük össze. Ezen üzemek nyersanyagaként már eleve sok melléktermék, fahulladék és maradékanyag áll rendelkezésre, amelyek valószínűleg alacsonyabb áron fognak cellulózt szolgáltatni, mint a különböző energomezőgazdasági termékek. A mezőgazdasági eredetű alapanyagok előállításának célja végső soron az üzemek ellátásának komplexé tétele, maximális kihasználtságának biztosítása lesz.

A bio-etanol kiindulóvegyülete, az acetone-butanol-etanol (ABE) fermentáció fejlesztésére vonatkozó fejlesztések középpontjában a hyper-amyloolitikus és hyper-cellulolitikus klosztridium törzsek vizsgálata áll. Ezen törzsek biomassza→butanol átalakító képessége magasabb szintű. A kinemesített törzsek 55-65%-kal több butanolt képeznek, mint az régen ismert „ősi” törzsek.

A kísérleti eredmények megerősítik a törzs, úgymond stabilitását, illetve feltételezik, hogy jelentős gazdasági előny származhat felhasználásuk révén a bio-etanol készítésben.

A bioetanol üzemanyagként való felhasználásának különböző lehetőségei vannak:

- közvetlenül, dehidratálás nélkül speciális vagy módosított motorokban (Brazília, Svédország);
- különböző arányban keverve benzinnel (Brazília: 22% alkohol + 78% benzin; USA: 10% alkohol+ 90% benzin);
- etil-B-butil éterre (ETBE) való átalakítás után, éter üzemanyagadalékként.

Az első esetben nincs szükség dehidratálásra, míg a keverékekben és az ETBE előállítása során tiszta etanol szükséges. Az ETBE készítésnél az abszolút alkohol használata, és csak nagyon alacsony szennyezettségi szint engedélyezett. Az ETBE egy olyan éter, amely a bio-etanol és az izobutilén közötti katalitikus reakció eredménye. Nagyon hasonlít az MTBE-hez, amely bio-etanol helyett metanolból készül, és a legismertebb éter üzemanyag. Nagyon régóta használják már a világban, Európában 1973-ban került bevezetésre mint benzin adalék.

Az acetone-butanol-etanol lehet tehát a bio-hajtóanyag készítés egyik alapanyaga, ami azt jelentené, hogy ez tenné ki a kisebbik, az olajnövényekből származó olaj pedig a nagyobbik részt az „bio-üzemanyag” palettán. Az európai szabályozás a bio-etanol üzemanyagba való közvetlen keverését 5%-ig, ETBE esetében pedig 15%-ig engedélyezi egy 1985-ös rendelkezés alapján. Az Európai Unió Altener Programjának egyik célkitűzése az, hogy 2005-ig az üzemanyagok piaci részesedésében, a bio-üzemanyagok minimum 5%-ot tegyenek ki. Azonban tény az is, hogy az olajvállalatok illetve az autógyárak számos európai országban nem szimpatizálnak a bio-etanol keverékek bevezetésével. Ennek egyik oka a víztolerancia hiánya és az illékonyosság, mely az üzemanyag kezelésével kapcsolatban lép fel. A másik ok, hogy a keverékek árusításánál minden esetben tájékoztatni kell a vásárlót arról, hogy mit tartalmaz az üzemanyag abban az esetben, ha a hagyományostól eltérő összetételű. A kutaknál elhelyezett vevő-tájékoztatók nem hozták meg a várt hatást, az új termék iránt szinte alig volt érdeklődés. Így ez a francia próbálkozás néhány hónap múlva véget is ért.

Az olaj-vállalatok és autógyári cégek érdeklődése azonban ennek ellenére is megmaradt az ETBE iránt, mivel bebizonyosodott, hogy az ETBE nagyon hasonló, sőt bizonyos tekintetben jobb tulajdonságokkal rendelkezik, mint az évek óta használt MTBE.

Az ETBE-nek magasabb az oktánszáma, alacsonyabb az oxigéntartalma, illetve kisebb a Reid-féle gőznyomása is. A legtöbb MTBE-t is gyártó visszajelzése szerint, akármikor megkezdődhet kereskedelmi mennyiségben az ETBE gyártására, mivel csak csekély technológiai módosítás szükséges a váltáshoz. Az akadály tehát az elegendő alapanyag (bioalkohol) hiánya, illetve az eladás és a fogyasztók tájékoztatásának megszervezése. Az alapanyaghiány, amely lehetetlenné teszi a gyártást, csak a bio-alkohol nagymennyiségű mezőgazdasági előállításával lenne leküzdhető.

Az ETBE-vel kevert benzin üzemanyagok előnyei a következőkben foglalhatók össze:

- a magas oxigéntartalom csökkenti a CO emissziót;
- az alacsony gőznyomás csökkenti a szennyező ózon keletkezését;
- oktánszám emelése révén, csökkenti a más, aromás alapú (pl. benzolok), rákkeltő oktánszám növelők használatának szükségességét.

Komolyabb kísérleteket két olajipari vállalat, a francia „ELF” és az „ACRO” végzett 1995-ben. A kutatások olyan biztatóak voltak, hogy az ELF még ebben az évben megkezdte az ETBE ipari méretű előállítását, illetve megoldotta az MTBE maximális helyettesíthetőségét. Ezekről az oxidált benzin adalék anyagokról (ETBE, MTBE) még annyit kell tudni, hogy egyrészt megfelelnek az üzemanyagokkal szemben támasztott oktánszám követelményeknek, másrészt benzinnel keverve számos előnyt jelentenek a környezetkímélés szempontjából. Nagymértékben csökkentik a CO emissziót, és az el nem égett szénhidrogének mennyiségét. Véleményem szerint ezekre az oxidált benzin adalékokra nagyon nagy igény lesz Európában és Amerikában is, ha meg akarjuk valószínűsíteni a levegő tisztán tartására vonatkozó elképzeléseinket

2.2.3. Olajok

A növényi olajok és zsírok – ellentétben az egyszerű glükóz és fruktóz egységeket felépítő CHO-kal – molekulaszervezetüket tekintve számos változással jellemezhetők, amelyek révén energetikai szempontból is értékesebbnek nevezhetők. Ezen növények nemesítése és termesztése szempontjából az elsődleges szempont mindig a hektáronkénti legmagasabb olajhozam elérése volt, háttérbe helyezve a minőségi szempontokat. (Meggjegyzendő, hogy a különböző növényi olajok tüzeléstechnikai tulajdonságai nagyban eltérnek egymástól, pl. ha a telített vagy telítetlen zsírok arányát, vagy a zsírsavak lánchosszúságát vesszük figyelembe, már beszélhetünk a növényi olajok minőségi különbözőségéről.)

A növényi olajok a gliceridek közé tartoznak, azaz a glicerinnel a zsírsavakkal képzett észterei. Egy-egy növényi olaj többféle gliceridet, vagyis a glicerinnel a különböző szénatomszámú zsírsavakkal alkotott vegyületeit is tartalmazza (2. táblázat). A különböző kémiai folyamatokban rendszerint ez a gliceridek és a zsírsavak közötti észterkötés felszakad, ez történik az égetés folyamatában is. Abban az esetben, ha már égetés előtt sikerült ezeket a kötéseket megszüntetnünk – pl. metil-észterezéssel – akkor sokkal nagyobb teljesítményt, vagy fűtőértéket kapunk. Nagyon fontos a tulajdonságok szempontjából, hogy hogyan alakul a kettős kötések száma, az olajainkat felépítő zsírsavakban.

A hosszú telített láncú zsírsavak a legjobbak, a kevés kettős kötés jó éghetőséget jelent. Krakolással a hosszú telített láncok alakíthatók át jól oktánná (amely az üzem-

anyag felhasználás szempontjából a legoptimálisabb vegyület). Ebből a szempontból a legkedvezőbb tulajdonságokkal az erukasav rendelkezik: $C_{22}H_{42}O_2$. Huszonkettő szénatomot és mindössze egyetlen kettős kötést tartalmaz. Az egy kettős kötést tartalmazó sav aránya a repceolajban az 50%-ot is elérheti.

Viszont az ilyen repceolaj étkezésre nem használható, mert növekedésgátló és szívizomkárosító hatása van. Ezért a nemesítőink már évtizedek óta csak olyan fajtákat nemesítenek ki, amelyeknek kicsi, vagy nincs erukasav tartalma. Így keletkezett pl. a CANOLA is, amely C_{22} helyett C_{18} -as, vagyis csak 18 szénatomot tartalmaz, és ugyanúgy egyetlen kettős kötést. A $C_{22:1}$ és a $C_{18:1}$ tüzeléstechnikai vagy motorteknikai szempontból való összehasonlítása után egyértelműen kijelenthető, hogy nem volt szerencsés a nemesítés, az „ősi repce” olaja 10-30%-kal jobb tulajdonságokkal rendelkezik mint utódja. (2. táblázatban látható, mekkora arányban van jelen a növényi eredetű üzemanyagokban a $C_{18:1}$).

A növényi olajok üzemanyagként való felhasználása nem új keletű dolog, már ősidők óta használják tüzelésre és világításra. A dízel motor feltalálója, Rudolph Diesel egyik motorjának hajtásához már az 1900-as Párizsi Világkiállításon mogoró olajat alkalmazott. Rudolph Diesel, egy 1912-ben megjelent könyvében így írt: „A növényi olajok motor hajtóanyagként való alkalmazása jelentéktelennek tűnhet ma, de idővel az ilyen olajok olyan fontosak lehetnek, mint a petróleum, vagy egyéb széntermékek jelenleg”.

Világszerte több, mint 280 olyan növényfajt ismerünk, amelyek több-kevesebb olajtartalommal rendelkeznek magjaikban, gyümölcsükben, gumójukban vagy gyökereikben. Az olaj a magvakból sajtolással, mechanikus préseléssel, előmelegítéssel vagy anélkül vonható ki. Előmelegítéssel a préseléssel az olaj 95%-a, melegítés nélkül lényegesen kisebb mennyisége (60-70%) nyerhető csak ki. Az oldószeres extrakció az olajkinyerés leghatékonyabb és legköltségesebb módja. A magvakból az olajtartalom közel 99%-a nyerhető így ki.

A dízelmotorokban való felhasználás esetén szükség van a nyers növényi olajok finomítására. A legszélesebb körben elterjedt nézet, hogy a bio-üzemanyagot kell a mai dízelmotorokhoz igazítani, nem pedig fordítva. Annak érdekében, hogy a növényi olajok megfeleljenek a dízelmotorok elvárásainak, valamilyen szintű módosításra van szükség. A mai gyakorlat számára az észterifikálás technológiája a legelérhetőbb, és leginkább kidolgozott, mellyel számtalan kutatás és kísérlet foglalkozott az elmúlt években. Ennek eredménye, hogy Németországban 1998 végére, már 900 üzemanyag-töltő állomáson lehetett biodízelolajat (repce-metilésztert) tankolni.

(Ez az üzemanyag már nem károsítja a motorokat, talajba kerülve három hét alatt biológiailag lebomlik, és ami a legfontosabb, három pfenningel olcsóbb, mint a hagyományos üzemanyag. Ez azért lehetséges, mert megújuló energiaforrásként nem terheli adóteher. Német szakemberek véleménye szerint a német dízelolaj-felhasználás maximum 5%-át lehet biodízellel fedezni, mivel a mennyiség további növeléséhez hatalmas területeket kellene repcével bevetni. Erre a mezőgazdaság feltehetőleg nem lesz hajlandó.)

Az észterifikáció – a növényi olajok üzemanyaggá alakításának legismertebb módszere – folyamán tehát, a metil-észterek (RME – repce-metil-észter; SME – napraforgó-metil-észter) és glicerin jelenik meg a folyamat végén. A folyamat lényege, hogy a nö-

vényi olajokat alkohollal (metanol) és katalizátorokkal (vizes NaOH vagy KOH) észterre alakítjuk.

2. táblázat. Repcetermékek finom molekulaszervezetei zsírsavak szerint (Forrás: Farkas F., 1993.)

Szénszám – telítetlen kötések száma	Repceolaj natúr%	RME (Győr) %	RME (osztrák) %
C 14:0	–	–	0.12
C 15:0	–	–	0.04
C 16:0	4.4	3.98	5.79
C 16:1	–	0.22	0.33
C 17:0	–	0.07	0.06
C 18:0	–	1.76	1.76
C 18:1	60.5	55.63	58.09
C 18:2	19.2	19.36	21.83
C 18:3	9.4	7.88	9.04
C 20:0	–	0.75	0.59
C 20:1	2.0	8.36	1.52
C 22:0	–	0.46	0.31
C 22:1	3.3	0.68	0.29
Telített molekulák	–	7.05	8.63
Egy kettős kötésű molekula	–	64.88	60.22
Két kettős kötésű molekula	–	19.36	21.83
Három kettős kötésű molekula	–	7.88	9.03
Összes telítetlen molekula	–	92.12	91.8
Telítetlen/Telített arány	–	13.07	10.5

Az olajban levő triglicerid molekula másik, kevésbé közismert lehetősége a „krakkolós eljárás”. A krakkolás hatására keletkező termékek sajnos nagyon egyenetlenek és inkább a benzín helyettesítésére szolgálnak. Az eljárást széles hőmérsékleti tartományban kell végezni, ezért a költségek számottevőek, illetve az átalakítási veszteség is jelentős. Ezek a negatív tényezők az alacsony hatékonysággal párosulva csökkentették a „krakkolós eljárás” iránti érdeklődést.

Egy harmadik, kevésbé ismert módszer a triglicerid molekula átalakítására, a VEBA-eljárás. Az ásványi olaj különböző, hagyományos üzemanyaggá (benzín, dízelolaj, propán, bután) való finomítása során max. 20% repcemag olajat adnak a vákuum párlatához. A növényi molekulák ekkor elszakadnak egymástól. Ezután a keveréket hidro-

génnel kezelik. A létrehozott molekulák nem különböznek a hagyományos üzemanyag molekuláitól. A VEBA-eljárás előnye, hogy nem képződik glicerin melléktermék, és a keletkezett üzemanyag nem különbözik a standardizálttól. Ugyanez hátrányként is megemlíthető, mivel ezáltal megszűnik biológiai lebonthatósága. Jelentős költségnövelő tényező a folyamatban a magas H_2 fogyasztás is.

Hazánkban az észterifikálás mellett, egy-egyszerűbb eljárás kifejlesztésén is dolgoztak az elmúlt években. A Gödöllői Agrártudományi Egyetem Gépészmérnöki Karán, Dr. Vas Attila professzor vezetésével folytak kutatások. A kísérletek célja az volt, hogy házilag, drága észterifikáló berendezések nélkül állítsanak elő, a dízelmotor üzemeltetésére alkalmas üzemanyagot.

Az eljárás lényege röviden a következő. Hidegen sajtolt repceolajat 24 órán keresztül vizes-levegős kezelésnek vetettek alá. A kezelés után nyert szuszpenziót üleptették. Az üleptés során, az alsó vizes fázisban piszkos szürke színű csapadék vált ki. Ez a csapadék nem oldódott, viaszzerű volt, és melegítés hatására megkeményedett. Feltételezik, hogy ez a nagymolekulájú zsírsavakból álló vegyület felelős elsődlegesen a motor és az égőfejek károsításáért. Az olajat és az üledéket centrifugálással lehet elválasztani egymástól. Az eljárás során négy frakciót nyerünk, olaj, glicerin, víz és a szürke üledék. A biodízel elvileg közvetlenül felhasználható, mindössze a nagy sűrűség miatt 10-15% petróleumot ajánlott hozzá keverni. Véleményem szerint az eljárás nagyon figyelemre méltó, a kutatások folytatása jelentős eredményekhez vezetne.

A nyers növényi olajok, különösen finomítás után használhatók elő-kamrás (indirekt-befecskendezéses *DEUTZ*-motor), örvénylő-kamrás (*ELSBETT*-motor) dízel motorokban, vagy egyszerűen csak dízel üzemanyaggal keverve. Nyers növényi olaj nem használható befecskendezéses dízel motoroknál, amelyeket szabványos traktorokban és autókban alkalmaznak, mert néhány órás működés után kokszosodás lép fel. Kis mennyiségű növényi olaj hozzáadása lehetséges az üzemanyaghoz minden dízelmotor esetében, de hosszútávon így is növekvő berakódást okoz a hengerben.

A legújabban kifejlesztett dízelmotor – az Elsbett-motor – a duotermikus égési rendszer elvén működik. Egy speciális kamrában, turbulenciásan nyers növényi olajat éget el. Egy másik motor (Deutz-fejlesztés) szintén a turbulencia elvén működik, indirekt befecskendezéssel és tisztított (észterezett) növényi olajat felhasználva. Ennek fogyasztása 6%-kal nagyobb ugyan, mint más dízelmotoroké, de bizonyítottan erős és megbízható.

Más források szerint az örvénylő-kamrás indirekt befecskendezéses dízelmotorok fogyasztása 10-20%-kal nagyobb, mint az összehasonlításként használt hagyományos szabvány dízelmotoroké. Egy új fejlesztésű John Deer „Wankelmotor” viszont már univerzális tervezésű, és többek között növényi olajjal is kifogástalanul működik.

A növényi olajok észterifikációja tehát lehetővé teszi a növényi olajok felhasználását a használatban lévő dízelmotorokban, akár önmagukban vagy ásványi olajjal való keverés útján. Bár a növényi olajok észterinek alkalmazásánál még adódnak problémák, de az indirekt befecskendezéses motorok ma már szinte mindegyike azonnal alkalmas elégetésükre, különösebb veszteségek nélkül.

Továbbá kiegészítésként néhány magyar vonatkozású kutatási eredmény, amelyek szintén a témához tartoznak. A GATE Mezőtúri Főiskolai Karán, *Farkas (1993)* MTZ-80-as traktormotor üzemeltetésén keresztül vizsgálta az üzemanyag és a motor paramé-

tereinek változását. Néhány adat eredményei közül: a kipufogógáz elemzése során kimutatta, hogy repce-üzemanyag motor feleannyi kormot, viszont 10-12%-kal több nitrogén-oxidot bocsát ki, mint a gázolajjal hajtott motor. Szén-monoxidból és káros szénhidrogénből is 40-60%-kal kevesebb kerül a levegőbe bio-üzemanyagot használva.

A növényi olajokat nemcsak üzemanyagként, hanem pl. kenőanyag, vagy natúr tüzelőanyagként is számításba vehetjük. Kenőanyagként jól bevált az eddigi szokványos ásványolaj helyett motorfűrészeknél, hidraulikus olajként, emelő berendezéseknél, kaszálógépeknél és hókéknél.

Tüzelőanyagként a nyers repce vagy napraforgóolaj sajnos közvetlenül nem alkalmazható. Ezt árasztásos rendszerű olajkályhákban végzett vizsgálatok igazolták. Magas lobbanáspontja (180-210 °C) miatt, csak ásványi olajjal keverve égethető el. A lobbanásponton kívül, még a nyersolaj nagy viszkozitása is problémát okoz. Az égés során a folyadék felszíne nem párolog – az égést nem táplálja – ezért még az ásványi olajjal való keverésnek is szűk határai vannak. A natúr növényi olajok égésterbe porlasztása szintén nem járható út, mivel a porlasztócsúcsokat hamar eltömítik a különböző kiválások.

2.2.4. Szilárd bio-tüzelőanyagok

Négy alapvető növénycsoportot ismerünk, amelyek magas lignin- és cellulóztartalmuknál fogva alkalmasak szilárd bio-tüzelőanyaggá (bála, brikett, pellet, forgács, por stb.) alakításra:

1. Egyéves növényfajok, mint pl. a gabonafélék, álgabonák, kender, kukorica, repce, mustár, napraforgó, kanári köles stb. (egész növényként);
2. Évente aratott évelő fajok, mint pl. a *Miscanthus* és egyéb nádfajok;
3. Gyorsan növekvő fajták, mint pl. a nyár, rezgő nyár, akác, fűz stb. állandó aratási ritmussal (short rotation or cutting cycle – SRC);
4. Hosszú rotációs ciklusú fajták.

Véleményem szerint az energetikai növénytermesztés szempontjából az első két növénycsoport jelenthet perspektívát. A gyorsan növekvő nyár és fűzesek ugyan a mező- és erdőgazdálkodás határán mozognak, de főleg hazánkban, az erdészek tekintik e területet az alternatív erdőgazdálkodás egyik járható útjának.

Ezen növényekből származó nyersanyagok mechanikai kezelés vagy tömörítés, illetve egyéb átalakítás után közvetlenül felhasználhatók. A világ minden táján megtalálható biomassza nyersanyagok közül, a lignocellulózt tartalmazó fajokban rejlik a legnagyobb lehetőség.

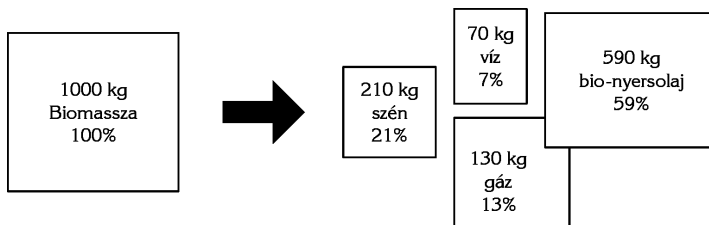
A „bioelektromos energia” előállítás fő trendjei jelenleg a kombinált energia (hő és villamos) szolgáltatás felé tolódnak el. A kisebb fűtési rendszereket leszámítva, több mint 1000 MW „bioelektromos energiát” termelnek évente az európai üzemekben hagyományos vagy modern biomassza elégetése révén. A biomasszát, amely ma elsősorban ipari és mezőgazdasági mellékterméket, valamint szilárd kommunális hulladékot jelent, jelenleg elektromos áram fejlesztésére használják hagyományos gőzturbinákban. Az Egyesült Államok biomassza felhasználás kapacitása elektromos áram előállítására több, mint 8000 MW. Bár ezek az erőművek általában kicsik (többnyire

20 MW alatt) és relatíve költségesek, mégis versenyképesek lehetnek ott, ahol az olcsó biomassza források könnyen elérhetők, és a kombinált energiaszolgáltatás (hő és villamos) megoldható. Ennek ellenére, valószínű hogy nem fognak elterjedni a közel jövőben, mivel az olcsó biomassza nem lesz könnyen elérhető egy ideig.

Kevésbé tőkeigényes és nagyobb hatékonyságú technológiák szükségesek a bősegebb, de drágább mezőgazdasági biomassza források használhatóságának megteremtéséhez. Ezalatt olyan ültetvények létrehozását kell érteni, amelyeken intenzív biomassza termelés folyik kizárólag energetikai felhasználás céljából. A gazdálkodás és az energia előállítás csak ebben az esetben lehet versenyképes. Nagyobb hatékonyság és alacsonyabb tőkeigény a gázturbinák ciklusonkénti bevonásával lenne elérhető. A jelenlegi fejlesztések a felhasználás és előállítás optimalizálására koncentrálnak. A termokémiai gázképződéssel járó folyamatokban, szilárd biomassza nyersanyagokból, metanol és hidrogén előállítása esetén figyelemre méltóan több energiát kapunk hektáronként, mint keményítőtől, cukorból előállított etanol vagy növényi olajok esetében. A problémát csak az okozza, hogy szilárd biomasszából, termokémiai eljárással történő metanol és hidrogén előállítás nagyságrendekkel drágább, mint a hagyományos üzemanyagoké. Létjogosultsága akkor lesz, ha az olaj ára a jövőben ezen árszint fölé emelkedik.

A lignocellulóz tartalmú nyersanyagok átalakításának legígéretesebb termokémiai technológiája a pirolízis (pyrolytic oil) vagy bio-olaj előállítás (bio-nyersolajnak is nevezik (2. ábra)). Ez az energiahordozó villám- vagy gyors pirolízis útján állítható elő, a massa tömegének maximum 80 súly%-ra vonatkoztatva. Fűtőértéke mindössze fele a hagyományos fosszilis üzemanyagoknak, de szállítható, tárolható (míg más bio-olajok csak alig) és sok olyan esetben felhasználható, ahol a hagyományos üzemanyagok csak körülményesen. Például olaj kazánokban, szárító kemencékben és esetlegesen turbinákban. Minősége feljavítható hidrogénes kezeléssel vagy más módszerekkel is, mely révén igényesebb égetőkben (gázturbinákban), és további finomítással dízel és benzin üzemanyagok adalékaként használható fel. Számptalan kiaknázatlan lehetőség kínálkozik ezeken kívül is, melyek különböző kémiai eljárásokkal valósíthatók meg.

A pirolízis (bio-nyersolaj) felhasználás technológiái gyorsan fejlődnek majd, ha magasabb hozamok, jobb minőségű alapanyagok előállítására kerül sor a jövőben. A katalitikus oxidáció és az extrakció ígéretes lehet a bio-üzemanyagok vagy más kémikáliák előállítására szilárd biomasszából. Az energiaforrás ipari felhasználása a legnagyobb horderejű terület, ezen okból kifolyólag számtalan laborban és vállalatnál folytak erre vonatkozó kutatások. Az alkalmazás ökonómiai járhatósága középszinten már zökkenőmentes.



2. ábra. A miscanthus biomassza konverziójának mennyiségi egyensúlya
Forrás: saját kutatás

A faszenet hagyományos lassú pirolízissel állítják elő, amely esetenként a villám-pirolízis melléktermékeként is keletkezik. Ipari méretekben speciális szilárd tüzelőanyagként, folyékony tüzelőként vagy aktív szén készítésére használható. A „termikus gázképzés” felhasználása elektromos áram termelésére inkább a rövid távú potenciál kihasználására alkalmas, és jelenleg a világ minden részén létező technológia. Mind az atmoszferikus, mind a nyomás alatti gázosítási technológiák szorosan kapcsolódnak a gázturbinák alkalmazásához. Még vannak ugyan problémák felhasználás és a megfelelő minőség biztosítása terén, de ezek hamarosan megoldódnak. A H_2 , metanol, ammónia, illetve az üzemanyagok pirolitikus oxidációval való előállítása a hosszabb távú célok között szerepelnek és a legnagyobb kapacitású üzemekre épülnek. Így élvezhetnek talán a legnagyobb ökonómiai előnyöket a jövőben is. A termokémiai átalakítás technológiai alkalmasak a városi hulladék kezelésére is, analóg technológiákat és kisebb változtatásokat alkalmazva nagyon hasonló végtermékeket kapunk. A hulladék nagyon olcsó nyersanyag, melynek felhasználása egyben környezeti tehermentesítést is jelent.

A szilárd biomassza tüzelőanyagok felhasználásának legegyszerűbb formája Nyugat-Európában – főleg Németországban és Ausztriában – a biomassza eltüzelése kisteljesítményű kazánokban, vagy kisebb energiaszolgáltató központokban. A speciális kazánokban brikett, pellet, forgács, bála vagy por alakra „tömörített energiaforrások” felhasználása folyik. Ezen energiahordozók legnagyobb problémája, hogy nem eléggé koncentrált formák (kis energiasűrűség, nagy térfogat), így a tárolás és az adagolás meglehetősen körülményes. A szilárd biomassza formák (brikett, pellet) energiatartalma hozzávetőleg a barnaszén energiatartalmával egyezik meg, amely kb. 15-20 MJ/kg.

Tüzeléstechnikai szempontból ezen anyagok nagy oxigén, és alacsonyabb széntartalma azt jelenti, hogy az égetés során az égési levegőigény és a keletkező füstgáz mennyisége csekélyebb, mint a szenek égetésénél. A magasabb nedvességtartalom viszont fűtőérték csökkentő, és a füstgázok elvezetésénél problémát okoz a kondenzációs jelenség miatt is. Az égési folyamat másik fontos meghatározó tényezője a tűztérbe adagolt anyag formája. Nagybálák esetében, az égés első fázisában a viszonylag kisméretű tömörség következtében rendelkezésre álló nagy fajlagos felület hatására az illógázok könnyen felszabadulnak. Erősebben tömörített anyag esetén ez a reakcióképes felület kisebb, ennek következtében az anyag meggyulladás a lassabb és nehezebben megy végbe, viszont maga az égés tökéletesebb lesz.

2.2.5. Biogáz

A biogáz összetételét nézve 60-70%-ban metánt (CH_4), és 30-40%-ban CO_2 -t tartalmaz. Szerves anyagok nedves közegben végbemenő anaerob fermentációjával keletkezik, amelyet bio-metán fejlesztésnek hívnak. Ez az eljárás főleg a mezőgazdasági termékek előállítása és az állattartás során keletkező szerves melléktermékek eltüntetésében, feldolgozásában játszik fontos szerepet. A kifejezetten biogáz termelésre termesztett növények nagyon ritkák, de azért némelyikük csak metánként hasznosítva is gazdaságosan termesztendő. A biológiai metánképzés segítségével szinte minden növény fel-

dolgozható, míg pl. a nyersanyagok égetése nagyon alacsony nedvességtartalomhoz kötött, addig a biogáz termelés természetes nedvességtartalom mellett történik (Vas, 1997). A biogáz termelésre leginkább alkalmasak a könnyen bontható, magas szénhidráttartalmú növények. *Zauner és Kützel (1986)* vizsgálatai szerint a kukorica, a kanári köles és a különböző évelő fűfajok silózás és fermentáció utáni metán-hozamai azonosak voltak. A lignocellulóz tartalmú növények kevésbé alkalmasak biogáz fejlesztésére. A zöld növények, mint pl. a pántlikafű hozamának biogáz termelésre való felhasználása szintén komplikált és költséges. Az elfogadható mennyiségű, gazdaságos biogáz termelés legfontosabb feltétele, az egész éven át folyamatos nyersanyagellátás a mezőgazdasági növénytermelés oldaláról, amely nehézkesen valósítható meg.

A biogáz fejlesztés technológiája ma nagyrészt azért épül a hulladékokra, mert a gyakorlatban a kiindulási szervesanyag mindössze 50-60%-ban bontható le, a többi elem visszamarad a szilárd vagy híg kompozstban. Így a biogázfejlesztés tulajdonképpen a hulladékhasznosítás részének tekinthető. A megtermelt biogázt a mezőgazdaság számtalan területén lehet hasznosítani, ami főleg hő- vagy villamosenergia előállításán keresztül valósul meg. Különböző helyiségek (fejőház, istálló, ketető) fűtése, melegvízellátás, terményszárítás, tejhűtés, üvegházak, fóliasátrak fűtése stb. lehetnek a felhasználás területei.

A biogáz lehetőségeit nagyban javítja, ha fűtőértékét növelik. A minőség javításában a metánon kívüli gázok eltávolítását kell megoldani, amelyet lényegében a (CO₂) tesz ki. A biogázt zárt tartályban lévő vizes közegen kell átbuborékolatni. A vizet célszerű nátrium- vagy kálium-hidroxiddal lúgosítani, így a CO₂ karbonátot alkotva visszamarad a vizes közegben. Az így nyert, szinte földgáz minőségű biogáz már robbanómotorok hajtására (benzin-dízel) is alkalmas. Így mezőgazdasági gépek, szivattyúk, a stabil géppark ellátása vagy akár személygépkocsik működtetésére is lehetséges. Egyetlen tényező gátolja csak az ilyen jellegű felhasználást, nevezetesen az, hogy a biogáz cseppfolyósításának költsége, a biogáz fajlagos üzemköltségéhez viszonyítva, annak további 50-60%-a.

Európa biogáz termelését az elmúlt évek során bekövetkezett nagyobb arányú növekedéssel jellemezhetjük. A biogáz telepek számának szaporodása főként azzal indokolható, hogy nagyon sok állattartó telep kiegészítő egységként, anaerob biogáztermelő berendezéseket működtet. Ezekre, (leginkább sertéstelepek), az jellemző, hogy nem rendelkeznek nagyobb mezőgazdasági földterülettel a telepek környékén. Így a hígrágya elhelyezésének, ártalmatlanításának a biogáz termelésben való felhasználás a legegyszerűbb módja. Ezáltal csökkenthető a telepek külső energiafogyasztása, illetve egyúttal megoldható a tenyésztés melléktermékeinek megsemmisítése is. Az eljárás azonban nagyobb mennyiségű szervesanyagot, cellulózt is igényel a megfelelő C:N arány beállításához. A szükséges szervesanyagot az állattartók alacsony költséggel termeszthető, nagy hozamú növények termesztése révén szeretnék biztosítani. Ezeket tehát biogáz energianövényeknek nevezhetjük, melyek közül a nádképi csenkesz, óriás keserűfű, szudánifű, olasz nád a legjelentősebb. Termesztésüknél a legfontosabb szempont, hogy minél nagyobb cellulózhozammal rendelkezzenek hektáronként.

2.3. (Szocio-) ökonómiai vonatkozások

Már a alfejezet címe is sejteti, hogy az energetikai célú növénytermesztés megítélése nem történhet kizárólag közgazdasági alapon. A jövedelmezőség mérlegelésénél ugyanolyan súllyal szerepelnek a tevékenység környezeti és társadalmi vonatkozásai, hatásai, mint az ökonómiai szempontok. Társadalmi hasznosságát figyelembe véve, tehát nem az a kérdés, hogy gazdaságos-e az energianövények termesztése, hanem az, hogy milyen eszközökkel tehető gazdaságossá.

Ezen alapelvből kiindulva a Holland szakemberek három kritérium alapján értékelték – szocio-ökonómiailag – az energetikai növénytermesztést:

- Az energia előállítás költségei,
- A CO₂ emisszió csökkentésének költségtényezője,
- Az egy hektárra jutó relatív munkahelyteremtés gazdasági értéke.

Biewinga és van der Bijl (1996) úgy gondolja, hogy ezen három kritériumon keresztül lehet csak ésszerűen áttekinteni az energetikai növénytermesztés sokrétű gazdasági hatását. Én viszont a kritériumrendszert kiegészíteném egy, a növények természetességére vonatkozó faktorialis.

2.3.1. Az energia-előállítás termelési költségei

Az energia növények ára az az ár, amelyet a farmereknek szükséges realizálniuk az energia növények eladása révén. Az ár a következő három elemből tevődik össze *Lawson (1995)* szerint:

1. Az energia növények termelési költségei,
2. Az a nettó árrés, amelyet a farmereknek szükséges megkapniuk, hogy versenyezzenek az élelmiszertermelésből származó bevételekkel,
3. Területtámogatások.

A termelési költségeket négy kategóriába sorolták, melyek a következő munkafolyamatokat foglalják magukba:

- telepítés költségei (magvak és dugványok ára, magágy előkészítés és vetés),
- éves menedzsment költségek (*bemeneti változó költségek*: trágyázás, műtrágyázás, növényvédő szerek; *munkaerő és gépköltségek*: trágyázás, permetezés, gyomirtás; és a termőfölddel, épületekkel kapcsolatos *fix költségek*),
- betakarítás költségei: betakarítás és tárolás, tisztítás stb.,
- gyomirtás, gyomlálás költségei: évelő növények gyökérrendszerének kezelése.

Az előbbi költségkategóriák adódnak össze a termelési költségek számítása során. Évelő növények esetében az egész termelési ciklust figyelembe kell venni, majd egy évre kiszámolni az aktuális termelési költségeket. Egyéves növények termesztési költsége értelemszerűen egy évre vonatkoztatható (ECÚ/ha/év). A szállítási és szárítási költségek azok amelyek a következő szinten növelik az energianövények árát a termelési költségeken felül. A szállítás és szárítás költségei a termelőtől (farmertől) a feldolgozó (konvertáló) egység kapujáig terhelik a terméket (ECÚ/ha v. tonna). Az energetikai termék árának végső költségnövelő faktora az a konverziós költség, amely tulajdonképpen az energiahordozó koncentrációját, felhasználható formába alakítását jelenti.

A konverzióra vonatkozó eljárások a következők lehetnek (Lawson, 1995):

1. Olaj **extrakciója** magvakból, a növényolaj metil észterezése, dízel motor üzemanyagává alakítása;
2. Alkoholos fermentáció, cukorrépából, búzából, édes cirokból stb., az etanol **desztillációja** és benzin motorokhoz való üzemanyagává alakítása;
3. Rostnövények elégetése energiatermelés céljából:
 - elgázosítás (pirolízis), kombináltan hő és elektromos energia termelése céljából (**CHP- combined heat and power generation**) 5MW teljesítményű berendezésekben brikett vagy pellett formájában,
 - elgázosítás és égetés gőzfejlesztésre és gázturbinák hajtására 50 MW teljesítményű berendezésekben,
 - 500 MW feletti hagyományos erőművekben való elégetés szénhez keverve kb. 10%-os arányban (**co-firing coal**).

Összegezve tehát, a „növényi eredetű energia” előállítása a következő költség tényezőkből tevődik össze (Biewinga, 1995):

1. Energianövény ára:
 - termelési költségek,
 - a farmerek nettó árérése,
 - szubvenció, területi támogatás.
2. Szállítási és Szárítási költségek
3. A Feldolgozás, Konverzió költségei

2.3.2. A CO₂ emisszió csökkentésének költségtényezője

A biomassa/energia konverzió egyik legfontosabb célja, az üvegházgázok emissziójának csökkentése. A CO₂ emisszió csökkentésének költségtényezője mutathatja meg az energianövények termesztésének igazi hatékonyságát. A energianövényekből származó energia felhasználása révén a környezetbe jutó CO₂ mennyiség a növények megújulásával a légkörből ki is vonódik. Ez azt jelenti, hogy biomassa energiaforrások esetében a CO₂ mérleg egyensúlyban van, esetleg negatív.

A CO₂ emisszió csökkentésének magas költsége az a tényező, amely a fosszilis energiahordozókból származó energiával szemben gazdaságossá teheti a bio-energiahordozók fokozottabb alkalmazását. Ez tulajdonképpen azt jelenti, hogy az energianövényekből előállítható bio-energiahordozók magasabb ára, a CO₂ emisszió csökkentés költségeinek hiányában kompenzálódik.

Röviden, az energia árának CO₂ emisszióra vonatkozó költségeit a következőképpen számíthatjuk ki:

1. Kiszámítjuk a CO₂ emisszió elkerülés mértékét tonnában, egy hektárra vetítve, éves viszonylatban.
2. Második lépésként kiszámítjuk az egy hektárra jutó CO₂ emisszió elkerülés értékét: a biomasszából származó energia termelési költsége, mínusz az energiatermelés pénzbeli értéke a fosszilis energiahordozók energiaértékében kifejezve.
3. Végül kiszámítjuk a CO₂ emisszió elkerülés nettó költségét tonnára vetítve, mégpedig úgy, hogy a második lépés eredményét elosztjuk az elsővel.

2.3.3. A munkahely teremtés gazdasági értéke

Kormányzati vélemények és egyéb szakmai csoportok egyaránt megemlítik a biomassza energetikai felhasználásának a foglalkoztatásra vonatkozatható pozitív hatását. A foglalkoztatás növekedése a vélemények szerint akkor valósulhatna meg optimálisan, ha a bio-üzemanyagok előállítása a háztartásokban, családi kisvállalkozások révén valósulna meg. Ezeknek a kis- és középméretű vállalkozásoknak nagyon fontos szerepe lehetne vidéki területek lakosságmegtartó képességének növelésében, és e területek folyamatos fejlődésének biztosításában.

A magas munkaerő igény természetesen nem szükségszerűen pozitív. Nyilvánvaló, ha magas költséggel állítjuk elő a bio-energiához szükséges nyersanyagot, nem biztos hogy piacképesse tehető áruvá válnak. Ebben az esetben azonban a legfontosabb szempont, a vidéki munkanélküli réteg helybentartása és bevonása a munkaerőpiacra. Ezen feltételek mellett még egy bizonyos szinten dotált munkabér kifizetése is gazdaságosabb, mint a piaci terméket elő nem állító munkanélküli segély költségtenyezője. A másik igen fontos szempont, a kötelezően ugaroltatott területek mennyiségének növekedése, amelyek betartása szintén csökkenti a felhasznált munkaerő mennyiségét.

Oegema és Posma (1994) szerint, a fosszilis üzemanyagok helyettesítése repce-metil-észterrel (RME) 30 ezer hektárra vetítve 190 újabb munkahelyet eredményezne. Ezeknél a munkahelyeknél az a legfontosabb, hogy az elsődleges szektorban keletkezzenek, növelve a mezőgazdaság aktivitását és a klasszikus foglalkoztatást. Ezen kívül munkahelyek teremődnek a szállítás és a biomassza közvetlen feldolgozása révén is.

A „British Association for Bio Fuels” szerint, 50 ezer tonna RME üzemanyag felhasználása révén 681 munkahely teremődik a farmokon közvetlenül, és 381 pedig a farmokon kívül, közvetett módon. A munkahelyeteremtés gazdasági értékének kiszámítási módszere a következő:

1. Első lépésben kiszámítjuk az energianövények termesztésének munkaerő igényét,
2. Majd az egy hektárra kiszámított teljes munkaerő igényt osztjuk a referencia rendszer munkaerő igényével.

A Holland szakemberek által számított, egy hektárra jutó munkaerő igényeket látjuk a 3. táblázatban, szántóföldi energianövények esetében.

3. táblázat. Egy hektárra jutó munkaerő igények energianövények esetében
Forrás: Biewinga és van der Bijl, 1996

Növény	Munkaerő igény óra/ha/hónap
Repce	17
Cukorrépa	36
Őszi búza	17
Cukorcirok	17
Kukorica	10
Kender	17
Kínai nád	9
Fűz és Nyár	6

A szakemberek által végzett vizsgálatok alapján készített összefoglaló táblázat, a bio-energiahordozó keletkezésének teljes vonatkozásában feltárja azokat az ökonomiai tényezőket, melyeket hat fő csoportra oszthatunk. A *termelési költségcsoportban* szereplő költségtényezők: telepítési költség, éves menedzsment költség (műtrágyák, munkaerő, gépszükséglet stb.), betakarítás, rizóma kezelés. *Járulékos költségek* között szerepel: a farmerek nettó árrese, területtámogatás, kívánt éves jövedelem. Az *előkészítési költség* pedig a szállítási és szárítási költségekből tevődik össze. Ezekon kívül a *feldolgozás vagy kovenverzió*, a *CO₂ emisszió elkerülés* és a *munkahelyteremtés* gazdasági mutatóit szükséges számításba vennünk.

A 4. táblázatból kiderül, hogy az említett költségtényezők mellett, a kender és kínai nád tüzelőanyagként történő felhasználása jellemezhető legalacsonyabb összköltséggel. Folyékony üzemanyagként történő felhasználás esetén a cukorcirok, kukorica, és a repce mutatói a legjobbak.

A cukorrépa-alkohol előállítása, és a kukoricából származó biogáz előállítás kiugróan magas költségszintje egyértelműen a magas konverziós költségekkel magyarázhatók. Általánosságban azonban kijelenthető, hogy a különböző növények esetében feltüntetett összköltségeket, legnagyobb mértékben, a szárítási és átalakítási költséget határozzák meg.

Ezek költségadatok nagymértékben meghatározzák a különböző energianövények preferencia sorrendjét is, amelynek kialakítása az energetikai termesztés egyik kezdő lépésének tekintendő.

4. táblázat. A néhány fontosabb szántóföldi energianövény termesztésének ökonómiai aspektusai, ECU/ha/év; (Biewinga és van der Bijl, 1996 alapján).

	Cukor- cirok	Cukor- répa	Búza	Repce	Kukorica			Kender			Kínai nád		
Hasznosítási irány	extr. CHP	Desztillá- ció	desztil. CHP	desztil. CHP	gázos. /CHP	gázosi- sítás	köz. égetés	gázos. /CHP	Gázosi- tás	köz. égetés	gázos. /CHP	Gázosi- tás	köz.- égetés
Telepítési költség	343	420	343	312	482	482	482	337	337	337	387	387	387
Éves menedzs. Költség	1187	1469	1187	965	977	977	977	807	807	807	816	816	816
Betakarítási költség	429	616	429	449	511	439	439	507	435	435	411	338	338
Rizóma ápolás költség	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	31	31
Teljes termelési költség	1959	2505	1959	1726	1990	1898	1898	1651	1579	1579	1645	1572	1572
Farmerek nettó árérése	-529	-529	-529	-529	-529	-529	-529	-529	-529	-529	-215	-215	-215
Térület támogatás	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Kívánt éves jövedel.	930	1476	930	697	941	868	868	622	550	550	930	857	857
Szállítási költség	143	432	143	49	338	434	434	115	148	148	87	112	112
Szárítási, raktározási költség	0	0	0	0	324	74	74	0	54	54	0	41	41
Teljes előkészít. költség	143	432	143	49	662	508	508	115	201	201	87	152	152
Konverzió költség	852	995	852	722	1467	1276	546	1061	923	395	802	698	299
Teljes költség	1925	2903	1925	1468	3070	2653	1923	1799	1675	1147	1819	1708	1309
CO ₂ emisszió- elkerülés költsége	615	1735	615	672	1395	1051	363	587	516	18	903	832	455
Munkaerő- szükséglet óra/ha/év	17	36	17	17	10	10	10	17	17	17	9	9	9

3. Szántóföldi energianövények

3.1. Területiség a növények termesztésében

Energianövényként számításba vehető 73 mezőgazdasági növény közül *El Bassam* (1996) 41 növényt nevezett meg (5. táblázat), amelyek európai termőhelyeken is megfelelő hozamok mellett termesztethők. A növények ökológiai igényeit is figyelembe véve, készítettem egy európai vonatkozású eloszlástérképet, amely áttekintő képet ad az egyes növények termesztetőségi határaitól (3. ábra). Ez az általános termesztetőségre vonatkozó térkép képezte munkám kiindulási pontját.



3. ábra. Európai energianövényeink regionális eloszlása
Forrás: saját kutatás

A térképen jól látható, mely szélességi övekhez, mely energianövények társíthatók (a hosszúsági fokokat csak tájékoztató jelleggel jelenítettem meg). A térképi felsorolást egyfajta energetikai felhasználás szerinti csoportosításban végeztem el. A hazánkban hagyományosan termesztett növények energetikai szempontból való értékelését, a térkép kijelölése alapján kezdtem el. A hazai és nemzetközi szakirodalmat figyelembe véve – a 40°-50° szélességi fokok között – 37 potenciálisan számításba vehető növényt találtam (5. táblázatban kiemelve). Az elemzés során, a növény ökológiai adottságaink

közötti jó természetességét, illetve a hasznosítási iránynak megfelelő, optimális hektár-
 ronkénti energetikai hozamokat vettem figyelembe. Hazánk természetési hagyományai
 alapján is elfogadható 22 olyan szántóföldi növényt találtam, amelyeket nyolc kategó-
 riában további teljes körű vizsgálatnak vettem alá. Az elemzés során arra törekedtem,
 hogy a hagyományos természetes feltételei közül, az energia célú felhasználás vonatko-
 zásában is leginkább figyelembe vehető jellemzőket emeljem ki úgy, hogy a kétféle
 hasznosítás között összefüggéseket keressek.

5. táblázat. Potenciális energianövények az európai régióban

1	Annual ryegrass -	egynyári olaszperje (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.)
2	Bamboo -	bambusz (Gramineae subf.)
3	Black locust -	akác (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)
4	Broom -	seprőzanót (<i>Spartium junceum</i> L.)
5	Cardoon -	kárdi (<i>Cynara cardunculus</i>)
6	Common reed -	nád (<i>Phragmites communis</i>)
7	Cordgrass -	mohafű (<i>Spartina</i> spp.)
8	Eucalyptus -	eukaliptusz (<i>Eucalyptus</i> spp.)
9	Giant knotweed -	óriás keserűfű (<i>Polygonum sachalinensis</i>)
10	Giant reed -	olasznád (<i>Arundo donax</i> L.)
11	Groundnut -	földimogyoró (<i>Arachis hypogea</i>)
12	Hemp -	kender (<i>Cannabis sativa</i> L.)
13	Kenaf -	rostrályva (<i>Hibiscus cannabinus</i> L.)
14	Lupines -	csillagfűrt (<i>Lupines</i> spp.)
15	Meadow foxtail -	régi ecsetpázsit (<i>Alopecurus pratensis</i> L.)
16	Miscantus -	kínai nád (<i>Miscantus</i> spp.)
17	Perennial ryegrass -	évelő angolperje (<i>Lolium perenne</i> L.)
18	Rape -	olajrepce (<i>Brassica napus</i> L.)
19	Reed canarygrass -	zöld pántlikafű (<i>Phalaris arundinacea</i> L.)
20	Root chicory -	katángkóró (<i>Cichorium intibus</i> L.)
21	Rosin weed -	rózsagyom (<i>Silphium perfoliatum</i> L.)
22	Safflower -	pórsáfrány (<i>Carthamus tinctorius</i>)
23	Salicornia -	szalokornia (<i>Salicornia bigelovii</i>)
24	Soybean -	szója (<i>Glycine max</i> L.)
25	Sugar cane -	cukornád (<i>Saccharum officinarum</i> L.)
26	Sudangrass -	szudánifű (<i>Sorghum vulgare</i> p.v. <i>sudanense</i>)
27	Sunflower -	napraforgó (<i>Helianthus annuus</i> L.)
28	Switchgrass -	köles (<i>Panicum virgatum</i> L.)
29	Tall fescue -	nádképzű csenkesz (<i>Festuca arundinacea</i> L.)
30	Timothy -	komócsin (<i>Phleum pratense</i> L.)
31	Topinambur -	csicsóka (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)
32	Willow and Poplar -	fűzfa (<i>Salix</i> spp.) és nyárfa (<i>Populus</i> ssp.)

6. táblázat. Cereals and Pseudocereals – Gabonafélék és Álgabonák

33	Barley -	árpa (<i>Hordeum vulgare</i> L.)
34	Maize -	kukorica (<i>Zea mays</i> L.)
35	Oats -	zab (<i>Avena sativa</i> L.)
36	Rye -	rozs (<i>Secale cereale</i> L.)
37	Triticale -	tritikálé (<i>Triticosecale</i>)
38	Wheat -	búza (<i>Triticum aestivum</i> L.)
39	Amaranth -	disznóparéj (<i>Amaranthus</i> spp.)
40	Buckwheat -	pohánka (<i>Fagopyrum esculentum</i> L.)
41	Quinoa -	libatop (<i>Chenopodium quinoa</i> L.)

Energianövényként csoportosított szántóföldi növényként azokat az évelő és egyéves növényfajokat kategorizáltam, amelyekből termesztés után szilárd, folyékony és gáznemű energiahordozó vagy alapanyag állítható elő. (Szervesanyag maradékok és mezőgazdasági melléktermékek széles skálája is alkalmas energia előállításra, ezek hasznosítása lehetőség szerint összeköthető az energetikai növények feldolgozásával.) Minden növényfaj, de főleg a magas szénhidrát és olajtartalmú növények alkalmasak folyékony energiaformák előállítására. Cukor, keményítő, cellulóz és inulin tartalom nyújt lehetőséget elsősorban **etanol** nyerésére. A növényi **olajokat** magas olajtartalmú növényekből, kémiai vagy fizikai eljárások útján nyerhetjük. Ezt követően tüzelő vagy üzemanyagként használhatjuk fel. Az olyan növények, melyek nagy mennyiségű lignocellulózt tartalmaznak, direkt vagy indirekt módon alkalmasak szilárd tüzelőként energiaszolgáltatásra.

A betakarítás módjától, a gazdaságosságtól, a felhasználástól függően az energetikai produkció (főtermék) lehet gyökér, gumó, szalma, ágak, levelek, gyümölcsök, magvak vagy akár az egész növény. Energetikai termesztés szempontjából a nagyobb energiasűrűségű, kiemelkedően magas hozamú fajok termesztése igazán optimális.

A energianövények segítségével megvalósuló alapanyag (biomassza) termelés a következő fő célokkal jellemezhető:

- Keményítő, cellulóz, inulin és cukortartalmú növények termesztése etanol előállítására;
- Olajtartalmú növények termesztése bio-dízel előállítás céljából;
- Szilárd biomassza termelése hő és elektromos energia előállítására, közvetlenül vagy közvetett módon elégetett tüzelőanyagon keresztül. Termikus vagy termokémiai folyamatokkal (direkt vagy indirekt elfolyósítás és gázosítás) a lignocellulózból gazdag nyersanyagok felhasználhatók metanol, bio-nyersolaj, biodízel, szintetikus gáz és hidrogén, hidrolízissel pedig etanol képzésre;
- Zöld biomassza alapanyag termelés biogáz előállításra.

Különösen nagy hangsúlyt fektetnek a jövőbeni kutatások, a fenntartható és környezetileg elfogadható termelési rendszerek, illetve a magas energia hozamú növények azonosítására. Az általam ideálisnak tartott energia- vagy tüzelőanyag céljára termesztett növény általános minőségi kritériumai a következőkben foglalhatók össze:

- a napenergia hatékony átalakítása biomasszává, az elméletihez közeli hozamok elérése;

- hatékony ásványi anyag, tápanyag és vízfelhasználás;
- minél magasabb szárazanyag tartalom;
- az energiafelhasználás megfelelő egyensúlya;
- alacsony input;
- jó betegségek elleni rezisztencia;
- környezettel való összeférhetőség.

Az energianövényekkel szemben támasztott környezeti elvárások hasonlóak az élelmiszer- vagy takarmánynövényekkel szemben támasztott követelményekhez, mivel a környezettel való összeegyeztethetőséget ebben az esetben is biztosítani kell.

A szántóföldi energianövények kijelölése és csoportosítása, valamint a velük szemben támasztott elvárások meghatározása után legfontosabb feladatnak a természetközeli jellemzők felállítását tartottam.

Az ökológiai szempontok szerint történő értékelés kielégítőnek bizonyult a kiválasztás elvégzéséhez, mivel a célkitűzésemben megfogalmazottak szerint, a potenciális szántóföldi energianövényeink vonatkozásában, regionális eloszlást határozta meg. A célom az volt, hogy megtudjam, kiválasztott növényeink mely termőhelyeken természetközeli optimális hozamokkal. Mivel az energianövények tekintetében ökonómiai, logisztikai kérdések még nem tisztázottak, ezen feltételek beépítését nem végeztem el modellemben, de szükségtelen is volt, mert elsősorban a potenciál nagyságrendi meghatározására törekedtem. A következő öt legfontosabb ökológiai szempont szerint értékeltém kiválasztott növényeimet.

- talajigény,
- csapadékigény,
- optimális pH tartomány,
- megfelelő talajvízszint,
- hőmérséklet igény.

A termőhelyek meghatározásánál, agroökológiai befolyásoló tényezőként szerepet játszanak a domborzati viszonyok is, de mivel erre vonatkozó kalkulációkat az összterület, erodáltság és fajlagos terméshozam csökkenés vonatkozásában a szakirodalomban találtam (*Thyll, 1996*), nem tartottam szükségesnek a domborzati térképek hibáiból származó pontatlanságokkal terhelni modellemben. A szakirodalom szerint, a domborzati viszonyok és a lejtős területeken keletkező különböző szintű erodáltság fajlagos terméshozam csökkentő hatása átlagosan 9,47%-nak tekinthető. A végleges területszámításnál – domborzati viszonyok területcsökkentő hatását is figyelembe tartva – tehát úgy járhatunk el, hogy az öt agroökológiai paraméter által kijelölt területet „0,9053 domborzati tényezővel” megszorozzuk. Ezzel az eljárással ugyan nem jelölhetők ki pontosan azok a területek, amelyek a domborzati vagy eróziós viszonyok miatt nem alkalmasak az adott növény termesztésére, de országos viszonylatban kalkulálhatunk területcsökkentő hatásukkal.

A MapInfo programmal elvégzett terület-meghatározás igen meglepő eredményekre derített fényt. Például arra, hogy az energianövényként favorizált olajrepe termesztésének határait hazánkban leginkább az ökológiai feltételek szabhatják meg, ugyanis a termesztésre alkalmas termőhelyek aránya mindössze százezres nagyságrendű. Az így előállítható bio-dízel mennyisége viszont nem képez komoly mennyiséget a felhasználás szempontjából.

A szántóföldi növények energetikai termesztését, felhasználását érintő sajátos tulajdonságok, illetve a növénycsoportok speciális jellemzőire a következő alfejezetekben található további részletek.

3.2. Szántóföldi növényeink „energetikai” értékelése

A következő fejezetben a hagyományos növénytermesztés szerinti csoportosítás alapján szeretném a Magyarországon termesztendő szántóföldi növényeket bemutatni, úgy hogy kiemeljem azokat a kedvező „növényi tulajdonságokat”, amelyek alapján egy-egy hagyományos növény energetikai felhasználás szempontjából is számításba vehető.

Mivel az energetikai hasznosítás esetén nem a hagyományos értelemben vett termék – élelmiszer vagy takarmány – előállítása a cél, változnak a növényrel szemben támasztott követelmények is. Nem cél például a gabona vagy takarmánynövények esetében a minél magasabb fehérje tartalom elérése (extra nitrogén bevitellel), mivel ebben az esetben a tápláléérték teljesen mellékes, a magasabb fehérjetartalom csak kedvezőtlen. Az energianövények növényvédelmi szükséglete is kb. 20-30%-kal alacsonyabb szinttel jellemezhető, mivel a végtermék jellegénél fogva, nem kell hogy megfeleljen például esztétikai, vagy a további feldolgozás minőségi követelményeinek.

Nem kell arra sem figyelni, hogy a növény csak ehető alkotóelemeket tartalmazzon. Több növény esetében a fogyaszthatóvá tétel, az élelmiszer vagy takarmányként való hasznosíthatóság a nemesítések során csak igen jelentős relatív terméscsökkenés árán valósulhatott meg. A repceolaj esetében például a magas erukasav tartalom volt az élelmiszeripari felhasználás legjelentősebb akadálya. A nemesítésekkel elérték, hogy a növény fejlődése során nem az egészségkárosító erukasav, hanem olajsav keletkezik legnagyobb mennyiségben. Ennek ára is volt, mivel a növény sokkal érzékenyebbé vált ökológiai és növény-egészségügyi szempontból is. Energetikai felhasználás szempontjából azonban az erukasav jellemezhetőbb kedvezőbb tüzeléstechnikai paraméterekkel.

A potenciálisnak nevezhető mezőgazdasági növényeinkről (6. táblázat), ezek általános tulajdonságairól a segédanyagban található meg azok a részletek – *általános leírás, ökológiai igények, szaporítás, termesztés, betakarítás, raktározás, feldolgozás és felhasználás, termesztésre alkalmas területek* – amelyek alapján hazánkban termesztendő energianövényként kiválasztásra kerültek, illetve ezen jellemzők alapján határoztam meg regionális eloszlásukat is. A növénycsoportok szerinti jellemzésben először a csoportra jellemző általános energia-termesztési kritériumokat foglaltam össze, ezután az egyes energianövényeket egyenként jellemeztem.

A vizsgált szántóföldi növények:

- napraforgó,
- olajrepce,
- csillagfűrt,
- szója,
- angol perje,
- kínai nád,

- csicsóka,
- burgonya,
- cukorrépa,
- cikória,
- kender,
- óriás keserűfű,
- gabonafélék,
- kukorcirok,
- szudánifű,
- zöld pántlikafű,
- nádképű csenkesz.

3.2.1. Gabonafélék

Az élelmiszerek és takarmányfélések legfőbb forrásának ma a gabonafélék tekinthetők. Ennek következtében a gabonanövényekhez kapcsolódó termesztési, növényvédelmi eljárások, nemesítési programok nevezhetők a mezőgazdaság legfejlettebb, legismertebb területének. Ezért a jellemzésükkel nem kívánok részletesebben foglalkozni, mindössze néhány olyan dologra szeretném felhívni a figyelmet, amelyek a hagyományos termesztéstől, illetve a gabonafélékkel szemben támasztott igényektől eltérőek, illetve okai lehetnek energianövényként való termesztésüknek, energiahordozóként való felhasználásuknak.

A szeszgyártás hazánkban már a XIV. században ismert tevékenység volt, akkor égetett bor néven terjedt el a köztudatban. Alapanyagait egyedül és kizárólag a mezőgazdaság szolgáltatta. A nyersanyagok közül legfontosabb szerepe a keményítő-tartalmú növényeknek, közülük egyes gabonaféléknek (kukorica, búza, árpa) és a burgonyának volt. Mivel napjainkban a szintetikus alkoholgyártás olcsóbban valósítható meg, ezen növényeink feldolgozása kissé háttérbe került. Azonban a gabonafélék szalmáját, a kukoricaszárat, csuhét összevetve az egyik legnagyobb elméleti biomassza forrással lehetne számolnunk a jelen mezőgazdaságában. Ez egy hatalmas potenciált jelent energetikai alapanyagként való felhasználás szempontjából is.

Bár néhány növényt a gabonafélék közül felhasználnak már energiaforrásként, energetikai termesztésbe való bevonásuknak igazi oka mégis a gabona-túltermelés jelenségének tompítása, illetve a már rendelkezésre álló, fejlett technológiai feltételrendszer lesz. Ez utóbbi alatt a művelés, vetés, betakarítás, bálázás, raktározás, magtermesztés stb. kiemelkedően magas technológiai színvonala értendő.

A növénynemesítők az utóbbi tíz évben is igen aktívan dolgoztak, a gabonafélék hozamai átlagosan 10-15%-kal növekedtek. Javult a genetikai készlet, hatékonyabb lett a tápanyag-felhasználás és jobb lett a növények adaptációs képessége a különböző környezeti feltételekhez is. Ennek eredményeként a Harvest-index is kedvezőbben alakult. A gabonáknál elérte a 0,5 körüli értéket, amely talán már a maximumnak tekinthető. A sikerben azonban – energetikai felhasználás szempontjából – van egy kis keserűség is. Ugyanis a teljes biomassza mennyiségének növekedésére ezeknek a „fajtakorrektcióknak” értelemszerűen nem volt hatása. A magmennyiség növekedése több fehérjét, jobb hasz-

nosítási arányt jelent a gabona-feldolgozók számára, amely növekedés viszont egyenesen arányos az „elégethető részek” arányának csökkenésével.

Amennyiben energetikai célra szeretnénk felhasználni egészben betakarított gabonanövényeinket, a következő jellemzők optimalizálása tartandó szem előtt különböző fajtakorrekciók, vagy nemesítés során:

- Azok a fajták, amelyeknek nagyobb a Harvest-indexe, sokkal jelentősebb arányban adnak szalmát. A kisebb siker és nagyobb szénhidrát, keményítő tartalom növeli az energetikailag hasznosíthatóság esélyeit. E tulajdonsággal az ősi, vad, nemesítetlen fajták rendelkeznek legfőképp. (De a visszaneszesítéssel is óvatosan kell bánni, mivel a Harvest-index csak egy tulajdonság a sok közül. A környezeti adaptáció képessége, a betegségek elleni rezisztencia stb., az energianövények szempontjából is nagyon fontos jellemzők.);
- Nitrogénfelhasználás. Az alkalmazott nitrogénműtrágya mennyisége – mely gabonaféléknél nagyon nagy költségnövelő tényező – energetikai felhasználásnál a szokásos mennyiség 20-40%-ra redukálható, mivel a nitrogénszükséglet legnagyobb része a magvak proteintartalmának növelésére szolgál. A proteintartalom növelésére azonban nincs szükség, ha az egész növényt energetikai alapanyagként takarítjuk be;
- A növény egészben történő betakarítása, mely magába foglalja a levágást és begyűjtést is, egy menetben, olcsóbban, praktikusán, szinte veszteségek nélkül oldható meg;
- A betakarítást nem szükséges kampányszerűen végezni, hetekkel korábban is megkezdhető, illetve kissé elnyújtható bármely gabonaféléknél;
- A felhasználáshoz tökéletesen alkalmazkodó génmanipulált fajok bevezetése is elképzelhető a természetben, ha emberi fogyasztásra vagy takarmányozásra nem kerülnek.

Olyan nemesítési kísérletekre lenne szükség a jövőben, melyeknek eredményeként növekedne a gabonafélék szalmahozama a maghozam részleges megtartása mellett. Ezeket speciális energia-gabonaként lehetne termesztetni szilárd biomassza tüzelőanyag céljára. Illetve a gabonákat magas enzimtartalmuk alkalmassá teszi bio-etanol hatékony fermentációs kivonására is. A kísérletek, amelyeket eddig végeztek, különösen az árpnál kecsegtetnek kedvező eredménnyel. Megállapították, hogy az energetikai felhasználás jelentősen minimalizálja a termelési inputokat, és csökkenti a környezeti igénybevételt is.

Nagyon fontos feladat a gabonaféléknél a melléktermék, azaz a szalma vagy kukoricaszár hasznosításának megoldása. Azonban, mint az már az előző fejezetben is említettem, e könyvben főként a főtermékként, energetikai célra termesztett növényekkel kapcsolatos kérdéskört kívánom áttekinteni. Itt sajnos nagyon nehéz szétválasztani az ételiszert búa vagy egyéb gabonák melléktermék szalmájának felhasználását, a főtermék energia-gabona biomassza hasznosításától. Ennek oka, hogy a gabonanövények, és ezek között is főként a búza sajátságos táplálkozási szerepe nagyon kivételessé teszi a növénycsoportot. A gabonafélék egyik előnye a többi kultúrnövényvel szemben, hogy magjukban olyan arányban vannak a nitrogéntartalmú és nitrogénmentes anyagok, mely révén az ember szükség esetén csak kenyérrel és vízzel táplálkozva is fenntarthatja életét. Ez a tény a gabonafélék energetikai hasznosítását mindig másod-

lagossá fogja degradálni, annak ellenére, hogy az ágazat folyamatos túltermeléstől szenved.

A hazánkban megtermelhető klasszikus gabonafélék (búza, rozs, tritikálé, árpa, zab) szerepe az energetikai vetésszerkezetek összeállításában, a diverzitás fenntartásába lehet leginkább jelentős. Ezen gabonafélékből származó bio-etanolra, vagy szilárd tüzelőanyagra, mint járulékos energiahordozókra számíthatunk a jövőben, de mindenképpen számolni kell velük.

Egészen más a helyzet a kukoricával, míg Európában a cukorrépa után a második, addig Észak-Amerikában az elsőként számításba vett és vehető bio-etanol nyersanyagforrásként szerepel. Alkohol kinyerésre való alkalmasságát elsősorban cukor és keményítőtartalma határozza meg. A kukorica ugyan a cukorrépától kisebb hatékonysággal alakítható át etanollá (kukorica: 32%, cukorrépa: 35%, búza: 24%), de mégis kétszer akkora nettó etanol-hozamra lehet számítani hektáronként, mint a búzánál.

A bioalkoholt az USA-ban elsősorban motorhajtásra használják, benzinhoz keverve 20%-ig alkalmazható. A benzinkutaknál is tankolható „gasohol” nevezetű bioalkohol használata esetén azonban, az üzemanyagtartályt kicsit meg kellett növelni, mivel az etanol energiatartalma kisebb a benzinénél (1 liter etanol 0,65 liter benzin). Az Amerikai Egyesült Államokban, 1980-ban 5,45 millió hl bioetanol termeltek, csaknem kizárólag kukoricából. Itt a bioetanol-kukorica termesztőket premizálják, kedvezményekben részesítik, így árban versenyépesek tudnak lenni a hagyományos energiahordozókkal.

Hazánkban is nagyon fontos szerepe volt az évszázad elején, közepén a kukoricából nyert alkoholnak, mivel a burgonya után a második legfontosabb szeszgyártási alapanyagként vették számításba. A kukoricát és a többi gabonafélét mechanikai felaprózás, azaz darálás után igen kifinomult technológiával dolgozták fel. A több lépcsős feltárásra azért volt szükség, mivel a gabonakeményítőt az élesztő baktériumok még oldott formában sem voltak képesek elerjeszteni. A többlépcsős eljárás azonban némileg megdrágítja az ily módon előállított növényi eredetű alkoholt.

A cukorcirok és szudánifű esetében megjegyzendő, hogy ugyan a gabona növényeink közé tartoznak, de termesztésük végeredménye más főtermék, a cukorcirok cukorszirupként, takarmányként, a szudánifű hagyományos termesztés esetén értékes szálastakarmányként vehető számításba. Különbség még az is, hogy C₄-es növényként sokkal magasabb biomassa produktummal jellemezhetők, mint klasszikus gabonaféléink. A cukorcirok termesztésének elterjedését hazánkban, illetve más országokban az a sajnálatos tényező akadályozza, hogy a növény cukortartalma főként nem kristályosítható cukorból tevődik össze, amely lehetetlenné teszi kristálycukorként való kereskedelmi megjelenését. A kukoricához hasonló termesztéstechnológiája, illetve kitűnő hazai termesztetősége nagy perspektívát kínál a növény számára az energetikai hasznosítás terén. Rövid időn belül az egyik legfontosabb bio-alkohol alapanyag növényé válhat. Szintén a cirokfélékhez tartozó szudánifű térhódítása jelenleg is tart a takarmánytermesztők körében. Óriási zöldhozama szinte egyedülálló a takarmánynövények között. Átlagos feltételeket biztosítva, a növényről 80-100 t/ha termés is várható, ami kiemelkedően nagy mennyiségű, 20-30 t/ha szárazanyagot jelent.

Termesztett növények:

Árpa – (Hordeum vulgare L.)

- Búza** – (Triticum aestivum L.)
- Kukorica** – (Zea mays L. Ssp. Mays)
- Rozs** – (Secale cereale L.)
- Tritikálé** – (x Triticosecale)
- Zab** – (Avena sativa L.)
- Cukorcirok** – (Sorghum bicolor L.)
- Szudánifű** – (Sorghum vulgare P.v. sudanense)

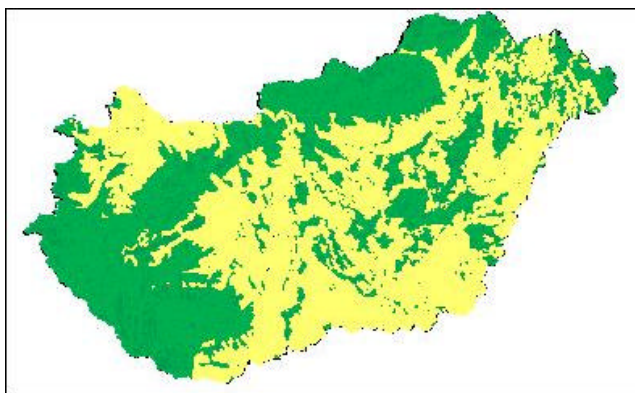
A gabonafélék közé sorolt növények részletes leírását, jellemzését – a cukorcirok és a szudánifű kivételével – a közismertség miatt nem tartottam szükségesnek. Az előbbi általános jellemzésben pedig már kifejezésre kerültek azok a jellegzetességek, amelyeket feltétlenül szükséges ismernünk, ha energetikai termesztésbe kívánjuk őket vonni. Azonban nagyon fontosnak tartom, hogy az energetikai vetésgazdálkodásba való beillesztés, valamint a területiség pontos meghatározása ezen növények esetében is kézzelfogható legyen. Ezért növényenként külön táblázatba kerültek az elővetemény és utónövény igényre vonatkozó paraméterek, valamint a termesztetőségre vonatkozó, országos szintű térképi kijelölések.

Őszi árpa

7. táblázat. Őszi árpa elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Napraforgó	Őszi árpa	Burgonya, csicsóka
Gabonafélék		Kukorica, cukorcirok
Kukorica		Repce, szója, kender
Kender, repce		Napraforgó, gabonák

Egyéb megjegyzés: energetikai hasznosításra a gyengébb minőségű területeken is termesztető



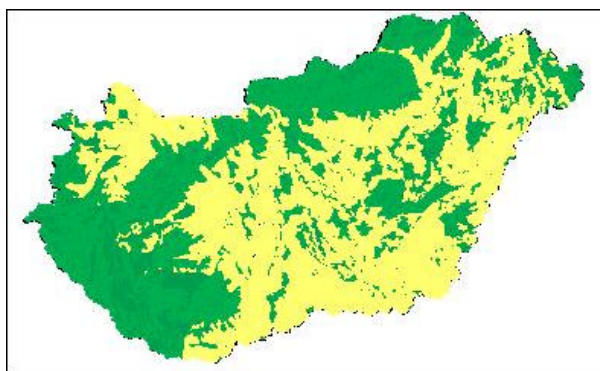
4. ábra. Az őszi árpa optimális termőhelyei (3.810.000 ha)

Búza

8. táblázat. Őszi búza elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Repce, szója	Búza	Burgonya, csicsóka
Napraforgó, kender		Cukorrépa, kender
Csillagfűrt, szója		Repce, gabonafélék
Szudánifű, csicsóka Pántlikafű, kender		Napraforgó, kukorica Csillagfűrt

Egyéb megjegyzés: monokultúrában vagy vetésváltás nélkül 2-3 évig termesztendő, energetikai búzafajok alkalmazása javasolt



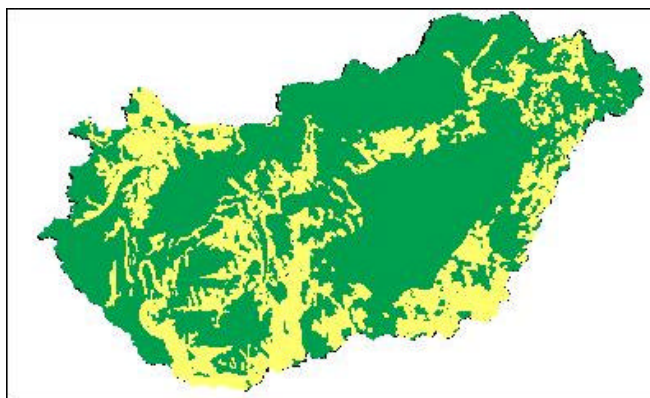
5. ábra. Az őszi búza optimális termőhelyei (3.898.000 ha)

Kukorica

9. táblázat. Kukorica elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Csicsóka, pántlikafű	Kukorica	Napraforgó, kender
Csillagfűrt, cikória		Csillagfűrt, burgonya
Őszi gabonák		Pántlikafű, csicsóka
Szudánifű, burgonya		Zab, gabonafélék

Egyéb megjegyzés: alkoholos növények vetésforgójának alapnövénye, zölden kell betakarítani



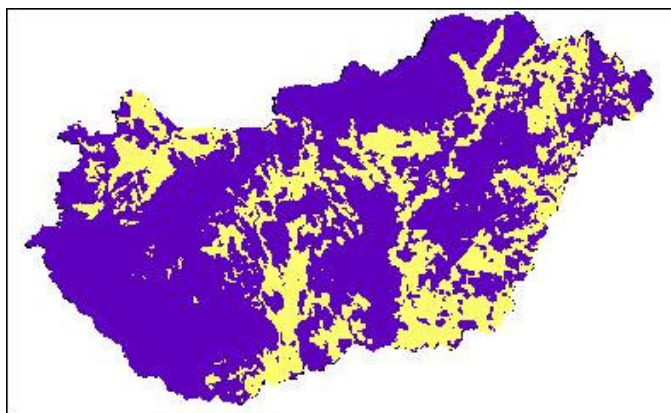
6. ábra. A kukorica optimális termőhelyei (2.065.000 ha)

Rozs

10. táblázat. Rozs elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Repce	Rozs	Burgonya
Csillagfűrt		Cukorrépa
Rozs		Repce, rozs
Burgonya		Napraforgó

Egyéb megjegyzés: monokultúrában vagy vetésváltás nélkül 3-4 évig nagyon jó hozamok mellett termeszthető



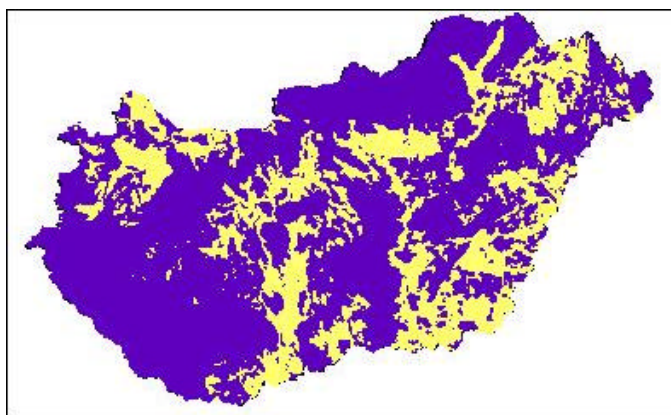
7. ábra. A rozs optimális termőhelyei (2.588.000 ha)

Tritikálé

11. táblázat. Tritikálé elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Repce, szója	Tritikálé	Burgonya, kender
Napraforgó		Repce, gabonafélék
Burgonya		Napraforgó
Csillagfűrt		Cukorrépa

Egyéb megjegyzés: energetikai szempontból jó főtermék/meléktermék aránnyal rendelkezik



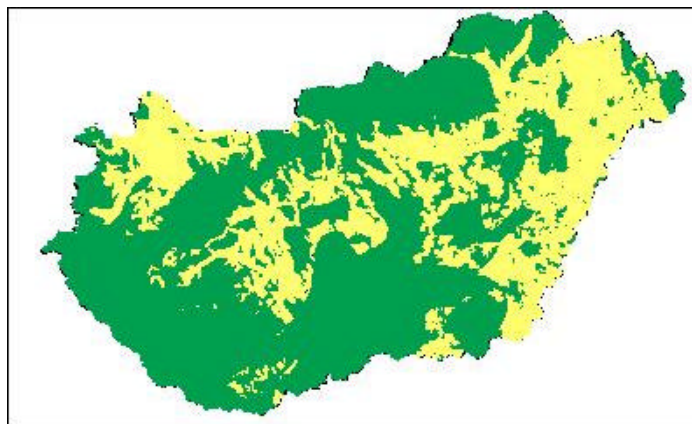
8. ábra. A tritikálé optimális termőhelyei (2.580.000 ha)

Zab

12. táblázat. Zab elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Kukorica	Zab	Napraforgó
Repce, angol perje		Csillagfűrt
Napraforgó		Kukorica, szója
Csenkesz, kínai nád		Gabonafélék, repce

Egyéb megjegyzés: főleg termőhelyi adottságok okozhatják vetésforgóba illesztését



9. ábra. A zab optimális termőhelyei (2.574.000 ha)

Cukorcirok – Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L.)

Általános leírás

A cukorcirok Észak-kelet afrikai eredetű haszonnövényünk, a későbbiekben részletezésre kerülő szudánifűvel együtt a cirokfélék családjába tartozó, egyéves C_4 -es növény. Szára amely a kukoricához hasonlóan belül szivacsos, akár 5 méter magasra is megnő. A növény megjelenésében is nagyon emlékeztet a kukoricára. A száron egymással szemben, a náduszkok tövében helyezkednek el viaszosan fénylő levelei. Az cukorcirok önmegporzó, a teljes bugavirágzat 1000-5000 virágocskát tartalmaz. A virágzatok felállóak vagy csüngők lehetnek. A nagyobb termésű fajták mindig „felálló” virágzattal rendelkeznek.

Ökológiai igények

A cukorcirok rövidnappalos növény. A valaha más igényű növények az északi fotoperiódus igényeihez igazodtak. Jelenleg még minden cukorcirok fajta érzékeny a fagyra, nagyobb termésű fajtáknak, illetve Közép és Észak európai intenzívebb elterjedésének csak az alacsony hőmérséklet szab határt. A legkisebb hőmérséklet, amelyet még károsodás nélkül elvisel, $7^{\circ}C$ körüli. Az optimális növekedési tartomány $25-30^{\circ}C$ fok. A cukorcirok olyan területeken nő igazán jól, ahol az éves csapadékmennyiség nem csökken $350-400$ mm alá, a növény nagyon meghálálja az öntözést is.

Különösen jó tulajdonsága a cukorciroknak, hogy nagyon tolerálja a szárazságot. Ezt igen jól fejlett és hatékony gyökérrendszerének köszönheti, amely kb. kétszerese a kukoricáénak. A cirokfajták között, a vízigény tekintetében, azonban igen nagy különbségek vannak. Hosszabb aszályos periódus után, amikor az időjárás újra csapadékosabbra fordul a cirok regenerálódni, újítani képes. Ez pontosan azt jelenti, hogy szárazság alatt anyagcsere folyamatait képes majdnem teljesen leállítani, eső után pedig maximálisan újraindítani.

Gyökérrendszerének köszönhetően nagyszerűen veszi fel az ásványi tápanyagokat, ezért talaj iránti igénye nagyon szerény. Az 5-8,5 közötti pH tartományban nagyszerűen tolerálja a különböző sós vagy szikes talajokat. Savanyú talajok nem alkalmasak a termesztésére, de néhány cirok hibrid mégis létezik, amely már elég jól tűri ezeket a feltételeket is.

Az erózió veszélye a cukorcirok állományokban sokkal kisebb, mint a kukoricánál. Ennek oka egyrészt az, hogy a sortávolság kisebb, másrészt a cirok erősebb hajtásokkal és nagyobb gyökérrendszerrel rendelkezik.

Szaporítás

A cukorcirok jelenleg széles körű népszerűségnek örvend a nemesítők körében. A cukortartalom és a biomassa tömeg fokozása, a megdőlés, a fagy és a betegségek iránti ellenálló képesség kifejlesztése a végső céljuk. Az édes cirkot maggal szaporítják, a nemesítésben Keller és Korall érte el a legnagyobb sikert Európában.

Olaszországi kísérletekben 39 cukorcirok fajtát vizsgáltak egyszerre, közülük csak 9 hozott igazán jó eredményt szár (55-70 t/ha) és cukorhozam (6-8 t/ha) tekintetében. (Ez a zöldtömeg százalékában nézve több mint 11%.) Ezek a fajták a következők voltak: Wray, MN 1500, M 81E, Keller, Theis, Rio, Dale és hibridjei /3/.

Termesztés

A magágy előkészítésnél a 10-15 cm-es szántásmélység javasolt, a vetés pedig 2-4 cm mélyre történjen. A vetés előtti gyomirtós kezelés helyett, a kelés előtti herbicidek alkalmazása ajánlott. Ezek lehetnek pl. az Atrazine és Propachlor. A vetőmagvak csávázása nagyban csökkenti a szükséges növényvédő szer mennyiségét. Belgiumi kísérletek bizonyították, a hogy magvak CaO_2 réteggel való bevonása növeli a kelési százalékot egyes fajtáknál. A kísérletek szerint a Thesis-nél 28%-kal, a MN 1500-nál 14,7%-kal volt intenzívebb a kelés CaO_2 -ot alkalmazva. Ez 5,2% cukortartalom növekedést is eredményezett az MN 1500 esetében. Ennek az a magyarázata, hogy a CaO_2 a talajba került mag felületén mintegy védőréteget képez, a talaj ezért gyorsabban képes felmelegíteni a magvakat, így intenzívebb azok növekedése és növekszik a csírázási százalék is.

A cukorcirok vetése hazánkban április 20. és május 10. között optimális, a sortávolságot 50-60 cm, a vetésmélységet 3-5 cm között kell meghatározni. A négyzetméterenkénti növénytűrűség 35-40 db.

Olaszországi kísérletek adatai szerint a vetésidő a Pó-síkságon és Észak-Olaszországban is április második felére húzódik, de az ajánlott sortávolság itt 70 cm, a növénytűrűség pedig csak 7-8 növény/m², aminek a melegebb klímán bekövetkező intenzívebb növekedés és nagyobb zöldhozam az oka.

Németországban a vetés dátuma májusra tolódik. Az itt használatos sortávolság 40-50 cm, a növénytűrűség pedig 16-18 növény/m² közötti. Mivel a növény érzékeny a fagyokra az Észak-európai régióban olyan cukorcirok fajtákat kell választani, amelyek vetésideje kevesebb, mint hat hónap.

A cukorcirok évi 700 mm csapadék mellett öntözést nem igényel. A tényezők, amelyek leginkább meghatározzák az öntözés szükségességét a hőmérséklet és a

növényesűrűség. Mediterrán körülmények között a cukorciroknak hasonló a vízigénye a többi mediterrán növényhez. Közép-Európában a víz és a nitrogén a két limitáló faktorra a növény produktivitásának.

Görögországban különböző nitrogén mennyiségekkel tesztelték a növényt négy éven keresztül. A eredmények kimutatták, hogy nincs szignifikáns hatása a nitrogén növelésének a biomassa és a cukorhozamokra, ezért ott a csökkentett adagok alkalmazása ajánlott.

Műtrágyaigénye magyarországi termesztés esetén:

N : 130-150, P : 90-110, K : 130-170 kg/ha.

A cukorcirok nem gyakori házigazdája a különböző betegségeknek és kártevőknek. Baktériumos betegségei közül a legfontosabbak, a vöröscsíkoság, a levélfoltosság, a rostosüszög, a porüszög valamint a fuzáriumos tőszáradás. A gombás megbetegedéseket a már említett gondos vetőmagcsávázás nagyban mérsékli. Állati kártevői főként a drótférgék, a kukoricamolyp, a lőtücsök és a levéltetvek lehetnek.

Vetésforgó

A cukorcirok kezelése a vetésforgóban nagyon hasonló a kukoricáéhoz. Önmaga után, vetésváltás nélkül 2-3 évig is termesztendő. Egy dologra nagyon érdemes odafigyelni, a fuzáriózis miatt, kukoricát se előtte se utána ne vessünk. A cukorcirok hibridek nagyon jól fejlődnek gabonák, főleg a búza után vetve. Előveteménye lehet továbbá a napraforgó, repce, csicsóka is. Utónövényei a gabonák, szója, napraforgó lehetnek elsősorban (13. táblázat).

13. táblázat. A cukorcirok elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Cukorcirok	Cukorcirok	Cukorcirok, csillagfűrt
Napraforgó, repce		Gabonafélék
Kínai nád, keserűfű		Napraforgó, szója
Csicsóka, kukorica		Burgonya, z. Pántlikafű

Egyéb megjegyzés: 2-3 vetésváltás nélkül termesztendő

Produkcó

Az optimális termésszintek jelenleg átlagosan 25 t/ha/év szárazanyagot, és az ehhez tartozó 9 t/ha cukortartalmat irányoznak elő. A dél-németországi állományokról 8-10 t/ha fermentálható cukrot várnak el minden évben. Az energianövény piac zártsága miatt, nagyon nehéz meghatározni a növény igazi értékét. Olaszországi tapasztalatok szerint, az éves bevételek a hagyományos növények szintjén fedezik a kiadásokat. Figyelembe véve a munkaerő költségét, az cukorcirok változó költségeit, a

hozamokat, a piacosítható termékek és a hagyományos termékek bruttó értékét, a 26-46 ECU/t az eladási ár, amelyet a termelőnek meg kell kapnia a cukorcirok biomasszájáért, hogy az éves bevételei reálisan összevethetők legyenek a hagyományos növényekével.

Betakarítás és raktározás

A betakarítás optimális ideje szeptember-október hónapban van, attól függően, hogy a növény mikor éri el a maximális beltartalmi értéket (max. zöldtömeg). Semmiképpen nem szabad hó vagy fagyhatásnak kiténi a már beérett növényt. A betakarítógép kiválasztásánál néhány tényezőt fontos figyelembe vennünk. A cukorfermentáció szempontjából lényeges, hogy a száruk, amennyire csak lehet, össze legyenek darabolva. A betakarítógépeknek szét kell tudniuk válogatni a leveleket, de főleg a bugavirágzatot a száraktól, mivel azok alacsony cukortartalma rontja a kinyerés határfokát. A jelenleg használatban lévő betakarítógépek sajnos nem alkalmasak erre a feladatra, de a prototípus kifejlesztése már folyamatban van. A végső cél az, hogy 1 hektár cukorcirok 1 óra alatt betakarítható legyen, ami nem is túlzás, ha méréselt európai hozamokat vesszük figyelembe.

A növény tárolhatósága nagyrészt attól függ, hogy a növény hogyan lett kezelve. Az egész növényt egyben kb. 27-30 napig lehet különösebb veszteségek nélkül elraktározni. Ha már 25-40 cm-es darabokról van szó, akkor a tárolás maximum 19 nap lehet. A 10 cm-es, vagy annál kicsivel nagyobb darabkák kb. 12 napig tárolhatók, a szecskázott cukorcirkot betakarítás után azonnal fel kell dolgozni.

Feldolgozás és felhasználás

Betakarítást követően, amilyen hamar csak lehet, a levágott szivacsos szárat el kell szállítani a feldolgozó helyre, ahol ezeket tovább aprítják amennyiben szükséges. Ezt követően kipréselik belőle a cukorlevet, illetve elválasztják a cukrot a növényi maradványoktól. Az extrakciónak kétféle technológiája ismeretes, az egyikben a szétzúzás guruló préssel történik, a másikban az aprítékot szétterítik és kivonják belőle a vizet. Extrakció után a cukortartalmat a tárolás miatt koncentrálnak, vagy elküldik bio-alkohollá való feldolgozásra. Az eljárás során keletkezett mellékterméket azonnal feldolgozzák, vagy szárítást követően hosszabb ideig tárolhatják is.

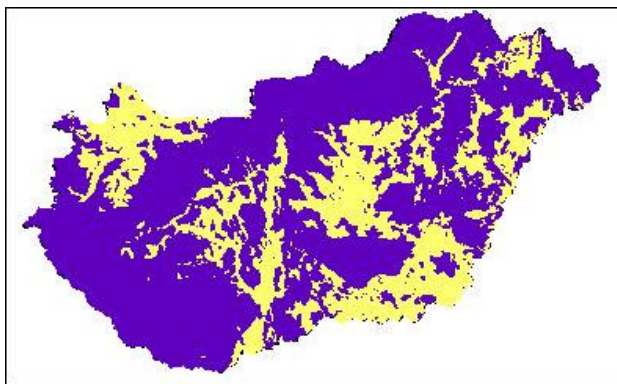
A cukorcirkot két módon lehet energiává alakítani: biokémiai és termokémiai úton. A biokémiai eljárással a feldolgozott cukrot, mint bio-etanol üzemanyagot hasznosítják. A feldolgozással körülbelül 6000 liter bio-etanolt nyerhetünk hektáronként. A termokémiai eljárás, amely lehet égetés, elgázosítás vagy pirolízis, főként az extrakció után megmaradt melléktermékeket érinti. Ezeket leginkább szárítás után, brikettálva vagy natúr használhatjuk fel. A komposztként való hasznosítás sem ritka.

Az elméleti etanol hozam a következő formula segítségével kalkulálható (El Bassam et al. 1987):

Teljes cukortartalom (%) a zöldhozamban (fresh matter-FM) \times 6,5 (konverziós faktor) \times 0,85 (a feldolgozás hatásfoka) \times teljes biomassza (t FM/ha)

A legjobb genotípusok 6000 liter etanol/ha feletti hozamok elérésére is képesek. A cukorcirok minden valószínűség szerint tért fog hódítani a jövőben. Mint „alkoholos növény”, amely energetikai és ipari célra is hasznosítható, kiemelkedően magas biomassza és fermentálható cukorhozammal rendelkezik.

Termesztésre alkalmas területek



10. ábra. A cukorcirok optimális termőhelyei (2.775.000 ha)

Szudánifű – Sudangrass (*Sorghum vulgare P.v. sudanense*)

Általános leírás

A takarmánycirok növények közül a hazai növénytermesztés elsőként a közönséges szudánifűvel ismerkedett meg. Kisebb nagyobb területeken 1925 óta termesztik Magyarországon, termőterületének növekedése 1994-óta ismét megfigyelhető. A második világháború után a Martonvásári Kutató Intézetben Surányi és munkatársai alapozták meg hazánkban a cirok termesztésének agrotechnikáját, illetve Barabás és munkatársai a cirok nemesítését. A ciroknemesítés legátütőbb eredményét a Hybar Mv 301 hibrid szudánifű jelentette, amely 30-40%-kal adott nagyobb zöldtermést, mint az addig ismert legjobb külföldi és hazai fajták.

A szudánifű, mint neve is elárulja, Szudán és Etiópia sztyepp- és szavannaterületeiről származik, részben innen eredeztethető nagyon jó szárazságtűrő képessége. Földünkön ebbe a klímazónába tartozó területeken alakultak ki a C₄-es fiziológiai csoportba tartozó növények, a kukorica, miscanthus, elefántfű stb. és a cirkok között a szudánifű is.

A külső morfológiai bélyegek alapján a szudánifű a cirokfűvekhez tartozik. A szudánifű laza bugájú, vékony szárú, dús levélzetű, jól bokrosodó és sarjadzó egyéves cirokváltozat. Magasságuk 2-2,5 méter. Elterjesztésében fontos szempont, hogy nagyon könnyű a különböző tulajdonságú hibridek előállítás. (Barabás, 1962).

Ökológiai igények

A szudánifű szárazságtűrő képességéről már szó esett, de az ezzel együtt járó hő és fényviszonyok is alapfeltételei a növény növekedésének. A növény hőmérsékleti igénye 25-27 °C, ami főleg az Alföldi területeken biztosítható leginkább. A növény akkor viseli nehezebben a szárazságot, ha az hűvös időjárással párosul.

A futóhomok és a sziklás talaj kivételével szinte minden talajon termeszthető. Nem érzékeny a talaj savanyúságára sem, mert 5,0-5,5 pH esetén is igen jó hozamokkal számolhatunk. Különösen kedvezőek a tapasztalatok szudánifűvel szikes talajokon, de a homok és erodált vályogtalajokon is nagyon jól termeszthető, különösen ha figyelembe vesszük talajjavító hatását.

Szaporítás

Időjárásunk hőmérsékletének kiegyenlítetlensége miatt a szudánifű csírázóképesége gyenge. Mivel kelésük-csírázásuk elhúzódhat, csak csávázott vetőmagot szabad alkalmazni. Csírázási hőmérséklete 12 °C, ezért már április utolsó, vagy május első hetében vethetjük. Általában 12-es gabona-sortávra vethetjük, 1-2 milló/ha csíraszámmal. A gyengébb talajokon, aszályos területeken 34 cm-es sortáv ajánlatos.

Termesztés

A növény, takarmányozási célra nagyon alkalmas, mert igen nagy zöldhozam mellett kitűnően sarjadzik. Tenyészideje 100-110 nap, ezért kétszer, sőt öntözéssel háromszor is kaszálható évente. Energetikai célra való termesztés esetében azonban csak az évi egyszeri betakarítás ajánlott, a hektáronkénti szárazanyag hozam így is meghaladhatja a 25-30 t/ha-t. Május eleji vetés esetén a szudánifű állomány augusztusra éri el a maximális zöldtömeget, lábon illetve helyben szárítás javasolt felhasználás előtt. Gyengébb talajokon nagyobb termés eléréséhez N (240); P (100); K (210) kg/ha műtrágyahatóanyag felhasználás ajánlható. A szudánifű nagyon meghálálja az öntözést, aszályos idő esetén, szárbaszökéskor 60 mm-es normával öntözhetünk.

Vetésforgó

Rendkívül dús, mélyre hatoló gyökérzetükkel – amely egyben legfőbb biztosítéka szárazságtűrő képességüknek – nagymértékben igénybe veszik a talajnedvességet ezért kiszáritják a talajt. Ezen kívül nagy tömegű gyökeret hagy a talajban, amelynek elbomlása hosszú időt vesz igénybe, így kedvezőtlen C:N arányt okoz. Önmaga után, monokultúrában is termeszthető 3-4 évig mint energianövény, de kellő hígtrágyázás vagy tápanyag visszapótlás szükséges.

Előveteményre igénytelen, de előtte repce, cukorrépa vagy burgonya képzelhető el leginkább az energianövények közül. A szudánifű rossz előveteménye pl. gabonáknak, de takarmánynövényként, zölden betakarított szudánifű után a kukorica, napraforgó vagy a pillangósok jól díszlenek már kevesebb műtrágyapótlással is (14. táblázat).

14. táblázat. Szudánifű elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Szója, kender	Szudánifű	Kukorica, gabonafélék
Cukorrépa,		Csillagfűrt
Burgonya, csicsóka		Pántlikafű
Óriás keserűfű		Csicsóka, burgonya

Egyéb megjegyzés: velő növény, önmaga után 3-4 évig természetű

Produkcó

A szudánifű hibridek potenciális termése zölden 90-120 t/ha, aminek kb. 20-30%-a szárazanyag. Gyenge adottságú, szikes vagy homokos talajokon is 40-80 t/ha zöldter-méssel számolhatunk. Energetikai szempontból a szudánifű, mint szilárd biomassza forrás jöhet szóba. Lábon szárítás majd brikettálás, pelletálás után használható fel. Közeli rokona a szudánifűnek az édes cirok (illetve hibridjei), amely kifejezetten cukor, s ebből alkohol előállítására lett kinemesítve.

Betakarítás és raktározás

Az optimális betakarítási időszak októbertől november közepéig tart, időjárástól függően. Betakarításánál a már említett késleltetett betakarítás is alkalmazható, amely az ismert előnyökkel jár e növénynél is.

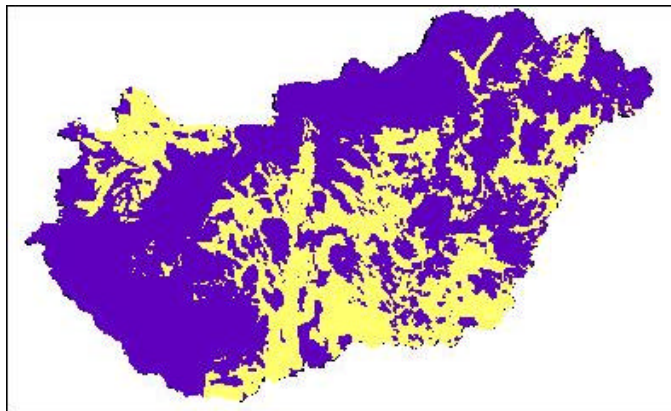
Feldolgozás és felhasználás

A szudánifű Magyarországon való energetikai termesztésbe vonását nem különöseb-ben nagy terméshozama, inkább a termőhelyek iránti igénytelensége, a talajjavító hatása illetve közismertsége indokolja.

Optimális körülmények között termesztése során igen magas biomassza tömeg nyerhető hektáronként, ami főleg C₄-es tulajdonságainak köszönhető. Energianövény-ként termesztve, szilárd biomasszát produkáló haszonnövényként, fontos szerepe van az energetikai vetésciklusok összeállításában.

Szudánifűből takarmányszéna is készíthető. A gyorsabb szárítás végett szársértő fűkasztát használnak, aztán hideglevegős kezeléssel kazalban tárolják. Hátránya, hogy csak kis méretű bálákban préselhető. A múltban, az energiaár-robbanás előtt, a gazda-ságosság érdekében a szénelisztt-üzemek a lucerna feldolgozás szüneteiben, szudánifű-vel használtak alapanyagként a működtetéshez.

Termesztésre alkalmas területek



11. ábra. A szudánifű optimális termőhelyei (3.280.000 ha)

3.2.2. Hüvelyesek

Az elsősorban a magjukért termesztett hüvelyesek közül, a szója és a csillagfűrt magyarországi termesztése leginkább ismeretes. E két növényt még együttesen sem jellemezhetjük nagy volumennel. Ennek leginkább az az oka, hogy főként a szója termesztésének nincs hagyománya Magyarországon. A két növényt hazánkban főleg takarmányozási célból termesztik, bár a szója nemzetgazdasági jelentőségének növekedésére lehet számítani, mivel nemzetközi viszonylatban – a gabonafélék után – a második legfontosabb élelmiszernövényünké lépett elő. A hüvelyesek terméseiben a nagy fehérjetartalom jelent értéket, éppen ezért energetikai célra való termesztésüknek csak szélsőséges esetben, illetve a magvak olajtartalmának fokozott növelésével lehet esélye.

A hüvelyesek közül a szója és a csillagfűrt magjai rendelkeznek a legmagasabb fehérje- és olajtartalommal. A szója: 39:21, csillagfűrt: 37:18 -es arányokkal jellemezhető százalékosan a fehérje- és olajtartalom vonatkozásában a magtermésben. Ezek az arányok szükség esetén nemesítéssel némiképp módosíthatók az olajtartalom javára, de megoldás lehet e növények esetében is a genetikailag módosított fajták termesztésbe vonása. Ezen a területen, főleg a szójával kapcsolatban, Amerikában igen előrehaladott kísérletek folynak már évek óta.

Termesztett növények:

Csillagfűrt – (Lupinus spp.)

Szója – (Glycine max L.)

Csillagfűrt – Lupines (*Lupinus spp.*)

Általános leírás

A csillagfűrt a Dél-Amerikai kontinensről és a mediterrán régióból származtatható. Bár a *Lupinus* nemzetség eléggé nagy, több mint 300 faj keveredik genetikailag, az eredeti élőhelyeken csak néhány mezőgazdasági szempontból fontos változatot találunk. A házasított fajok közül kettő csoportot különböztetünk meg, az „Óvilági fajokat” *Lupinus albus* (fehér csillagfűrt), *Lupinus luteus* (sárga csillagfűrt) és *Lupinus angustifolius* (kék csillagfűrt), ezeket nevezzük mediterrán eredetűeknek. Az „Újvilági fajok” legismertebb képviselője a *Lupinus mutabilis* (gyöngy csillagfűrt), amely Dél-Amerikai eredetű. A legnagyobb különbség az „Óvilági és az Újvilági” fajok között a magvak mérete. Az „Óvilági” fajok magjainak átmérője nagyobb, mint 5 mm, súlyuk pedig több mint 60 mg. Az „Újvilági” magvak kisebbek, átmérőjük 5 mm alatti, súlyuk 50 mg alatt marad.

Lupinus albus 1,2 m magasáig nő meg, szára és levélszára sima, selyemfényű. A szárok 5-9 tojás alakú levelet tartanak, melyek szőrözöttek, élük finom csúcsban végződik. Fűrtvirágzata 5-30 cm hosszú, szár nélküli. Pártái fehérek, ibolyakék árnyalattal a széleken. A hüvelytermésekben egyenként 3-6 magocskát találunk. Hüvelye nem pereg, a szemek gömbölydedek fehér színűek lila árnyalattal, vagy sötétbarna pettyekkel.

Lupinus luteus a legalacsonyabb csillagfűrt fajta, magassága alig éri el a 0,8 métert. Szára szőrös, fordított tojás alakú, levelei kissé hegyesek. A hüvelyek 0,5-2,5 cm hosszúak, a párták élénk sárgák, virágai enyhén illatozók. A hüvelyek 4-6 magot tartalmaznak. A magvak gömbölyűek fehérek vagy fehér alapon barna-fekete cirkásak.

Lupinus angustifolius 1,5 m magasra nő meg. Szára majdnem teljesen szőrtelen, rajta 5-9 spatula alakú levelet találunk. A hüvelytermések 0,5-2 cm hosszúak, nyél nélküliek. A párták színe világosból sötétkébe, ibolyába hajló. A hüvelyek 4-7 magot tartalmaznak. A magvak simák, különböző színűek.

Lupinus mutabilis a legmagasabbra növő csillagfűrt fajta, eléri a 2 m-t is. A szára többé-kevésbé sima, néhol szőrözött, 5-9 levelet tartalmaz, melyek nyújtott-tojásdad alakúak. A hüvelyek 5-30 cm hosszúak. A párták kékek vagy lilák, fehér és sárga pettyekkel. A hüvelyek 2-6 magot tartalmaznak, a magvak feketék, barnás-feketék, vöröses-barnák vagy fehérek.

Az előbbieken az említett Lupines fajok mindegyike egyéves. A csillagfűrt képes megkötni a levegő oxigénjét és feloldani a talajban lévő foszfort és ásványi anyagokat. A csillagfűrt értékes élelmiszerforrásként vehető számításba a magvak magas fehérjetartalma miatt. A átlagos fehérjetartalom 31-44% között van, az olajtartalom 10-20%-a szárazanyagnak (*Hondelmann, 1996*).

A világ csillagfűrt termelése becslések szerint 1,5 millió tonna/év, amely főleg Ausztráliából és az Egyesült Államokból származik (*Rehm and Espig, 1991*). Hazánkban csekély, kb. 10 ezer ha, vagy ez alatti termőterületen termesztik. Az 1800-as évek végén, 1872-ben, egy betegség leírása kapcsán figyeltek fel a csillagfűrtre, mint állati takarmányra. A betegség, amelyet a csillagfűrt fogyasztása okozott, egy-két tünet kísért csak, és főleg a juhoknál jelentkezett. Ez főleg az idegrendszerre hatott, vagy máj-

gyulladást okozott. A legtöbb esetben mindkét hatás halálos volt. Ez a mérgező alkaloid volt a kapcsolat az „ősi” és a mai alacsony alkaloid-tartalmú fajok között. Az új fajok, amelyeknek alkaloid-tartalma igen csekély (nem mérgező) volt már, az 1930-as évektől jelentek meg.

Ökológiai igények

Lupinus luteus rendelkezik a legalacsonyabb ökológiai igényekkel. Szereti az enyhén savanyú talajokat, a savanyú homokot vagy a homokos agyagtalajt. Vízigénye igen alacsony, a gyengébb fagyokat átvészeli.

Lupinus angustifolius nagyon érzékeny a szárazságra, igényli a nedves klímát, a közepesen erős fagyoknak is ellenáll. A gyengén savas homokos agyagtalajt, vagy a semleges agyagos homokot kedveli.

Lupinus albus a gyengén savas agyagos homokot, vagy az agyagtalajt preferálja. A növény mész érzékeny, mint a többi csillagfürt, szinte csak savanyú talajokon található. A fehérhere enyhén fagyérzékeny, főleg magérés alatt.

Lupinus mutabilis, mint a legnagyobb maghozamú növény, a meleg nyári klímát szereti. Általában a csillagfürtöt marginális, vagy peremterületeken termesztik. Ajánlott olyan területeken elvetni, amelyek pH-ja enyhén savas, vagy savas kémhatású. Az ajánlott klíma meleg, közepesen vagy erősen napos, illetve nem túl nedves.

Szaporítás

A csillagfürt közismerten maggal szaporítható. Nagyon fontos, hogy jó minőségű, a felhasználásnak megfelelő vetőmagot válasszunk, illetve még véletlenül se tartalmazzon egyéb „szennyezőanyagot”.

Termesztés

A maximális hozamot a növény csak a nitrogénfixáló baktériumok segítségével érheti el. A talaj nem mindig tartalmaz elegendő baktériumot, ezért ilyen esetekben mesterséges injektálással kell a megfelelő szintet biztosítani. A csillagfürtökhöz kötődő baktériumok a legtöbb esetben a *Bradyrhizobium spp.* és a *Rhizobium loti*.

A talaj-előkészítés normál szántással, boronálással történik, de bizonyos esetekben elég csak meglazítani a talajt. Vetés a szubtrópusi, mediterrán régióban augusztustól novemberig történik, az esős évszak elején. A mérsékelt övben kora tavasszal vetik a csillagfürtöt. A javasolt növényesűrűség *Lupinus luteus* és *Lupinus angustifolius* esetében 80-90 növény/m², a *Lupinus albus*-nál 50-60 növény/m². A sortávolság 18-25 cm között változtatható, míg a vetésmélység 2-4 cm.

Magyarországi átlagban, a fehér csillagfürt 1,5-2,6 t/ha magtermés eléréséhez homokon és erodált talajokon a következő műtrágya adagokat igényli: (N) 30-60; (P) 22-73; (K) 37-76 kg/ha. Német kutatások szerint, a csillagfürt átlagos műtrágyaigénye a következőképpen alakul:

P₂O₅ : 60-90, K₂O : 90-120, MgO : 25-35 kg/ha.

A gyomok távoltartása nagyon fontos feladat, különösen a fejlődés korai szakaszában. Ez történhet gyomirtó szerekkel, vagy mechanikai úton. A gyomirtó szerek alkalmasak a leghatékonyabb gyomirtásra az állományban. A betegségek és a kórokozók, amelyek a csillagfürtöt megtámadják, régióról-régióra változnak. A csillagfürt állományban rendszerint a rozsdagombák, fuzárium fajok, és a vírusok közül az uborka mozaik vírus okozhatnak károkat. Az állati kártevők közül a különböző bogárlárvák, legyek, tetvek, gyökérparaziták, rágcsálók kártételével lehet számolni.

Vetésforgó

A csillagfürt vetésforgóba illesztését a klasszikus szakirodalom a következőképpen javasolja. Gabonafélék után, illetve csicsóka, burgonya, fehér répa és káposztafélék előtt alkalmazva érjük el a legjobb termésfokozó hatást. Másik fontos szempont, hogy hüvelyes növényeket ne ültessünk közvetlenül egymás előtt vagy után. Csillagfürtöt sem követhet közvetlenül csillagfürt a vetésforgóban, sőt 4 évenkénti egyszeri alkalmazása javasolt ugyanabban a talajban. Ennek az oka, hogy a csillagfürt nitrogén-fixáló baktériumai által, a talajban felhalmozott plusz nitrogén jelentős része így feleslegesen elpazarolódna.

Jó előveteménynek számít burgonya és csicsóka előtt (15. táblázat). Napraforgó azonban se előtte, se utána 2 éven belül nem ajánlott.

15. táblázat. Csillagfürt elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Gabonafélék, c. Cirok	Csillagfürt	Csicsóka
Cukorrépa, cikória		Burgonya
Zöld pántlikafű		Cukorrépa, tritikálé
Kukorica, pántlikafű		Zöld pántlikafű

Egyéb megjegyzés: önmaga után kb. 4 évente vethető, napraforgó se előtte, se utána két évvel nem tehető a vetésforgóba.

Produkción

A csillagfürt termésátlaga széles határok között változik, ez nagyban függ atermesztés helyétől, a fajtától és a művelés módjától. A maghozam Bellido szerint, fajtától függően a következőképpen alakul (16. táblázat).

Ausztráliában a termésátlagok 1.0-1.1 t/ha, Németországban 1.71-1.93 t/ha, Magyarországon 1.5-2.6 t/ha között mozognak.

16. táblázat. Csillagfürt fajták a hozzájuk tartozó hozamokkal

Fajta	Hozam (t/ha)
Lupinus albus	0,5-4
Lupinus angustifolius	0,5-4
Lupinus luteus	0,8-2,6
Lupinus mutabilis	0,3-2

Betakarítás és raktározás

Általában elmondható, hogy a csillagfürtöt teljeséréskor kell betakarítani, stabil cséplőgéppel. Egyes fajtáknál vigyázni kell, hogy a szempergést elkerüljük.

Feldolgozás és felhasználás

A növény föld feletti része zöld-takarmányként, szénaként vagy zöldtrágyaként hasznosítható. A magvakat közvetlenül állati takarmányozásra, vagy humán ételmezésre használhatjuk. Általában csak azokat az „édes” csillagfürt fajokat használják takarmányozásra, amelyeknek nincs, vagy igen alacsony az alkaloid koncentrációja. Azok a fajták, amelyek magas növényolaj-produkcióra képesek, rendszerint sokkal több alkaloidot is tartalmaznak. Ez a magas alkaloid-tartalom energetikai felhasználás szempontjából természetesen mellékes, viszont ezekkel a fajtákkal sokkal magasabb olajhozamok érhetőek el (pl. *L. albus*, *L. Mutabilis*). A növényi fehérje és olajtartalmat a szárazanyag-százalékában a 17. táblázat mutatja (Plarre, 1989):

17. táblázat. Fehérje és zsírsavtartalom a különböző fajtákban

Száraz anyagban	Albus	Angustifolius	Luteus	Mutabilis
Fehérje%	34-45	28-40	36-49	32-49
Zsírsav%	10-16	5-9	4-9	13-23

Érdekes a növényekben található zsírsavak százalékos összetétele is, példaként a fehér és sárga csillagfürt zsírsavösszetételét (18.táblázat) nézhetjük meg (Sator, 1979):

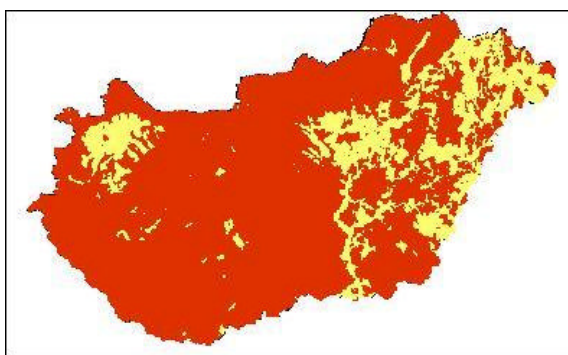
18. táblázat. A fehér és sárga csillagfürt zsírsavösszetétele

Zsírsavak	Fehér (albus)	Sárga (luteus)
Olajsav	52,6-60,6	23,8-39,1
Linolsav	16,5-23,4	45,0-48,8
Linolénsav	2,5-8,1	0,9-7,6

A magasabb olajsavtartalom a kinyert növényi olaj kezelhetőségét, alacsonyabb viszkozitását biztosítja, amely tüzelőanyag- vagy bio-dízelként való felhasználásnál a legfontosabb szempontok egyike.

Kutatások igazolják, hogy a 2,5-6,0 t/ha-os maghozamot elérve, 8-20%-os olajtartalom mellett, a csillagfürtől nyerhető bio-olaj mennyisége 500-2000 liter hektáronként. A teljes biomassa tömeg (zöld részekkel együtt) elérheti az 5-20 t/ha-t. A csillagfürt energia-mérlege nagyon pozitív, nincs szükség számottevő nitrogén bevitelre, termesztése kényelmes, illetve a talajt nagyon jó fizikai állapotba hozza.

Termesztésre alkalmas területek



12. ábra. A csillagfürt optimális termőhelyei (1.796.000 ha)

Szója – Soybean (*Glycine max* L.)

Általános leírás

A szója egyéves, bokorszerű C_3 -as, kínai eredetű haszonnövényünk. Átlagos magassága 80-120 cm körül van, a növény felülete mindenütt szőrökkel borított. A szója kelés után erős főgyökeret fejleszt, amelyből szabályos elrendeződésben kisebb oldalgyökök ágaznak el. A sziklevel felett és az elsődleges levél között alakul ki az epikotil, amelynek felülete már szőrözött. A későbbi növekedés során az orsó alakú főgyökér oldalgyökerein telepednek meg a *Rhizobium japonicum* telepei, azaz a szója „gümői”.

A szója szára dudvás, amely a későbbiekben megfásodik. Levélzete szórt állású, az elsődleges lomblevél egyszerű, a többi lomblevél pedig hármasan összetett. Virágzata fűrtvirágzat, termése hüvelytermés, amely általában csüngő. A hüvelyben legtöbbször három mag fejlődik ki, de előfordul egy és négymagvú is. A növényen a hüvelyek száma 80-120 között változik. Magja ovális alakú, színe a fehéres-sárgától a barnás-fekete árnyalatig mindenféle lehet, ami fajtabélyegként szerepel. A mag összetevői a következő határok között mozognak: 38-43% fehérje, 18-25% olaj és 24% szénhidrát.

A szója nagyon fontos fehérje és olajnövényünk. A legnagyobb termelők a világon, USA, Brazília, Kína és Argentína. Eredetileg a szóját csak szubtrópusi területeken ter-

mesztették, főleg Észak-Amerikában és Kelet-Ázsiában. Az északi félteke 35-40° foka között érzi magát a legjobb feltételek között, de mára nagyon széles körben elterjedt, a trópusoktól a mérsékelt övig. Európába az 1800-as évek második felében kezdtek el foglalkozni a szója honosításával. Az 1873-as bécsi világkiállításon, a Mosonmagyaróvári Haberlandt Frigyes, már saját nemesítésű magyar fajtával jelent meg nagy sikerrel.

Ökológiai igények

A szója mára igen különböző környezeti feltételek között termesztett, és termeszthető haszonnövényünk. Ennek oka, hogy számtalan nemesítő foglalkozott és foglalkozik a növényvilágszerte. Rendszerint adaptálták a helyi termesztési körülményekhez, környezeti adottságokhoz. A szója a kukoricához hasonló ökológiai igényekkel rendelkezik. A növény magas, nyári hőmérsékletet igényel, mely feltétele az őszi beérésnek. Agyagos közép-kötött, vagy ennél lazább, jó hő és vízgazdálkodású talajok növénye. Ha megfelelő öntözöberendezés áll rendelkezésre, akkor homokos talajokon is termeszthető, de sem a kötött kemény, sem a túl nedves talajokat nem hoz jó eredményeket. Az egyenletes, nedves, szubtrópusi klímát szereti a legjobban. Bár 24-25 °C -on növekszik legoptimálisabban, azért a 20-30 °C hőmérséklet tartomány minden növekedési fázisban kitűnő feltételeket biztosít a növény számára. Fagyűrő képessége jobb, mint a kukoricáé.

A szója nagyon érzékeny a megvilágítás időtartamára, 12 óra alatti megvilágításnak idő előtti virágzás és csökkent hozam az eredménye. A legjelentősebb nemesítők szerint virágzaskor a nappalhosszúság nem lehet kevesebb, mint 14 óra.

A növény 4-5 hónapos növekedési periódusában, öntözést vagy 500-750 mm évi természetes csapadékot igényel. Érésidőszakban viszont a csapadékmentes, meleg klímát preferálja. Az optimális pH tartomány 6-6,5 között van, de a növény tolerálja a kicsivel savasabb vagy lúgosabb talajokat is. Minden tonna magtermés 15 kg foszfort és 50 kg káliumot von ki a talajból.

A rhizóbiumokkal való kapcsolat az egyik legfontosabb feltétele a jó növekedésnek és a bőséges terméshozamnak. Ezért a biztos hozamok reményében, a vetőmagvakat szükséges, már a bevezetőben említett, *Bradyrhizobium japonicum*-mal beoltani, mivel a nemesített fajták e baktériumfaj nélkül szinte nem is „működnek”, azaz nem fejlesztenek gumókat. A beoltás 0,2-0,3 l/100 kg vízben oldott oltóanyagban való kezelést jelent vetés előtt.

Szaporítás

A szója szaporítása magokkal történik. Nagyon nagy választékot találunk a nemesített szójafajták között, egészen eltérő jellemzőkkel. Alkalmazás előtt tehát ki kell választanunk a megfelelő vetőmagot, a szerint hogy milyen feltételek között, milyen klímán, talajon, hőmérsékleten stb. kívánjuk a növényt termesztetni.

Termesztés

A *Glycine max* vetése április közepétől május elejéig optimális. A talajhőmérsékletnek 5 cm-es mélységben legkevesebb 10 °C kell hogy legyen. Az ajánlott vetésmélység 3-4 cm, a sortávolság pedig 25-45 cm. A növénytűrést 40-60 növény/m²-re szükséges beállítani, amelyhez kb. 70-90 kg/ha vetőmag szükséges. A szója gyökérgumóinak nitrogénkötő képessége negatív korrelációban van a talajhőmérséklet növekedésével. A Dél-Európai és Mediterrán régiókban ezért nagyobb növénytűrést alkalmaznak, ami azt eredményezi, hogy a melegebb klímán a növények árnyékolják, így hűtik egymást. A szélesebb sortávolság viszont egyhébb klímán nagyobb növekedéshez és maghozamhoz vezet.

A nitrogénfixáló baktériumok jelenléte miatt, a legtöbb talaj esetében nem szükséges kiegészítő trágyázást végezni, különösen abban az esetben, ha az elővetemény növény bőségesen kapott nitrogén trágyát az előző évben. Egyébként az ajánlott átlagos műtrágyaszükséglet a következő:

N 50-70, P 70-80, K 80-100 kg/ha.

Vetés után néhány héttel az állományban gyommentesítés szükséges. A gyomtalanítás történhet gyomirtó szeres kezeléssel, vagy mechanikai ápolással. Vetés utáni gyomirtás a leghatékonyabb. A legjelentősebb termést csökkentő gyomnövényei a muharfajok, a disznóparéj és a libatopfélék.

Az aszálynak és a szárazságnak rendkívül erős negatív hatása van a terméshozamra, különösen a virágok kialakulása előtt és a szemképződés időszakában. A klímától függően szükség lehet öntözésre, főleg semi-arid területeken, a mag intenzív fejlődésének időszakában.

A betegségek okozta károkat nagymértékben csökkenthetjük megfelelő műveléssel és jó magszelekcióval, ami főleg a növény-egészségügyi szabályok betartását és vetésforgó alkalmazását jelenti. A legnagyobb károkat okozó növénybetegségei a következők: szója-sárgamozaik vírus, baktériumos levélfoltosság, fuzáriumos hervadás, szója-peronoszpóra és a fehérpenészes szárrothadás. Állati kártevők közül a bagolyepkék, az akácmoly, atkák, levéltetvek nemcsak károsítók, hanem betegségetterjesztők is.

Vetésforgó

A szója nagyon sokféle vetésforgóba beilleszthető, de rendszerint két gabonaféle közé helyezik be. Lehetséges vetésforgók a hagyományos termesztésben a következők: kukorica-szója-búza, szója-búza-cirok, köles-tavaszbúza-szója stb. Figyelnünk kell továbbá a szója négyéves vetésváltására, illetve arra is, hogy napraforgó után soha ne vessük a szklerotínia fertőzés miatt. Vigyázni kell arra is, hogy a szója a többi pillangóssal nem egyenértékű elővetemény, sokkal jobban rontja a talaj vízkészletét, mint bármely más hüvelyes. Jó előveteményei közé tartozik a búza, őszi árpa, cukorrépa vagy a cukorcirok. Utóveteményként a szakirodalom alapján a búzát, gabonaféléket, repcét illetve az évelőket ajánlom. Fontos betartani, hogy a szóját négy éven belül ugyanarra a területre ne vessük (19. táblázat).

19. táblázat. Szója elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Kukorica, cikória	Szója	Búza,
Cukorrépa		Szudáni fű
Cukorcirok		Óriás keserűfű
Búza, gabonafélék		Gabonafélék

Egyéb megjegyzés: négyéves vetésváltás szükséges, napraforgó után ne vessük a szklerotínia miatt

Produkcó

Egy – a már a repcénél említett – olajnövényekről szóló amerikai tanulmányban Goering és Daugherty meghatározta a teljes energia input mennyiséget öntözetlen szója állományban. Ez az érték 12044 MJ/ha volt. A számítás magába foglal mindet költséget, a szója mag árától kezdve az olajból származó bevételekig. Az energia outputot 20777 MJ/ha-ban határozták meg. Ennek alapja 2623 kg/ha-os maghozam, 20%-os olajtartalom mellett. Az energia output/input arány így 4,56 lett. Ez volt a legkedvezőbb arányszám a kilenc tesztelt növény közül, amelyek mindegyikét öntözetlen körülmények között vizsgálták. A repce mutatta a következő legmagasabb arányt sorban 4,18 -at.

A jelenlegi gyakorlatban a szójának még nincs olyan magas hozama (amelyet az előző számítás feltételez), hogy megengedhető lenne olajának energiaforrásként való felhasználása. Az olajhozamok növelése az európai kutatások és nemesítések célja. Legújabb németországi adatok szerint 2,1 t/ha maghozam esetén, 18% olajtartalom mellett elért legmagasabb eredmény 0,378 t/ha olaj volt.

Betakarítás és raktározás

A növény betakarítását akkor kell megkezdeni, ha a levelek már teljesen elsárgultak, nagy része lehullott és a csúcsi hüvelyekben a magok egészen megkeményedtek. A Reglone-val történő desszifikálás is gyakori szabályozási módszer. A betakarítás időpontjának megválasztása a termesztés egyik legfontosabb mozzanata. Rossz időpontban, rosszul megválasztott vágószerkezetek alkalmazása esetén akár 30-35% betakarítási veszteség is bekövetkezhet.

A betakarításra használt kombájnokon csak flexibilis vágószerkezettel ellátott adaptert lehet használni, amelyek talajkopírozó szerkezete lehetővé teszi az alacsony tarlómagasság tartását. A kombájn sebességét 3-5 km/h-ra kell csökkenteni. A betakarított termést előtisztítón feltétlenül végig kell engedni, hogy a bekerült szármaradványok vissza ne nedvesítsék a magvakat. Betakarításkor a magvak nedvességtartalma 20% alatt van. Ha a termény 15% alatt van, akkor szárítani nem szükséges, egyébként a tárolhatóság kedvéért, 12% körüli nedvességtartalomig kell visszaszáritani. Az így leszárított magvak egész évben felhasználhatók.

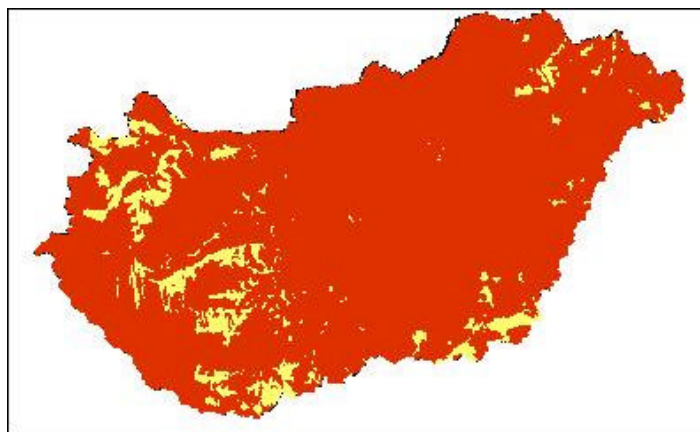
Feldolgozás és felhasználás

A szójának nagyon széles a felhasználási területe akár élelmiszerként, vagy non-food célokra. A szójából a következő ehető termékek állíthatók elő: szójatej, szójaszós, juba, misu, tofu, szójaliszt, extrudált szójafehérje, texturált szójafehérje (*TSP*) valamint szójaolaj és szójapogácsa. Szójaolaj használható főzésre, margarinkészítésre vagy salátaöntetetekhez. Magát a zöldsővényt abrakként is felhasználhatjuk.

A magvak nem élelmiszeripari felhasználása is sokrétű. Magas lecitintartalma miatt gyógyászati emulzióként, nyomtató tinta és peszticid alapanyagként stb. használják. Protein tartalma miatt szintetikus rostok és ragasztó is előállítható belőle.

Bioenergia hasznosítás szempontjából a növény legfontosabb eleme az olaj. Az olajkinyerés a magvakból oldószeres extrakcióval történik. Oldószeres extrakcióval tiszta növényi olajat nyerünk, az ezt következő lépés pedig az észterifikálás. Ez az olaj aztán használható akár önmagában, akár dízel olajhoz keverve, mint bio-üzemanyag. A növény többi része – szár, levélzet – is jelentős biomassa tömeget (8-10 t/ha) képvisel, amely szilárd tüzelőanyagként használható fel.

Termesztésre alkalmas területek



13. ábra. A szója optimális termőhelyei (700.770 ha)

3.2.3. Gyökér és gumós növények

A Magyarországon termesztett gumós növényeink szinte mindegyike alkalmas energianövényként való hasznosításra is. Ezt főként a már jelenleg is igen magas színvonalon végzett termesztéssel, és a fejlett ipari feldolgozással indokolható. Cukorrépa esetében, ha energetikai célú véghasznosítás, azaz alkoholos üzemanyag előállítása a cél, a termesztés szempontjából nem szükséges változtatásokat eszközölni, mindössze az ipari feldolgozás során, a cukor kristályosítása helyett, alkoholos lepárlást kell alkalmaz-

nunk. Ennek következtében nagyobb mennyiségű répafejet dolgozhatunk fel, mivel az élelmiszercukorra vonatkozó tisztasági követelményeket nem szükséges betartanunk.

A cukorrépa-hoz hasonlóan használható gyökeres növényünk a cikória. Termesztése csak igen kis területen jellemző hazánkban. Talajigénye a cukorrépa-hoz hasonló, de inkább mérsékelttel igényekkel jellemezhető. Jól alátámasztja ezt az a tény, hogy vad alakja, a katángkóró, gyomnövényként az egész országban elterjedt. A cikóriagyökér inulintartalma, amely egy ritkán előforduló polifruktóz, nem a cukorgyártásban, hanem a pótkávé- és inulingyártásban kerül felhasználásra. Hátránya cukorrépával szemben, hogy jóval kisebb hozamokkal jellemezhető, viszont gyökere lényegesen tovább tárolható a betakarítást követően.

Hazánkban a gabonafélék után, a burgonya nevezhető a második legjelentősebb élelmiszernövénynek. Az igénytelenebbnek nevezhető, korábbi termesztési hagyományokkal rendelkező csicsókát mára teljesen kiszorította a termesztésből. Mindkét növény esetében a magas keményítőtartalom az, amely energianövénykénti hasznosíthatóságát indokolja. A burgonyából történő alkohol kinyerésnek már évszázados hagyományai vannak. Alkoholos üzemanyag előállítása a gumókból tehát nem támaszt különösebb technológiai feltételeket, de az szinte teljesen bizonyos, hogy az üzemanyag előállítás alacsonyabb költséggel jár együtt a tisztasági fok mérséklésének következtében. A csicsóka háttérbe szorítása az alacsonyabb hozamok, és a kis mértékű tárolhatóság miatt, üzemanyagként történő hasznosítás esetén is indokolt lehet. Nem szabad azonban elfelejtkezni arról sem, hogy a csicsóka betakarítása időben elcsúsztatható, gyengébb minőségű termőhelyeken is a vetésszerkezetbe illeszthető, évelő növény.

Fontos megjegyezni, hogy a szintetikus alkohol-előállítás előtt, a burgonya volt a szeszgyártás legfontosabb alapanyaga, 100 liter tiszta szesz előállításához hozzávetőleg 1000-1200 kg burgonyagumót használtak fel. „Igen hálás alapanyaga” a szeszgyártásnak a mai napig, a cukorrépa és a melasz is. Hús tonna cukorrépából igen egyszerű és olcsó eljárással 20-22 hl szeszt lehet előállítani. A szeszgyártás legolcsóbb alapanyagának mégis a cukorfeldolgozás egyik mellékterméke a melasz nevezhető. Ennek oka, hogy nagyrészt erjeszhető cukrot tartalmaz és erjesztéshez való előkészítése nagyon egyszerű. Az eljárás során 100 kg melaszból 30-32 liter szesz állítható elő.

Termesztett növények:

- Cukorrépa – (*Beta vulgaris* L.)
- Cikória – (*Cichorium intybus* L.)
- Csicsóka – (*Heliantus tuberosum* L.)
- Burgonya – (*Solanum tuberosum* L.)

Cukorrépa – Sugar-Beet (*Beta vulgaris* L.)

Általános leírás

A cukorrépa (*Beta vulgaris*) a Chenopodiaceae családba tartozik. Kétéves növény, amely az első évben az ipari feldolgozás nyersanyagát szolgáló répatestet fejleszt, második évben pedig virágzik és magot érlel. A cukorrépa feltehetőleg a Földközi-tenger

és az Atlanti-óceán partvidékéről származik, őséne a *Beta vulgaris ssp. perennis var. maritima* egyéves vad növényt tekintik. A mai cukorrépa őse a fehér sziléziai répa volt, 1747-ben kezdték a nemesítési munkálatokat cukortartalmának növelésére. Magyarországra a répat Tessedik Sámuel – 1767-ben – Németországból hozta be. Az első cukorgyár Franciaországban 1802-ben létesült, hazánkban 1808-ban Ercsiben. Jelenleg a világon kb. 34 millió tonna cukrot állítanak elő.

A cukorrépa virágzata gomolyos fűzér, termése gomoly, mely 3-5 mag összenövéséből fejlődik ki. Répagyökérnek a levelek nélküli répanövényt hívjuk. A feldolgozás szempontjából négy fő részre osztják: répafej, répanyak, gyökértest és gyökérfarok, melynek azért van jelentősége, mert részek cukortartalma jelentős mértékben eltérő lehet. A növény másik nagyon fontos szerve a levélzet. Mivel a növénynek nincs szárrésze, a levelek fejlődése a vegetációs időszakban többféle fejlődési fázissal jellemezhető. Először olyan nagyméretű, sima felületű levelek alakulnak ki rövid levélnyéllel, amelyeknek fotoszintetizáló képessége rendkívül nagy. Ezt követik a kisebb, rendszerint bordázott, hosszú nyelű levelek. Ezek a levelek töltik be a legfontosabb szerepet a cukor felhalmozásában, viszont fotoszintézisük intenzitása jóval kisebb, mint az előző típusé.

Ökológiai igények

A cukorrépa a mérsékelt égöv tipikus növénye, főleg az északi féltekén termesztik. Hosszúnappallos megvilágítást igényel, ekkor nagyobb cukortartalmú gyökert fejleszt. Tenyészideje 170-200 nap, mely alatt 2400-2600 °C a hőösszeg igénye. Vízigénye 550-600 mm, nagy vízigényéből fakadóan az ország legszárazabb tájai nem kedveznek termesztésének. A cukorrépa gyökere azonban igen mélyre hatoló, s így jó vízháztartású talajokon a tárolt nedvességből tekintélyes mennyiséget képes hasznosítani, mely révén a szárazabb klímájú területeken is elfogadható termésszintet produkál.

Talajigénye a legtöbb növényét felülmúlja. A középkötött, mély termőrétegű, morzsalékos, 6,9-7,2 pH értékű, jó víz és tápanyag-gazdálkodású talajokon hozza a legnagyobb termést. A cukorrépatábla iránt támasztott legfontosabb követelmények, mély termőréteg, homogenitás és a sík fekvés. Az optimális talajai a különböző csernozjomok, a barna erdőtalajok esetleg réti vagy öntéstalajok. Alkalmatlanoknak tekinthetjük a termesztés szempontjából, az igen kötött réti talajokat, a szikeseket, az erodált, heterogén, sekély termőrétegű vagy laza erdőtalajokat, a gyengén humuszos és futóhomok talajokat és a láptalajokat.

A cukorrépa nagy vízigényű növény, így az öntözővizet is nagyon jól hasznosítja. Az öntözött termesztésben – a kedvező biológiai tulajdonságok kiaknázása érdekében – nagyon körültekintőnek kell lennünk. Figyelembe kell venni többek között, az évi csapadék eloszlását, a talaj vízszolgáltató képességét, a növényállomány fejlettségét stb. Az öntözővíz mennyiségére is különösen érzékeny a cukorrépa. Réti, réti csernozjom talajon 30-50 mm-nél, csernozjom és öntéstalajon 40-60 mm-nél nagyobb vízádagot egyszerre a táblára ne adjunk ki.

Szaporítás

A cukorrépa szaporítása gomolytermésnek magjaival történik, melyek igen aprókák ezért, a biztonságosabb vetés érdekében drázsírozni szükséges őket. A vetőmagvak diploidok és poliploidok is lehetnek.

Termesztés

A növény vetése április végén, március elején esedékes, mikor a talaj hőmérséklete elérte a 6-7°C-t. Az ajánlott sortávolság 45 cm, a vetésmélység pedig 3-4 cm. Az egy hektárra szükséges vetőmag „U” egységben kifejezve kb. 1,7 U, ami 170000 magot jelent. Vetésmódja is többféle lehet, melyet az ide vonatkozó szakirodalom részletesen taglal. A növényeket 18-22 cm-es tőtávolságra kell beállítani, ami hektáronként 90-100 ezer egyedet eredményez.

A cukorrépában a kora tavaszi gyomosodás veszélye igen nagy, mivel a növény kezdetben gyengén fejlődik. A védekezés egy- és kétszikű gyomok ellen vetés és kelés előtti kezelésekkal a leghatékonyabb. Jellemző gyomok a répában a következők lehetnek: disznóparéj, libatop, muharfajok, vadzab, mezei acat, tarackbúza.

Kórokozók közül, a csírázás és kelés időszakában a répát leginkább a gyökérfekélyt okozó gombák támadhatják meg. A gyökérfekély nagy károkat okozhat, az állomány 20-80%-át is elpusztíthatja, ezért mindig kötelező az ellenük való védekezés. Leghatásosabb védekezés a csávázás és a vetésváltás. Előforduló betegségek továbbá, a gyökérröthadás, a répavarasodás, a cercospora, a répamozzai és a rizómánia (gyökérszakállasodás).

Gyakori kártevői pedig a répabolha, répabarkók, répalevéltetű, cserebogár, drótféreg, fonálféreg és a répa-aknázómoly lehetnek. A levélkártévők elleni védekezés elmulasztása esetén nagyobb mértékű lehet a lombozat károsodása, ez másod vagy harmadlagos levélképződéssel járhat, ami a répagyökér cukortartalmát jelentősen csökkenti.

A cukorrépa tápanyagigénye legkedvezőbbben istálló és műtrágya együttes adagolásával elégíthető ki. Az istállótrágyát a nyári tarlóápolással vagy őszi mélyszántással forgatjuk a talajba, melynek mennyisége 30-35 t/ha kell hogy legyen. Jó kultúrállapotú talajon istállótrágyázás nélkül, csak műtrágya adagolással is biztosítható a szükséges tápanyagmennyiség. A műtrágyaszükséglet megállapítására, műtrágyázás időpontjára, módjára vonatkozó részletek a szakirodalomban igen részletesen megtalálhatók. A cukorrépa átlagos műtrágyaigényét a következő trágyázási adagokkal lehetne jellemezni 50 t termés/ha esetén (*Ruzsányi, 1992*):

N : 100-130, P₂O₅ : 130-160, K₂O : 150-200, CaCO₃ : 2000,
Mg : 40, Na : 10-15 kg/ha.

Vetésforgó

A cukorrépa igen érzékeny az előveteményekkel szemben, ezért a vetés-váltást a répa igényei szerint előre meg kell tervezni. Legfontosabb szempont az, hogy önmaga után

4 éven belül sohase vessük. Jó előveteményének számítanak hazánkban a kalászosok (főleg búza után gyakori), silókukorica, rozs, olajlen, rostlen (20. táblázat). Fontos, hogy előveteménye nyáron letakaruló növény legyen, amely kis nitrogén és kálium felhasználású. Rossz előveteménynek számít cukorrépa esetében a burgonya, napraforgó, a pillangósok, hüvelyesek és a zöldségfélék.

A cukorrépa után ne vessünk cikóriát, repcét (répanematóda gazdanövénye lehet), burgonyát vagy gyökereket, de bátran vethetünk őszi búzát, kukoricát, tavaszi árpát és kendert. A cukorrépatábla mellett a lucerna káros szomszédságnak számít.

Fontos megjegyezni, hogy elővetemény értékét nagy nitrogén és humuszfogyasztása miatt nem sokra értékelik, de előnye, hogy a cukorrépa gyommentesítése a vetésforgó egész időtartamára kihat, és így kedvező kultúrállapotot is teremt.

20. táblázat. Cukorrépa elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Őszi gabonák	Cukorrépa	Ő. Gabonák, szudánifű
Pántlikafű		Zöld pántlikafű
Kender		Csillagfűrt
Óriás keserűfű		Kukorica, szója,

Egyéb megjegyzés: önmaga után négy éven belül soha ne vessük, burgonya, napraforgó, szója után nem ajánlott

Produkción

Energetikai hasznosítás esetén, szintén a magas cukortartalom elérése a cél. Mivel a cukortartalom kinyerése után, annak fermentációs erjesztése révén juthatunk a bioalkoholhoz. A cukortermést a gyökértermő képesség és a cukortartalom határozza meg. Ezen tulajdonságok alapján még ma is a Német megjelölés használt a nemzetközi gyakorlatban, mely szerint a fajták a következő csoportokba sorolhatók be:

Bőtermő	– E (Ertragreich)
Normál	– N (Normal)
Cukordús	– Z (Zuckerreich)
Nagyon cukordús	– ZZ (Besonders Zuckerreich)

A fajták E-től a ZZ-ig egyre nagyobb cukortartalommal, kisebb gyökértermő képességgel és nagyobb igényességgel rendelkeznek. Ezért manapság a termesztési és feldolgozási igényeknek (energetikai hasznosítás szempontjából is) a Z típusba tartozó fajták felelnek meg. Jelenleg termesztésben lévő korszerű fajtáink a Dáma és a Vitola.

A cukorrépa termésátlaga 25-60 t/ha gyökér között változik a világban. A nyolcvanas években a világ cukorrépa-termésátlaga 30-35 t/ha gyökér és 4,2-4,5 t/ha cukortermés volt. (A cukornád termésátlaga ugyanekkor 55-60 t/ha, 5-6 tonna cukorterméssel.) Az egy hektárra jutó legmagasabb cukortermést a nyugat-európai országok érik el, ezek közül kiemelkedik Ausztria terméseredménye 45 t/ha-os átlagos gyökérter-

méssel és 18-19%-os cukortartalommal. Magyarország eredményei közepesnek tekinthetők 40 t/ha-os hozamokkal és a változó cukortartalommal (16-18,5%).

Betakarítás és raktározás

A répafej szeptember elejére érik be, a betakarítás üteme rendszerint a betakarítástól függ. Betakarításkor a répafejet a répanyakon a legalsó alvó rügykoszorú felett és a zöld, eleven levelek alatt kell elvágni. A répafejek átvételének igen szigorú követelményei vannak, amelyek a szerves szennyeződések minimalizálását hivatottak elősegíteni. A minél tisztább cukor előállítása a feldolgozóipar célja, amelynek például energetikai feldolgozás esetén nincs ekkora jelentősége. A minősítési feltételrendszer „lazítása” révén 5-8%-kal több répagyökér dolgozható fel hektáronként bio-üzemanyag előállítás céljából.

A cukorrépat energetikai üzemanyaggá való feldolgozásra a biológiai érettség állapotában érdemes betakarítani. Ez akkor következik be, mikor a répában nappal képződött cukor mennyisége egyensúlyba kerül a légzéshez felhasznált cukor mennyiségével. A répa betakarítása betakarítógépekkel történik, egy, kettő és három-menetben lehetséges. A betakarítási veszteség esetenként meghaladhatja a 20%-ot is, ami főleg a betakarítás technológiájától és a termés homogenitásától függ. A répa betakarítása nagyon alapos szervezőmunkát igényel, mivel a betakarítás és a feldolgozás közötti szinkront minden esetben meg kell valósítani. A répafejek veszteség nélkül gyakorlatilag nem tárolhatók néhány héttől tovább. A répa fonnyadni kezd, amely a termelőnek tömegvesztést, a gyárnak cukorvesztést okoz. Tapasztalatok szerint, száraz őszi időben napi 1%-os tömeg és 0,1%-os cukorvesztés következik be.

Feldolgozás és felhasználás

A cukorrépa felhasználásának ma két iránya van, cukortermelésre és takarmányozásra. Takarmányozásra azonban külön takarmányrépat termesztenek, illetve a cukorrépa feldolgozásának melléktermékeit használják. A leveles répafej, amelyet már betakarításkor lekerül a növényről, kitűnő takarmányként áll rendelkezésre, és 0,5 ha silókukoricával egyenértékű. A cukorrépa kizárólagos energetikai hasznosítása esetén a leves répafejet zöldtrágyaként alkalmazhatjuk.

A cukorrépa ipari értékét (ami alatt az energetikai hasznosíthatóság is értendő) a répatest beltartalma és fizikai tulajdonsága határozza meg. A cukorkinyerés szempontjából a legnagyobb mértékű cukorvesztést a kálium és nátrium tartalom okozza, mivel akadályozzák a cukor kikristályosodását. A kálium és nátrium tartalom együttesen 35-60 mg/100g között változik a répatestben.

A hasznos cukortartalom a mért cukortartalomnak (dig.%) átlagban 80%-át teszi ki, ami a gyári technológiák szerint kikristályosítható cukrot jelenti. Beltartalmi értékek alapján a cukortartalom következő képlet szerint számolható:

$$H\% = \text{dig.}\% - 0,343(K+Na) + (0,094) + 0,29.$$

A képletből is kitűnik, hogy mekkora jelentősége van a K és N tartalomnak. Energetikai felhasználás esetén a képlet azonban a $-0,343(K+Na)$ tényezővel csökkenthető, mivel nincs szükség az etanol előállítás során a cukortartalom kikristályosítására. Így a hasznos cukortartalom az energetikai hasznosítás szempontjából jelentősen növekszik és a következőképpen számolható:

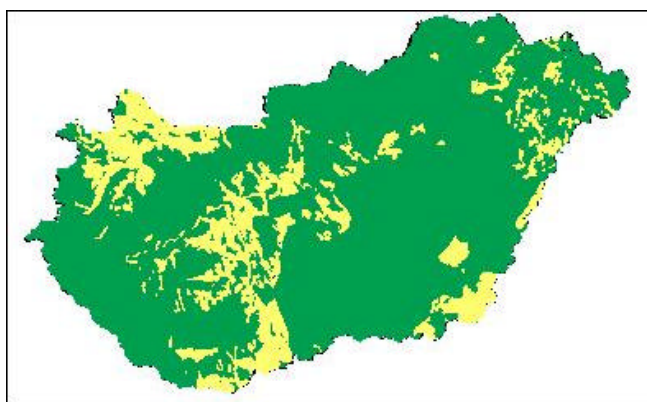
$$H_{\text{energ.}}\% = \text{dig.}\% + (0,094) + 0,29.$$

A cukortartalmú növények kinyerhető etanol tartalma (21. táblázat), egyrészt a cukortartalom százalékos arányától, másrészt a hozamok nagyságától függ. A következő táblázatban az is megfigyelhető, hogy a cukorrépa viszonylagosan alacsonyabb összhozamok mellett is nagyobb kinyerhető etanolt tartalmaz, amely nem indokolható egyértelműen a magasabb százalékos cukorértékekkel. A különbség okaként, a cukorkinyerés magasabb technológia színvonal nevezhető meg.

21. táblázat. Különböző cukornövények „etanol hozamai”

Növényfaj	Cukortartalom %-ban	Hozamok (t/ha)	Kinyerhető etanol (l/ha)
Cukorrépa	16.0	57.0	5600
Cukornád	10.0	80.0	5400
Cukorcirok	10.0	90.0	5400

Termesztésre alkalmas területek



14. ábra. A cukorrépa optimális termőhelyei (1.112.400 ha)

Cikória – Root Chicory (*Cichorium intybus* L.)

Általános leírás

A Cikória (*Cichoriaceae*) nemzetség legismertebb vadon élő növénye a katángkóró (*Chicory intybus* L. *Var. intybus*). Egy C_3 -as kétnyári gyomnövény, erős, henger alakú, kúpban végződő gyökerekkel. A cikória a katángkóróból kinemesített haszonnövényünk, mely az első évben rozettás, lapos leveleket és „hatalmas” gyökeret fejleszt. Virágot a fejlődés második évében hoz, kb. július végén jelennek meg a sötétkék színű fészkes virágzatok .

Az első évben kifejlesztett húsos gyökér jóval kisebb mint a cukorrépaé (0,15-0,30 kg/db). A cikórianövény legnagyobb értéke a gyökerek inulin tartalma. Ezt a polifruktózt, amelyet kémiai úton dolgoznak fel, különböző gyógyászati és élelmiszeripari célokra használják fel. Ha a gyökerek rostjait megpörköljük, az ebből származó kivonat növeli a kávéaroma erősségét, ezért pótkávénak is nevezik. A hatást cikóriaolaj tartalmának köszönheti, amely a babkávésző olajához hasonló összetételű és tulajdonságú. Európában hagyományosnak számító cikóriatermesztő területek Észak-Franciaországban és Belgiumban találhatóak. Az Európai Unióban, a művelt terület aránya minden évben 14 000-15 000 ha között mozog. Hazánkban főleg a Hanságban termesztik a növényt, néhány száz hektáros nagyságrendben.

Ökológiai igények

Az olyan homokos vályog, vályog vagy más jó minőségű talajokat kedvel, amelyeknek az agyagtartalma kevesebb 30%-nál. Különösen szereti, ha a talaj nem túl száraz és tavasszal gyorsan felmelegszik. Az optimális pH érték homokos talajokon 6, vályogon inkább 7 körül van. Nem szereti a szélsőségesen nedves vagy savanyú talajokat, illetve azokat, amelyek nagyon kövesek vagy valamilyen oknál fogva alkalmatlanok a magágy elkészítésére. A cikóriát leginkább mérsékelt, nedves klímán termesztik, ahol a növény még a fagyok előtt, decemberig be kell takarítani. A karógyökerek tápanyag összetétele nagyban függ a termesztett fajtától, illetve a tenyésztési időszak hőösszegétől. Általában 100 g gyökér száraz anyaga 0,9 – 1,0% nitrogént, 1480-1980 mg káliumot, 34-42 mg nátriumot, 215-230 mg kalciumot, 88-95 mg magnéziumot és 270-320 mg foszfort tartalmaz (Baert, 1993).

Szaporítás

A cikóriát leginkább kaszattermésű magjáról szaporítják, azaz vetik. A növényt már évtizedek óta kinemesítették, de a fajta tökéletesítése még számos helyen folyik ma is. A jellemzők között, amelyeket a későbbiekben még javítani kívánnak, a következők a legfontosabbak: jobb csirázási százalék, adaptáció, alkalmazkodás korábbi vetés időhöz, magasabb cukortartalom, a csirázó magvak sötétű képességének növelése, rezisztencia különböző betegségekre. A szaporítás persze palántázás útján is történhet, melynek előnye, hogy kiküszöböli a nemkívánatos kereszteződéseket. Hátránya azonban, hogy sokkal költségesebb mint a vetés. A termesztés tervezésénél nagyon fontos,

hogy a megfelelő fajtát válasszuk ki, lényeges szempont, annak becslése, hogy mekkora hozamra számíthatunk, illetve a gyökerek pontos érésidejének meghatározása.

Termesztés

A vetés előtti, tavaszi szántás 30 cm mélyen ajánlott. A vetésidő április közepe és május eleje között tervezhető, időjárástól függően. A talajhőmérséklet lehetőleg 10 °C fölött legyen, a kisebb magvak, és a gyengébb csírázóképeség kedvéért a talajt lehetőleg simítózzuk le, hogy egyenletes, sima legyen. A vetéshez, talajműveléshez a cukorrépánál használt összes gép alkalmazható. A magvakat a jobb kelés érdekében rendszerint drázsírozzák. A drázsírozott magvakat 1,0-1,5 cm mélyre, a drázsírozatlanokat 0,5-1,0 cm mélyre ajánlott vetni. A sorok közötti távolság 45 cm, a tőtávolság pedig 9 cm-nél nevezhető optimálisnak. A növényűrűséget a gyakorlatban 140 000-160 000 növény/ha-ra állítják be, amelyet 250 000 mag elvetésével érhetünk el (*Baer, 1993*).

A cikória nagyon érzékenyen reagál a szegényes vízellátásra, főleg csírázás idején. Az erősebb esőzések utáni összetömörödött talajfelszín sem kedvez a gyökerek fejlődésének. Abban az esetben, ha az állomány 14 nap után sem csírázik ki, akkor újravetés szükséges. A cikória, gyökernövény lévén, bizonyos esetekben érzékeny lehet a műtrágyázásra is. Nem ajánlott pl. műtrágyázni röviddel vetés előtt, mert negatív hatással lehet a csíragyökerek fejlődésére. Célravezető, ha a talajt művelés előtt analizáltatjuk, és csak ezután határozzuk meg a különböző trágyázási szinteket. A trágyázási adagok Németországban *Bramm és Batz (1988)* szerint a következők (megj.: ezek az adatok csaknem teljesen megegyeznek *Antal J. (1992)* által megadott dózissal):

N : 100-130, P₂O₅ : 60-130, K₂O : 200-250, MgO : 40-60 kg/ha.

Nitrogénből 2/3-ot vetés előtt 3 héttel, 1/3-ot pedig 6 leveles korban ajánlott kijuttatni. A foszfort és a káliumot ősszel adjuk ki, a cikóriát egyáltalán ne állótrágyázzuk.

Sajnos a gyomosodásra hajlamos növények közé tartozik, ezért vegyszeres gyommentesítése vetés vagy kelés előtt ajánlott. Állati kártevői a drótféreg és a cserebogár lehetnek, melyek ellen talajfertőtlenítéssel védekezhetünk.

Vetésforgó

A szklerotínia fertőzés veszélye miatt a cikóriát ne vessük cukorrépa, burgonya, sárgarépa, napraforgó, káposzta után. Vizsgálatok szerint, a kalászosok után vetve érzi magát a legjobban. Nincs előírás vagy korlátozás viszont arra vonatkozólag, hogy a cikóriát mi kövesse. A növény mélyen gyökerező, szélesen elágazó gyökérrendszere révén kíméli a talajt, így az nagyon jó állapotban marad a betakarítást követően. A cukorrépa után már két évvel vethető energetikai gyökernövényünk(22. táblázat).

22. táblázat. Cikória elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Őszi gabonák	Cikória	Kukorica
Kender, angol perje		Zöld pántlikafű
Pántlikafű		Csillagfűrt
Óriás keserűfű		Szója, szudánifű

Egyéb megjegyzés: egyéves gyökérnövény, a szklerotínia fertőzés miatt ne vessük cukorrépa, burgonya, napraforgó; két éven belül önmaga, és cukorrépa után nem vethető.

Produkcó

A cikória legmagasabb gyökérhozamai 32-50 t/ha között mozognak, mely nagyban függ a klimatikus viszonyoktól és a növényápolástól. Az eddig elért legmagasabb hozam 56 t/ha gyökér volt, amely 18,2% inulint tartalmazott. Ez a produkció 10 t/ha fölötti inulin-fruktóz hozamot jelent (Baert, 1993). A gyökér száraz anyag hozama átlagosan 10,6-16,5 t/ha között alakul a gyakorlatban, melynek 8-12 t/ha inulin-fruktóz az eredménye (Meijer and Mathijssen, 1991). Ez a legjobb fajtáknál 4500-5500 l/ha etanol hozamot eredményez. A magyarországi termelési mutatók 20-25 t/ha gyökérhozzammal kecsegtetnek mindössze, amely 4-5 t/ha inulin-fruktóz, és 2000-2500 l/ha etanolt jelent. A hazánkban jelentkező alacsonyabb termésátlagok minden bizonnyal a kevésbé intenzív fajták alkalmazására vezethetők vissza.

Betakarítás és raktározás

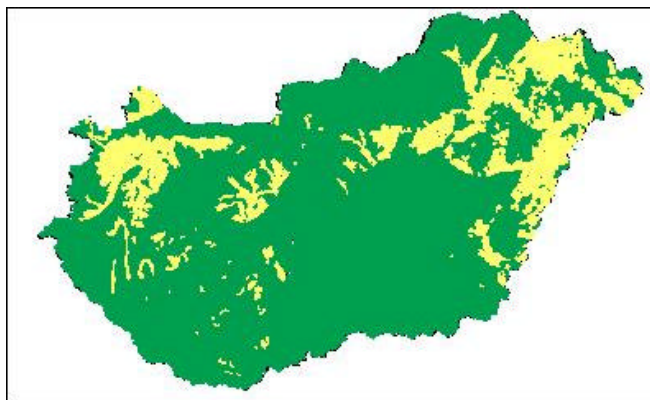
A cikória gyökereit rendszerint ősszel, az októberi fagyok előtt kell betakarítani. A gyökerek akkor számítanak érettnak, ha a növény külső levelei sárgulni kezdenek. Az érési idő persze nagyban függ az elvetett fajta milyenségétől. Betakarítás után a leveles cikóriafajok a szántóföldön maradnak, tápanyagtartalmát a következő növény műtrágyaigényéhez kell hozzászámolni.

A gyökerek betakarítása módosított hatsoros cukorrépa betakarító segítségével történik. Vetőmagtermesztésnél a betakarítást a második év szeptemberében végezzük. Ekkorra a magvak nedvességtartalma természetes száradás útján elérheti a 12-15%-ot. A magvakat 15% fölött szárítani szükséges a tárolhatóság érdekében. Az optimális hozam vetőmag esetében 800-1200 kg/ha.

Feldolgozás és felhasználás

Frese és munkatársai szerint (1991) a cikóriagyökér szárazanyag tartalma 22,2-26,8% között változik. A teljes cukortartalom 17,5-22% közötti, ebből fruktóz 14,6-20%, glükóz pedig 2,5-3,5% tesz ki. Az inulin a fruktózfrakció szirupjából nyerhető (inulin-fruktóz 75%-a a szirupnak). Ez az a polifruktóz vegyület, amely a vegetációs periódusban halmozódik fel, és potenciális alkohol alapanyagként (bio-üzemanyag) vehető számításba a jövőben.

Termesztésre alkalmas területek



15. ábra. A cikória optimális termőhelyei (573.000 ha)

Csicsóka – Topinambur (*Helianthus tuberosum* L.)

Általános leírás

A csicsóka észak-amerikai eredetű, évelő, rövid nappalos C_3 -as növény. Rokonságban áll a napraforgóval. Erre a mérete is utal, mivel 1-től 4-méteres magasságig nőhet meg. Durva érdes szárán elhelyezkedő szike élességű, szív alakú levelei igen balesetveszélyesek. Késő nyáron kezd virágozni, sárga virágai 4-8 cm átmérőjűek.

Közép-Európában a növények virágai alig termelnek magvakat, így van ez a csicsókánál is. A föld alatti indák szabálytalan alakú gumókkal együtt növekednek, hasonlóan a burgonyához. A különbség az, hogy a csicsóka gumóknak nagyobb a víztartalma és több a mellégyökere. Fajtától függően a gumó lehet sárga, barna és vörös héjú, de mindegyik fehér húsú. A gumók összetétele 75-79% víz, 2-3% fehérje és 15-16% szénhidrát, amelyből a fruktóz polimer, az inulin 7-8%-ot tesz ki (a burgonyagumó inulin helyett keményítőt tartalmaz). A növekedési ciklus végére a szénhidrát, amely magas koncentrációban kezdetben a szárban található, transzferálódik a gumókba. A csicsóka a legnagyobb szárazanyag/hektárt produkáló növények közé tartozik.

Ökológiai igények

A csicsókának nincsenek speciális környezeti igényei. A legtöbb talajtípus alkalmas csicsóka termesztésre, bár egy alapos talajvizsgálat sohasem árthat, mivel az agyagos talajok leginkább elkerülendők. Fontos szempont még, hogy a talaj kómentes legyen, ezzel is megkönnyítve a betakarítást. A talaj pH-ja 5,5 – 7,0 között a legoptimálisabb. A növény nagyon érzékeny a fagyra, de a gumók a talajban elviselik a -40 Celsius hőmérsékletet is.

A csicsóka hatékonyan képes megtartani a vizet és a tápanyagokat. A kevés csapadékot, illetve a csapadégmentes periódust a növény gond nélkül elviseli, igaz nagyon erős szárazság esetén a gumó növekedése szünetelhet.

Szaporítás

Hoffman (1993) szerint a csicsóka szaporítható magvakkal, hajtásokkal, gumóhajtással vagy rizóma darabokkal. Ezek közül a közepes gumókkal való hajtás a legelterjedtebb és leggazdaságosabb.

Termesztés

A csicsóka ültetése április közepétől kezdhető, minimális talaj-előkészítést végezve, burgonyaültetővel elévélgezhető. A sortávolságot 75 cm-re a tőtávolságot 35 cm-re kell kialakítani. A kívánt növényesűrűség 38 000-40 000 növény/hektár. (A hagyományos művelési technológiában 75 cm-es sortávot, 50 cm-es tőtávot és 26000-30000 db/ha tőszámot alkalmaznak hazánkban.)

A helyes trágyázási arányok megállapítása itt is, mint minden más növény esetében nagyon fontos a maximális terméshozam elérése szempontjából. A szerves trágyázás például ezen növény esetében sem ajánlott a gumófejlődés stádiumában, ha élelmi-szer vagy takarmány céljából termesztjük növényünket. Energetikai termesztés esetében viszont a szervestrágyázás, főként hígtrágyázás formájában nyugodtan alkalmazható, sőt ajánlott a minél magasabb inulin tartalom elérése céljából.

Bramm and Batz (1988) szerint ajánlott trágyázási szintek:

N : 40-80, K : 240-300, P₂O₅ : 90-140, MgO : 60-90 kg/ha.

Mechanikus gyomirtást ajánlott alkalmazni a csicsóka kezelése során, mivel a csicsóka a gyors növekedés és lombosodás miatt rendszerint elnyomja a legtöbb gyomot. A betegségek, amelyek megtámadhatják a csicsókát főleg a száron és a gyökéren jelentkeznek. A leggyakrabban előforduló kórokozók a következők:

Sclerotinia sclerotiarum – fehérpenészes rothadás,

Puccinia helianthi – napraforgórzsda,

Erysiphe cichoracearum – lisztharmat.

A növényt szívesen károsítja néhány állatfaj is, ezek közül a nyulakat, a szarvast, a mezei pockot és az egeret lehet megemlíteni.

Vetésforgó

Nem igazán jelentős szempont, hogy milyen növény előzi meg a vetésforgóban a csicsókát, de meghálálja, ha kukorica vagy őszi búza, csillagfürt után vetjük. Energia-növények közül a szudánifű után vetve kecs eget különösen magas hozammal.

Megjegyzendő, mivel a csicsóka évelő növény, megvan a lehetőség a saját maga után való termesztésre, azaz a monokultúrára. A *Sclerotinia*-ra való fogékonysága miatt 3 – 4 év után mindig ajánlott egy kis szünetet tartani a termesztésében. A csicsókát

egyéb egyéves növények után vetve nagyobb hozamot várhatunk, mintha önmaga vagy évelő után vetnénk. Ütönövényként az óriás keserűfű vagy évelő fűfélék jöhetnek szóba. Napraforgó előtt a csicsóka nagyon nem ajánlott (23. táblázat).

23. táblázat. Csicsóka elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Ütönövény
Kukorica	Csicsóka	Zöld pántlikafű
Csicsóka		Csicsóka, burgonya
Szudánifű		Cukorcirok, kínai nád
Őszi búza, rozs		Gabonafélék, kukorica

Egyéb megjegyzés: önmaga után 2-3 évig váltás nélkül termeszthető

Produkción

Az energianövény-piac hiánya miatt nehéz megállapítani e növény valós értékét ugyanúgy, mint bármely más energianövényét. Egy Olaszországban mesterségesen kialakított, illetve mai is működő árszint a hagyományos növények árát követi.

Figyelembe veszi a munkaerő költségeket, a csicsóka termesztés változó költségeit, a terméshozamot, az eladható termék mennyiségét és a hagyományos termesztés bruttó költségeit. Az átvételi árak így 18 – 47 ECU/t sávban mozognak a csicsóka gumóért. Ez a bevétel már versenyképes a hagyományos növények termesztéséből származó bevételekkel.

Az egyik csicsóka fajta, a „Violet de Rennes” amelyet Spanyolországban nemesítettek ki, évente 16 tonna/ha szárazanyag termelésre képes, ami azon az éghajlaton egészen kiemelkedő. Ez körülbelül 65 – 70 tonna/hektár gumóhozamot jelent évente.

Fajtakutatásokkal a Hollandiában nemesített Bianka és Yellow Perfect fajtákkal homokos talajon szintén kiemelkedő eredmények születtek 1989-ben. A gumó mennyisége 92 – 105 t/ha, a termés inulin tartalma megközelítette a 16 t/ha rekordmennyiséget. A rekordhozamot követő évben a terméshozam már csak 50 – 60 t/ha gumómennyiségre és benne 7 t/ha inulinra csökkent. A csökkenés oka nagyon egyszerű, a gumónövekedés szakaszában egy nagyon alacsony, majdnem csapadékmentes időszak következett, s ez ilyen intenzív technológia mellett fokozott mértékben csökkentette a végső termelési mutatókat.

Schittenhelm (1987) által Németországban végzett kísérletek eredményeit követhetjük figyelemmel a 24. táblázatban.

Sajnos újabban nemesített magyar fajtákkal nem büszkélkedhetünk, de külföldi fajták nagyon jól adaptálhatók a hazai körülmények közé is.

24. táblázat. Különböző csicsóka fajták termesztési jellemzői

	Karakterisztika	Bianka	Wald spindel	Medius
1.	Növénymagasság	alacsony	nagyon magas	nagyon magas
2.	Érés	nagyon korai	közepes	késői
3.	Gumó méret	nagyon nagy	nagy	közepes
4.	Sz. anyag (%)	19,27	26,59	24,33
5.	Cukortartalom (%)	13,71	20,8	19,5
6.	Gumóhozam (t/ha)	49,6	61,42	62,3
7.	Sz. anyag (t/ha)	9,57	16,33	15,16
8.	Etanol	3969,85	7447,67	7086,33

Betakarítás és raktározás

A gumó betakarítását már november elején meg lehet kezdeni, s a betakarítás folyamatosan végezhető a következő év elejéig. Ez nagyon előnyös lehet, mivel lehetőséget ad a felhasználás, hasznosítás szerinti folyamatos betakarításra novembertől márciusig, kiküszöbölve a tárolási költségeket. Laza homokon, hó alatt a gumó -35°C fokot is könnyedén elvisel.

A csicsóka betakarítása nagyon hasonló a burgonya betakarítás technológiájához, a gumók leginkább burgonyabetakarítóval szedhetők fel. A felszedést, betakarítást követően nagyon rossz viszont a gumók tárolhatósága a burgonya gumókhoz képest. Két maximum három héttel a betakarítást követően a feldolgozást feltétlen szükséges megkezdeni.

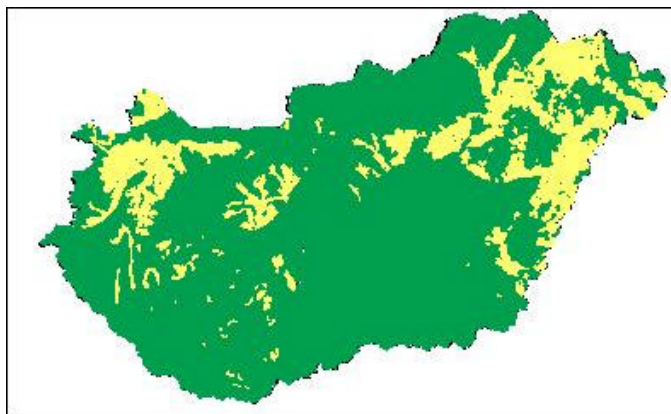
Feldolgozás és felhasználás

A csicsókagumók legértékesebb alkotórésze az inulin. Ez egy D-fruktóz polimer, amelyből etanolt lehet előállítani vagy hidrolízissel fruktóz és glükóz izomerekre bontható. Megközelítőleg 10 – 15 t/ha mennyiségben van jelen a termésben. A növényi zöld massa, amelynek fűtőértéke kb. 17,5 MJ/kg száraz anyagra vonatkoztatva, használható még papír alapanyagként vagy takarmányozásra is. A gumó és a zöld részek kipréselésével kapjuk meg a csicsóka extrakciót. Az inulin kivonása az extrakcióból fizikai, kémiai és mikrobiológiai módszerekkel történhet.

Fizikai úton tangencionális ultrafiltrációval nyerhetjük ki a legmagasabb cukormennyiséget az extrakcióból. Kémiai módszerrel az etanol kioldás lehet a kinyerés útja, de ez az eljárás inkább alacsonyabb cukortartalomnál jellemző. Biológiai, azaz élesztős fermentációval mind a két forma – cukor és etanol – kinyerhető.

Megközelítőleg 8-10 liter etanolt lehet előállítani 100 kg csicsóka gumóból. A növény szárának ipari felhasználására vonatkozólag is ígéretes eredmények születtek már a közelmúltban. Katalitikus dehidratációval HMF (5-hidroximetil-2-furfural) nyerhető ki belőle. Ez a vegyület (HMF) pedig alapanyaga különböző agro-kemikáliáknak, mosószereknek, gyógyászati termékeknek stb.

Termesztésre alkalmas területek



16. ábra. A csicsóka optimális termőhelyei (1.199.600 ha)

Burgonya – Potato (*Solanum tuberosum* L.)

Általános leírás

A kukoricával együtt az „Újvilág” növényei közé tartozik. A kenyérgabonákat követően, a legfontosabb népelelmezési növényünk, mivel könnyen emészthető, ízletes, nagy biológiai értékű és olcsó táplálék. Az Andok magasabb fekvésű tájain, az ott nem termesztendő kukorica helyett, az indiánok fő táplálékának számít már 5-6 ezer éve. Géncentruma is itt, Mexikóban, Peruban található.

A burgonya a Solanaceae családba tartozik, jellemző a családra, hogy az ide sorolható növények kromoszámazáma nem egységes. Ez annyiban jelent hátrányt, hogy a különböző vadfajok bevonása rezisztencia-nemesítésekbe rendkívül körülményes. Mindenki által közismert gumójáért termesztik, mely a növény föld alatti megvastagodott szárrészlete, és az oldalhajtásokon (sztólókon) fejlődik ki. Gyökere 30-45 cm mélységig gazdagon behálózza a talajt, a kukoricához hasonlóan, sűrűn elágazó. Levelei páratlanul szárnyasan összetettek, dús, erőteljes levélzet és szár kialakulása jellemzi a növényt. Virágzata bogernyő, melyben a csészék világoszöld, a pártalevelek pedig sárgásfehér, lila, kékeslila vagy rózsaszínűek lehetnek. A burgonya generatív termése a paradicsomhoz hasonló, zöld színű bogyó, melynek magjait főleg a keresztezéses nemesítéseknél használják fel. Szaporításakor szinte minden magból más növény fejlődik, ezért fajtafenntartás csak gumóról, vegetatív szervekkel történhet.

Ökológiai igények

A burgonya a hűvösebb időjárású, mérsékelten meleg nyarú, páradús levegőjű, csapadékosabb tájakat kedveli, ezért a burgonya nagyobb arányú termesztése Európa észa-

kibb államaiban terjedt el, ahol ezáltal a homok, vagy homokosabb talajokat is fokozottan tudják hasznosítani. A burgonya klimatikus igényei elsősorban Északnyugat-Európában kielégítőek, ahol kiegyenlítetten nagyok a termések és csak kivételesen fordulnak elő nagyobb terméseszkkenések. Közép-Európában Magyarország területe a burgonya gazdaságos üzemi termesztésének alsó határa. Hazánk szárazra hajló klímája nem optimális a termesztésre, ezért mondhatjuk azt, hogy a termésmennyiség alakulására a nyári csapadék (vagy öntözés) mennyisége döntő jelentőségű. A tenyészidőszak nagy részében hűvös éjszakákat és nagy páratartalmat igényel a nagyobb szénhidrát és gumóképződéshez. Az érés időszakában viszont a száraz, meleg időjárás a kedvező számára.

Hazánk, inkább szárazra hajló klímája mellett a laza homoktalajok, redzinák és szikesek alkotják azokat a szélsőségeket, ahol a burgonya megfelelő eredménnyel és biztonságosan már nem termesztethető. A burgonyagumó képződési folyamat miatt a nagyon kötött agyag vagy agyagos talajok sem alkalmasak termesztésre. A talaj pH viszonyait széles intervallumban (4,5-7,5) károsodás nélkül elviseli, különösen akkor ha jó a talaj pufferolóképesége. A különböző talajoknak nemcsak a burgonyatermés mennyiségére, hanem a minőségére is hatása van. A burgonya homoktalajokon érik és parásodik be a legjobban, emellett íze és eltarthatósága is a legjobb. Egyébként pedig szinte minden talajon termesztethető, amelyek a növény föld alatti szerveinek nagy levegő és tégigényét kielégítik.

A hőmennyiség iránti igénye 1300-1500°C körül ingadozik. A burgonya kiváló alkalmazkodó képessége a fajták különböző tartamú tenyészidején alapul, mely 60-160 nap között változik. A növény nagy alkalmazkodó képességének ellenére, hazánkban szűken behatárolhatók azok a területek, amelyeken biztonságosan nagy termések érhetőek el.

Szaporítás

A burgonya bogójának magjait csak nemesítésnél használják, tényleges szaporítása gumóinak elültetésével történik. A burgonyagumó minőségének, milyenségének, beltartalmának kialakítása a nemesítések fő célja. Itt a legfontosabb szempont a termesztés, betakarítás maximális gépesítése és a fogyasztók, felhasználók igényeinek a kielégítése volt és lesz a jövőben is.

Termesztés

Hazánkban a burgonya-termesztés technológiai folyamata magas szinten kidolgozott, de elsősorban nagyüzemi méretekre szabott. A gépesítés a talaj-előkészítéstől kezdve a betakarításig az optimálisabb feltételek között megvalósítható. A termesztés eredményességét tehát döntő módon az évi csapadék mennyisége (min. 450 mm a vegetáció alatt) befolyásolja.

A tenyészidőszak hosszának megválasztásával is lehet befolyásolni a csapadékszükséglet kielégítését. Ehhez jó időzítés, előrejelzési tapasztalat szükséges. A burgonyafajták csoportosítása is érésidők szerint, valamint felhasználási cél alapján történik. Magyarországon termesztett fajták három érés csoportba sorolhatók:

- korai (tenyészidő 85-105 nap);
- középérésű (105-115 nap);
- kései (115 < nap).

(A tenyészidő, a keléstől az érésig eltelt napok számát jelenti, mely a közölt adatoktól 10-15 nappal eltérhet.)

Hazánk éghajlati viszonyai a burgonya kezdeti fenofázisában az ültetéstől a kelésig kedvezőek. A gumók vetésének optimális időpontja március végére tehető, mikor már a talaj hőmérséklete elérte a 7-8°C-ot. A fiatal hajtások az éjszakai fagyokra nagyon érzékenyek, már -1,5°C-on elfagynak. A sortávolság 70-75 cm, az ültetési mélység 2-4 cm kell hogy legyen. Egy hektárra 43 000-46 000 db, 3-6 cm átmérőjű gumót kell elvetnünk az optimális növényesítés eléréséhez.

A burgonya tápanyagigényének pontosabb meghatározását a különböző termesztési módok és a fajták fiziológiai sajátosságai is befolyásolják. Magyarországon a gazdaságos termesztési szintek eléréséhez (30-40 t/ha) a következő tápanyagpótlások szükségesek:

N : 150-220, P : 60-80, K : 180-250, MgO : 60-80 kg/ha.

A burgonyatábla meszezésével, fokozott magnézium adagolással illetve mikroelemek lombtrágyaként való kijuttatásával, bizonyos területeken 15-30%-os termésnövekedést érhetünk el. A hosszabb tenyészidejű burgonya kisebb tápanyagellátás mellett is nagyobb termést hoz, mert a hosszabb tenyészidő alatt, a hosszabb ideig tartó és nagyobb mértékű mineralizálódás folytán a talajból több tápanyagot képes hasznosítani. A növény fertőzések megbetegedését sokféle gomba, baktérium és vírus okozhatja. Ezek közül a következőket szükséges leginkább megemlíteni (25.táblázat).

25. táblázat. A burgonya kórokozói és az általuk okozott betegségek

Kórokozó típusa	Fajok, megbetegedés
	burgonyavész
	burgonyarák
	fertőző varasodás
Gomba	fertőző hervadás
	alternáriás levélfoltosság
	fuzáriumos szárazrothadás
	rizoktóniás gumó- és szártőbetegség
	fekete szártőrothadás
Baktérium	barna szártőrothadás
	baktériumos hervadás
	mozaikkárosodás (A,X,K,S -vírusok)
Vírus	vonalas betegség (Y-vírus)
	bíborszínű levélsodródás

A vírusos betegségek csak egészséges vetőgumók alkalmazásával, és a kártevők irtásával előzhetőek meg. A burgonya leggyakrabban előforduló kártevői a következők: burgonyabogár, burgonya-fonálféreg, burgonyabolha, burgonyamol, cserebogárpa-jor, drótféreg és a lótetű.

Vetésforgó

A cukorrépához hasonlóan, az előveteményre igényesebb növények közé tartozik. A korábban betakarított kalászosgabona-félék növényvédelmi, víz- és tápanyag-gazdálkodási szempontból a legjobb előveteményei. Jó előveteménynek számít továbbá a mustár és az olajretek, valamint a rostlen, olajlen, repce, borsó és vörös here is (26. táblázat). Növényvédelmi okok miatt a Solanaceae családba tartozó fajok rossz elővetemények: dohány, paradicsom stb., többszörösére növelhetik a növényvédelmi munkát. Ne következék továbbá kukorica, napraforgó, csillagfürt, lucerna, cukorrépa, cirokfélék után, mert ezek nagy gyökértömeget hagyva maguk után csökkentik a gyökérhozamot.

26. táblázat. Burgonya elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Őszi búza	Burgonya	Csenkesz, angol perje
Őszi árpa		Őszi gabonafélék
Rozs, tritikálé		Szudánifű
Csicsóka		Repce

Egyéb megjegyzés: zab, napraforgó, csillagfürt, cukorrépa és cirokfélék után ne termesszük, 3-4 évenként termeszthető újra

A burgonya, mint elővetemény kiválóan megfelel minden növénynek, mivel kisebb gyökérszívó ereje révén nem bénítja meg a talaj életét és nem meríti ki annak vízkészletét. Cukorrépa, paradicsom, napraforgó, csillagfürt vetését azonban ajánlatos elkerülni, mivel a növényvédelem költségei így nagymértékben csökkenhetnek. Önmaga után homokon, vagy kevésbé kötött talajokon 3 év, középkötött talajokon 4 év elteltével ültethető újra. Monokultúrájánál, vagy ennél gyakoribb ültetésnél a termésátlag gyorsan leromolhat, csökken a gumók tárolhatósága és fertőzések veszélye is háromszorosára nőhet.

Produkción

Magyarországon a 80-as években 20-22 t/ha-os termésátlagokat értek el a különböző Holland vetőgumóknak köszönhetően. A főleg nagyüzemekben termesztett Desire fajta termesztésénél, öntözéssel és extra műtrágya adagokkal 40-60 t/ha termésátlag sem ritka. Viszont a leromlott, gyenge termőképességű talajokon még extra műtrágya

adagokkal sem lehet megteremteni a gazdaságos termesztés feltételeit. A burgonyát a közepes, vagy közepesen nagy tápanyagigényű növények közé sorolják.

A burgonyagumók felhasználásának szinte minden területén (étkezési, ipari, takarmány) a szárazanyagtartalom cukor és szénhidrátaránya a legfontosabb tényező. A burgonyagumó összetétele friss anyagra vonatkoztatva (27. táblázat), illetve a cukor és szénhidrát tartalom (28. táblázat) alakulása (kukoricával összehasonlítva) a következő táblázatokban látható:

27. táblázat. A burgonyagumó összetétele friss anyagra vonatkoztatva

Megnevezés	Átlag (%)
Szárazanyag	23,7
Keményítő	17,5
Oldható szénhidrát	0,5
Nyers rost	0,7
Nyers fehérje	2,0
Emészthető fehérje (a nyers feh. %-ban)	54,7
Nyers zsír	0,1
Összes hamu	1,1

28. táblázat. A burgonya és a kukorica energetikai hozamainak összehasonlítása

Növény megnevezése	Cukortartalom %	Fajlagosan kinyerhető szesz hlfo/kg	Keményítő tartalom %
Burgonya	0,5-1,5	0,1-0,115	12-20
Kukorica	2-3	0,33-035	65

A táblázat adataiból kiderül, hogy magas keményítő tartalma az, amely alkalmassá teszi a burgonyát energetikai növényként való felhasználásra. A keményítőtartalom hidrolízisével és fermentációval 1800-2000 liter alkoholt nyerhetünk hektáronként.

Betakarítás és raktározás

A burgonyaállomány sérülése, tárolhatósága, további felhasználhatósága erőteljesen függ az érés állapotától, a gumósérülések mértékétől. Fokozott gondot kell fordítani a termesztett fajta érettségének megállapítására. Általában érettnek tekinthető a burgonya, ha a szár könnyen kihúzható a talajból, s a gumók könnyen leválnak az oldalhajtásokról. Az érett gumó héja erős dörzsölésre még a csúcson sem válik el. A burgonya betakarítása kézzel vagy speciális burgonya kombájnnal történik, csak optimális körülmények között végezhető, mert kizárólag teljesen száraz állapotban tárolható (szárítani körülményes). A burgonya tárolása három fő fázisra osztható:

- betárolás (leszáritás és gyógyítási periódus (2-4 hét), levegőhőmérséklet igény: 12-16 °C),
- főtárolás (a gumók lehűtése nyugalmi állapotba (5-8 hónap), opt. hőmérséklet: 2-7 °C),
- kitéárolás (10 °C-ra való felmelegítés felhasználás előtt, napi 2 °C hőmérséklet emelés).

Feldolgozás és felhasználás

Magyarországon a burgonya a negyedik legnagyobb termőterületen termesztett növényünk, gazdasági jelentősége tehát nagyon tekinthető. Termesztésre vonatkozó országos adatok a következő (29. táblázat) táblázatban figyelhető meg:

29. táblázat. A burgonya és a csicsóka „energetikai hozamai”

Növény	Termésátlag t/ha	Területegységről nyerhető alkohol
Burgonya	17,72	1863 t/ha
Csicsóka	40-60	4230 t/ha

Felhasználása élelmezési, takarmányozási és ipari célokra történik, a régen hazánkban nagyobb mennyiségben termesztett, igénytelenebb csicsókát a fogyasztásból szinte teljesen kiszorította.

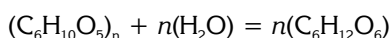
Kultúrnövényeink között kevés az olyan, amely felhasználhatóság tekintetében a burgonya versenytársa lehetne. Már az előbbieken részben említett emberi táplálkozásban, szesz és keményítőiparban, az állatok takarmányozásában, a gyógyszeriparban (dextrin előállítás) egyaránt nagy jelentőségű. Adaptációs képességének, nagyfokú természetességének köszönhetően, felhasználási területe újra kibővíülhet, mint intenzív üzemanyagforrás jöhet számításba a jövőben. Energetikai hasznosítás esetén leginkább a magas keményítőtartalmú fajták (keményítő burgonya) elterjesztése lenne szükséges.

Energetikai felhasználásának módja a következő:

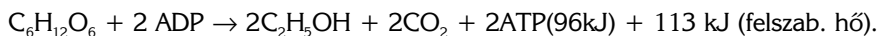
- keményítő kivonása,
- keményítő alkoholos fermentációja, alkohollá alakítás,
- alkohol üzemanyagba való keverése.

A burgonyából a keményítőt mechanikai úton a következőképpen állítják elő. A megmosott burgonyát péppé zúzzák, majd a pépből a keményítőt vízszugárral kimosás, utána a keményítőt ülepitik és centrifugáló gépeken víztelenítik. 100 kg burgonyából 90-93%-os kihasználással, a feldolgozott burgonya keményítőtartalmától függően, 18-20 kg 20% nedvességtartalmú keményítő állítható elő.

A keményítő híg savval főzve D-glükózra hidrolizál:

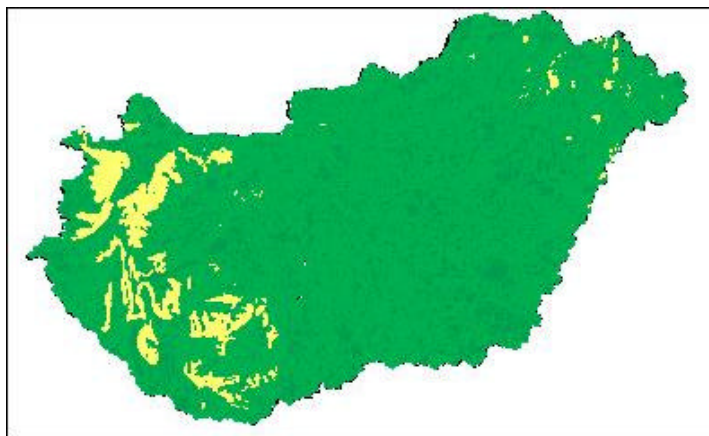


A keletkezett glükóz pedig alkoholos erjesztéssel alakítható etil-alkohollá, melynek összegképlete a következőképpen írható fel:



A keletkező etanolt 10-20%-ban egyéb üzemanyaghoz (benzin, gázolaj) keverve, kitűnő üzemanyaghoz juthatunk, mely üzemanyagból a keverés hatására kevesebb CO, CO₂, NO_x, korom és SO_x kerülnek a levegőbe a motor működése során. Az üzemanyag hatásfokának kismértékű csökkenése is tapasztalható lesz az üzemeltetés során, ez az alkohol benzinhez képest kisebb energiatartalmából adódik.

Termesztésre alkalmas területek



17. ábra. A burgonya optimális termőhelyei (430.000 ha)

3.2.4. Olajnövények

A legfontosabb szántóföldi növények közé tartoznak, mivel értékes olajuk táplálkozássunk nélkülözhetetlen alapanyagát képezik. Különösen a napraforgó termesztésének fő célját az étkezési olaj-szükséglet előállítását jelenti. A 40%-nál alacsonyabb olajtartalmú napraforgófajtákat madáreleségként vagy silótakarmánynak is vetik.

A két növény együttes vetésterülete országos szinten 600 000 ha körül mozog. A vetésterületek felfutása az elmúlt évtizedben kezdődött el. Leginkább ellentétes ökológiai igényrel jellemezhető növénycsoport hazánkban a termesztésük határára mozognak. Ez jól érzékelhető az eredeti élőhelyekhez viszonyított relatíve alacsonyabb terméseredményeken is.

Az olajnövénypiacra általában az jellemző, hogy termékhiánnyal küszködik, főleg a nyugat-európai régió az, amely nem tudja saját olajszükségletét előállítani. Ezért hazánk mezőgazdaságára is érvényes, hogy maximálisan igyekszik kielégíteni az ex-

portlehetőségeket. A napraforgót főleg étkezési célra, a repcét ipari alapanyagként fogadja szinte korlátlan mennyiségben a nyugat-európai régió. A nyugat-európai csökkentett olajtermő területeknek főként növénytermesztési okai vannak.

Termesztett növények:

Napraforgó – (*Helianthus annus L.*)

Repce – (*Brassica napus L.*)

Napraforgó – Sunflower (*Helianthus annus L.*)

Általános leírás

A napraforgó eredeti élőhelye az Amerikai kontinens, melyről a XVI. században először Spanyolországban, majd Európa többi részén terjedt el gyors ütemben. A növényt kezdetben az indiánok természettkét étkezési célból, illetve hajolajként is használták. A fajták továbbnemesítése, itt Európában, már az 1600-as évek előtt elkezdődött. Ezek a fajták kerültek aztán később bevezetésre kultúrnövényként az Amerikai kontinensen.

Jelenleg a napraforgó vetésterülete világviszonylatban is növekszik. Ez főleg azoknak az alacsony termetű, magas hozamú hibrideknek köszönhető, amelyek révén a termesztés teljesen gépesíthetővé vált. Az elterjedés másik oka, hogy telítetlen zsírsavakban gazdag, telített zsírsavakat pedig szinte alig tartalmaz. Az ilyen jellegű zsírok (olajok) nagy előnye, hogy a vér koleszterin és foszfatidtartalmát csökkentik, illetve az olaj energiatartalma (36,8 J/g) az emberi szervezetben 98%-ban hasznosul. Értékét növeli továbbá, a nagy mennyiségű oldott D-, és E-vitamin tartalom, valamint a különböző provitaminok.

A napraforgó a Compositae családba tartozik. A *Helianthus*, a nemzetség elnevezése a görög „Helios” szóból ered, melynek jelentése „nap”, az anthos pedig görögül virágot jelent. A *Helianthus* nemzetség 67 egyéves és évelő fajtát foglal magába. A termesztésben lévő napraforgó egyéves növény, tudományos neve *Helianthus annuus*. Ez egy mereven álló, el nem ágazó durva szárú fajta, igen nagyméretű „aranylós” tányérral. Magjai ehetőek, rendszerint olaját étkezési célra kiperéselik.

Ökológiai igények

A napraforgó nagyon jól adaptálható a különböző klimatikus és talajviszonyokhoz. Jól fejlett gyökérrendszerének köszönhetően, a leginkább szárazságtűrő növények közé sorolható, ezért termesztés a déli, szemi-Arid területeken is bátran javasolható. Magyarország éghajlata nagyon megfelel a napraforgó termesztésének. Az ország különböző termőtájain a rendelkezésre álló víz, vagy hó esetleg nem fedezi a tenyészidő minden szakaszában a nagyobb termésekhez szükséges igényeket, így az egymást követő tenyészidőszakok hozamai is eltérőek lesznek. Az olajhozamot, ezek az úgynevezett stresszelő tényezők, akkor csökkentik a legnagyobb mértékben, ha a fő növekedési időszakban vagy virágzáskor állnak fenn. Nedvességi stressz hatására például a növény leveleinek száma és mérete csökken. Ennek egyik jele, hogy a levelek párologtatása kisebb mértékű, ezáltal a tápanyagmozgás mérsékeltebb, illetve a kisebb levél-

felület extenzívebb fotoszintézist is feltételez. Közepes mennyiségű termést, ha a téli csapadék legalább a 300 mm-t megközelíti, öntözés nélkül is elérhetünk.

A napraforgó melegigényes növény, ezért hűvösebb hegyvidéken, hegyekkel körülrzárt vagy fagyúgos katlanokban termesztése nem ajánlott. A különböző típusú talajokhoz viszont remekül alkalmazkodik, a homokostól az agyagosig. Az alacsonyabb termékenyséű talajokon termés hozama sokkal jobb, mint például a kukoricának, burgonyának vagy a búzának. A legalkalmasabb pH tartomány a 6,5-8-ig terjedő. Sós talajokra kissé érzékeny.

Szaporítás

A nagy olajtartalmú hibrid napraforgók (50% olajtartalom felett) általában alacsonyabak (110-160 cm), mint az étkezési hibridek, illetve minden vonatkozásban igényesebbek. Vetéskor 8-12 °C talajhőmérsékletet kíván, ami április közepi, vagy végi vetésidőt jelent, a kukoricával körülbelül egy időben. A rendszerint csávázott, hibrid vetőmagot (5-15 kg/ha) középkötött talajokon 4-7 cm-re, kötött talajokon 4-5 cm-re, laza talajokon 5-7 cm-re vetjük.

Termesztés

A napraforgó magágyelőkészítése megegyezik a kukoricáéval, „minimum tillage” az ajánlott. A vetéskori sortávolság a kukoricához hasonlóan 70-76,2 cm, bár az olajhibrid-fajtáknál a sortávolság szűkítése a javasolt, 50-60 cm-re. A hektáronkénti növény szám 35 000-60 000 között változtatható. Ez nagyban függ a talajtípustól, a hibridtől, illetve attól, hogy öntözött viszonyok között folyik-e a termesztés. A nagy olajtartalmú fajtáknál öntözés esetén 25-50%-kal nagyobb növény szám javasolt hektáronként. (Napraforgónál öntözéssel 100-120% -kal nagyobb hozamok is elérhetőek!)

A napraforgó növényápolása nagyon hasonló a kukoricáéhoz. Kártevők és kórokozók közül a levéltetvek, mezei poloska és a bagolylepkék lárváját kell megemlítenünk. A napraforgó termőképességének alakulásában hazánkban is nagy szerepe van a gombás eredetű megbetegedéseknek. A növény terméshozamát évről évre, legnagyobb mértékben a szürke- és fehérpenészes szár- és tányérrothadás, napraforgó rozsda, lisztharman és a diaportés szár- és tányérrothadás veszélyezteti. A gombás betegségek elleni védekezés egyik legfontosabb eszköze a vetésváltás. A napraforgó önmaga után 4-5 évnél hamarabb ne kerüljön ugyanabba a táblába. Hazánkban a napraforgó nem tartozik az öntözött kultúrák közé, de érdemes megemlíteni, hogy öntözéssel nagymértékben fokozható ugyan a terméshozam, azonban ez oly mértékben növelheti a gombás fertőzéseket, hogy azoknak terméscsökkenő hatása jóval meghaladja az öntözéstől várható termésozöbbletet. Hozzá tartozik az igazsághoz azonban az is, hogy a hibrid fajtáknál, az olajhozam fokozásán kívül, a nemesítés szempontjaként másodsorban a különböző gombákra való rezisztencia kifejlesztése a cél.

A napraforgót az egyszikű és kétszikű gyomok egyaránt fertőzik. Vetés vagy kelés előtti gyomirtásnál az egyszikűek és a kétszikűek ellen ezért kombinált gyomirtót alkalmaznak. Szükség lehet kelés utáni vegyszeres kezelésre is, de a növény 35-40 cm-es magasságot elérve már igen jó gyomelnyomóvá válik.

A napraforgó jól kifejlődő gyökérrendszerével, intenzív tápanyagfeltáró és alkalmazkodóképességével a tápanyagok jelentős részét – közepes tápanyag-ellátottság esetén is – képes felvenni.

A napraforgó fajlagos tápanyagigénye:

N : 41, P₂O₅ : 30, K₂O : 70, CaO : 24, MgO : 12 kg/ha.

Vetésforgó

Mivel a napraforgó a betegségekre fogékonyabb növények közé tartozik, ezért ugyanabba a táblába 5 éven belül újra elvetni nem szerencsés. Magas humusztartalmú talajok esetében, ha a fertőzés erőteljesebb volt a táblára való visszatéréshez 6-7 év szükséges. Különösen érvényes ez magas hozamú, intenzíven termesztett olajhibridek esetében.

A napraforgó legjobb előveteményei a kalászos gabonák, de energianövények közül a szudánifű és a cukorcirok is nagyon megfelel (30. táblázat). Napraforgó előtt nem ajánlott a pillangósok termesztése, szója, csillagfürt, illetve cukorrépa, burgonya és csicsóka sem. Károsak mindazok a növények, amelyek szürkepenész betegségekre fogékonyak.

30. táblázat. Napraforgó elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Gabonafélék	Napraforgó	Cukorcirok
Szudánifű, kínai nád		Angol perje, csenkesz
Cukorcirok		Kukorica
Pántlikafű		Kínai nád

Egyéb megjegyzés: kifejezetten nem ajánlható napraforgó után cukorrépa, burgonya és repce; 4-5 éven belül újratevetni nem szerencsés

A napraforgó utáni növényeket is nagy odafigyeléssel kell megválasztani. A napraforgó betakarításkori elkerülhetetlen pergési veszteségéből adódó gyomosító hatását, az ún. gyomnapraforgót mindig figyelembe kell venni. Kedvezőek általában a napraforgó után a tavaszi vetések, energianövények közül pl. a cirokfélék. A napraforgó nem jó előveteménye a cukorrépának, burgonyának, csicsókának nagy vízfogyasztása és gyomosító hatása miatt. Hüvelyesek (szója, csillagfürt) sem vethetők napraforgó után, mert azok gyökér és gümőképződését hátráltatják.

Produkción

A napraforgó terméshozamát lényegében a talajminőség határozza meg. Termeszthető ugyan minden talajtípuson, homokon, erdőtalajokon, szikeseken, sekély termőrétegű talajokon, de a növény-talaj kapcsolat minősége szerint változnak, az egyébként

megfelelő termésbiztonságú hozamok. A növény talaj kapcsolatot tükrözik a következő átlagos adatok (31.táblázat).

A terméshelyek kiválasztásakor fontos szempont, hogy a terület homogén legyen, mivel a betegségek, kártevők és a virágzás eltolódása egyenetlen érést okozhat, ami nagyfokú (10-30%-os) betakarítási veszteséget jelent.

31. táblázat. A talaj-hozam kapcsolatok alakulása napraforgó esetében (Antal, 1992 alapján)

Talajtípus	Hozamok
csernozjom talajok	2,0-4,0 t/ha
barna erdőtalajok	1,5-3,5 t/ha
kötött réti talajok	1,2-3,0 t/ha
laza és homoktalajok	1,0-3,0 t/ha
szikések	1,0-3,0 t/ha
sekély termőrétegű talajok	1,0-2,5 t/ha

Betakarítás és raktározás

A napraforgótányérokat teljesen érett állapotban kell betakarítani. Becslések szerint, a beérés utolsó két hetében a magvak szárazanyag tartalma 50-100%-kal növekszik. Az érés kezdetét tányér és a szárrész sárga elszíneződése jelzi, amely ezt követően néhány nappal gyorsan barnulni kezd. Színváltás idején a kaszatok vízleadása jelentősen felgyorsul. A betakarítás csak akkor kezdhető meg, ha a kaszatok nedvességtartalma 15-16%-ra csökken, a tányér nedvességtartalma pedig 30% alá. A jelenlegi gyakorlat szerint, a kaszatok 30-32%-os nedvességtartalmának idején kémiai beavatkozással állományszárítást (desszikkálást) végeznek. Állományszárításra a Reglone és Harverde szerek a leginkább alkalmasak. A betakarítás arató-cséplő gépekkel végezhető. Speciális napraforgó adapter alkalmazása mellett is, az átlagos betakarítási veszteség 8-10%-ra tehető. A vágási magasság 50-80 cm, itt 15-25% a szár nedvességtartalma, ekkor vágja el legkönnyebben a vágószerkezet. A magvakat csak akkor lehet tárolni, ha nedvességtartalmuk nem haladja meg a 8-9%-ot, ezért a termést betakarítás után azonnal szárítani szükséges. A napraforgó kritikus nedvességtartalma fordított arányban változik az olajtartalommal. Minél nagyobb az olajtartalom, annál alacsonyabb az a nedvességtartalom, amelyen a magvak még eltarthatók.

Feldolgozás és felhasználás

A napraforgó tányér tartalmazza a növény összes szárazanyagának 50%-át. A tányér súlyának közel felét pedig a szemek teszik ki. Az olajtartalom a maghéjban 22-28% között, a magban 72-78% körül van. Az olaj átlagos összetétele a következő, olajtartalom 40-50%, fehérje tartalom 15-20%, rosttartalom 10-15%. Nem olaj hasznosítású fajták esetén az előbbi arányok a következők: maghéj (45-50%), mag (50-55%). Ezek a fajták alacsony olajtartalommal, és magas (20-25%) rost-tartalommal jellemezhetők.

Becslések szerint a világ összes napraforgó termelésének 90%-a étolajként van hasznosítva. A napraforgóolaj jellemzője a nagyon magas linolsav és a közepes olajsav tartalom. A napraforgó termesztése esetében hűvösebb, északi klímán, rendszerint 70%-nál magasabb a magvak linolsav tartalma, míg a napraforgót déli, mediterrán területeken természetve az olaj linolsav tartalma mindössze 30% körül alakul. Rendszerint negatív korreláció van az olajsav- és a linolsav tartalom között. A napraforgóolaj tápláléértéke az olíva olajjal egyenértékű, felhasználása is főként a humánélelmészben terjedt el.

A dél-európai országokban 2,66 millió hektáron termelnek minden évben napraforgót, szinte kizárólag étolajnak. Az éves napraforgó maghozam 3,92 millió tonna, ami átlagosan 1473 kg magtermést jelent hektáronként. A termőterületek közötti nagyobb hozam különbségek főként a tenyészidőszak hosszának különbözőségeiből erednek az európai országokban. Ennek fő oka a klimatikus adottság, de tényezőként szerepel a talaj adottság, vagy az öntözöttség mértéke is. Átlagosan 50% olajtartalmat feltételezve a termésben, a hektáronkénti olajprodukción Portugáliában 280 kg/ha, Olaszországban pedig majdnem ötszöröse, 1349 kg/ha. Európában az átlagos hozam 738 kg/ha.

A dél-európai országokban a napraforgó van napirenden, mint potenciális biodízel forrás, míg az észak-európai régióban a repce képezi a kutatások középpontját. Bárhogyan is nézzük, a napraforgó biodízel előállítás csak igen erős pénzügyi ösztönzés (szubvenció, adómentesség) mellett lehetséges. A támogatási rendszer még az EU-ban sem egységes. Hozzávetőleges adatok szerint, Olaszországban adómentesen 128000 t/év biodízelt állítanak elő, amely részben napraforgóból, részben repceolajból tevődik össze. Franciaországban minden bio-üzemanyag adómentességet élvez, míg Portugáliában, Spanyolországban és Görögországban a folyékony bio-hajtóanyagokra vonatkozó ösztönzőrendszer teljesen hiányzik (*The Liquid Biofuels Newsletter, 1997*).

A napraforgóolaj felhasználása bio-üzemanyagként akkor jöhet számításba, ha lényegesen nagyobb területeken fogják termesztetni, mivel jelenleg szinte valamennyi fejlett ország napraforgó étolaj importra szorul. Ennek oka, hogy a napraforgót, agresszív tulajdonságai miatt, nem szívesen teszik a vetésforgókba, mivel sokkal fontosabbnak tartják a talaj termőképességének egyensúlyban tartását, mint a termesztésből származó minimálisan magasabb profitot. Erős túlzással, a napraforgót agresszív gyomként kezelik, ezért a növény főleg a kevésbé fejlett országok növénykultúráinak domináns növénye, mint az egyik legjobban exportálható mezőgazdasági termék.

A napraforgó termesztésben jelentős a maradék vagy melléktermék mennyisége is. Ez főleg a földön maradó szár és a betakarításból, illetve utótisztításból származó tányérmaradványokból ered. Átlagosan a szár és a maradványok tömege a magtermés kétszeresét adják. Ezek fűtőértéke szárazanyagra vonatkoztatva 17-18 MJ/kg körüli.

A napraforgó biodízel előállítás hosszú távú perspektívájának főleg az agronómiai szempontok kedvezőtlenége szab határt. A növény igen alacsony hozammal jellemezhető, például a repcehez képest is, mely révén olajának energetikai felhasználása csak igen jelentős támogatási rendszer keretén belül lehetséges. Mint azt már az előbbiekben említettem, termőterületének növelése agronómiai, talajfenntarthatóság illetve limitáltsági okokból szinte elképzelhetetlen. Legvégső és leginkább befolyásoló tényező, hogy a többi energianövényhez képest a napraforgó nem versenyképes. Öntözött

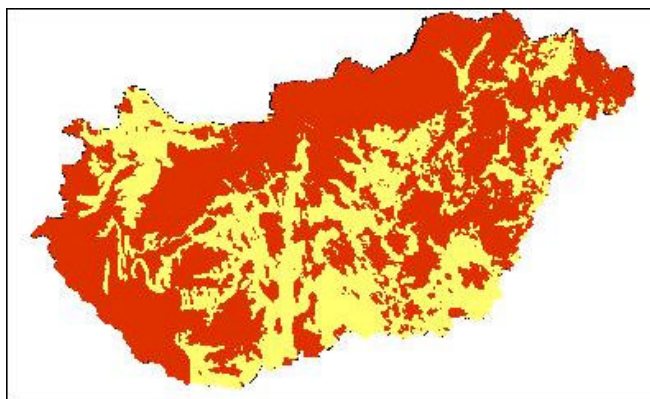
körülmények között pl. a kukorica kb. 4500 l/ha etanolt produkál, míg ugyanezen feltételek mellett a napraforgó 1100 -1500 kg/ha biodízelt eredményez.

A jövőben, a folyékony bio-hajtóanyagok piacán, valószínűleg az agronómiai szempontok kedvezőtlensége miatt fogják háttérbe helyezni a napraforgó biodízelt előállítását. A kukoricából nyerhető, bio-hajtóanyag mennyiség összevetését a napraforgóéval már az előbbieken láthattuk. Ugyanez a helyzet a cukorcirokkal, a kínai náddal, olasz náddal és a pántlikafűvel való összehasonlítás esetén is. Nagy előnye viszont a többi növényvel szemben, hogy mint növényi „olajforrás” már évszázadok óta ismert. Mindenütt elterjedt, természetese, igényei jól ismertek, hasznosításával kapcsolatban nincs szükség technológiai fejlesztésre.

A bio-dízelnként felhasznált napraforgóolaj nagyon jó hatással lehet a növényi olajok piacára, mivel az igények növekedésével, az étkezési célra szánt olajok minősége is javulni fog. Megjegyzendő továbbá az is, hogy a napraforgóolaj fogyasztás világ és európai viszonylatban is folyamatosan nő.

Végül egy jól ismert tény, hogy GATT megállapodás született arról, hogy Európában limitálni kell az olajnövények biodízelt előállításra vonatkozó mennyiségét. Becsült adatok szerint, egész Európát figyelembe véve, ez nem lesz több, mint 1 millió hektár olajnövény, amiben a repce és a napraforgó terület egyaránt benne van.

Termesztésre alkalmas területek



18. ábra. A napraforgó optimális termőhelyei (3.306.000 ha)

Repce – Rape (*Brassica napus* L.)

Általános leírás

A repce egy mediterrán eredetű C_3 -as növény. Rendszertanilag a keresztesvirágúak (*Cruciferae*) családjába tartozik, két változata, az őszi és tavaszi ismeretes, de hazánkban csak az őszi repce hozamai gazdaságosak. Neve a latin rapum szóból ered, mely-

nek jelentése fehérrépa, ez a növény nálunk réparepce (*Brassica rapa oleifera* L.) néven ismert, mely a repcefajok közeli rokona. Ázsiában évezredek óta ismert és termesztett növény, de származási helye valószínűleg Észak-Afrika. A növény gyorsan csirázik, gyökere karógyöker, mely 1,5-2,0 méter mélyre is lehatol. A növény 110-160 cm magas, fajtától függően. Rozettás levelei és szára is kékeszöld színű. Kénsárga virágai laza fürtvirágzatban helyezkednek el. Minden egyes növény kb. 120 db hosszú, vékony maghüvellyel, becővel rendelkezik, amelyek közül 40-60 un. főhajtás, maximális magtartalommal. A becőkben 18-20 magot találunk átlagosan, amely 2000-3000 kicsi, kerek, fekete magvacskát jelent növényenként.

A magvai nagy mennyiségű olajat tartalmaznak, a repce az erukasavat tartalmazó növények csoportjába tartozik. Az összes olajtartalom zsírsavösszetételét nézve 6% a telített és 94% a telítetlen zsírsavak aránya. A telítetlen zsírsavak között 14% olajsavat, 45% erukasavat, 14% linolsavat és 10% linolénsavat találunk. Az alacsony erukasav tartalom vagy erukasav mentes repce termesztés volt a célja az elmúlt évek nemesítéseinek, mivel az erukasavnak erős növekedésátlító és szívizom-károsító hatása van. Ennek legismertebb eredménye az alacsony erukasav tartalmú, kanadai eredetű CANOLA hibrid. Azokat a fajtákat, amelyek nem vagy csak alacsony erukasav tartalommal rendelkeznek, „00-repce”-nek nevezzük.

Ökológiai igények

A repce az ökológiailag igényes növényekhez sorolható. A mélyen művelhető, humuszban gazdag homokos agyagtalaj az optimális a repce termesztésére, de ezen kívül humuszos agyag, vagy vályog, illetve a vályog is nagyon megfelel. A repce talajigényét régebben sokan alábecsülték, de kiderült, hogy a nagy termések egyik legfontosabb feltétele a garantált vízellátás, főleg áprilisban a fejlődés kezdetén. Ezt csak az előbb említett, jó kultúrállapotú talajok képesek biztosítani. A tavaszi repce sokkal gyengébb gyökeret fejleszt, ezáltal jóval érzékenyebb a vízhiányra, mint az őszi, áttelelő típus. Ezért termesztése lápos vagy vizenyős területeken sem ajánlott.

A repce egész tenyészideje során a származási helyének megfelelő, hűvösebb vagy mérsékelt meleg, nagy fagyoktól mentes, csapadékos párás klímát kedveli. Vetése után a repce kb. 100 napig 2 °C feletti klímát igényel. Ez azért szükséges, hogy a gyökerek és a levelek (8-11 db) elérjék az átteleléshez szükséges fejlettséget. A téli fagyokat a gyenge fejlettségű repce nagyon megsínyli, míg a tél beálltaig megerősödött repce elég jól bírja a száraz fagyokat. A korábban vetett, túl buja repce is hajlamos a téli kipusztulásra. Fagyűrő képessége nagymértékben függ a talaj nedvességi állapótól. A repcét -6, -8 °C hideg is kipusztíthatja, ha a talaj erősen nedves, viszont száraz talajon jelenlegi repcefajtáink a néhány napig tartó -18, -22 °C hideget is kibírják. Késő télen vagy kora tavasszal, mikor a hőmérséklet tartósan 5 °C fölé emelkedik, a repce megkezdí növekedését. Nyáron elvetett repce, „nyári repce” is ismeretes, rendszerint az északi területeken használják, ott ahol a tél túl szigorú az őszi vetett repce átteleléséhez.

Szaporítás

A repce szaporítása vetőmaggal történik, melynek során kb. 150 magra van szükség m^2 -ként (8-10 kg/ha). A megfelelő fajta kiválasztásánál főként a glükoszínolát és az erukasav tartalom a meghatározó, de más faktorok is befolyásolják, többek között a terület elhelyezkedése, klíma, érésidő, tél és nyár hosszúsága, hozamok nagysága stb. A gyakorlatban leginkább elterjedt változat a 0-ás repce (erukasavtartalom nélkül), és a dupla 00-ás repce (erukasavtartalom nélkül és alacsony glükoszínolát tartalommal). Ezek a jellemzők a legfontosabbak abban az esetben, ha élelmiszer vagy takarmány előállítás a célunk. A legmagasabb hozamokkal a németországi őszi (téli) fajták közül a következők rendelkeznek: Lirajet, Wotan and Silvia, Falcon, Liberator and Vivol. Tavasz fajták közül a „Lisonne and Evita” a legjelentősebb. Magyarországon a Tripla, Dupla, Egyszeres és a Hagyományos fajtacsoportok ismertek a gyakorlatban.

Termesztés

Olaszországi tesztekben hasonlították össze a hagyományos művelést (CT:25 cm mély szántással) és a minimum tillage-t (MT:10-15 cm mély boronálás), melynek eredménye szerint a 3 éves periódust figyelembe véve, homoktalajon nincs szignifikáns különbség a maghozam és biomassa hozamok között a két művelés esetében. Igaz, hogy a talaj-kondíció a gyökerek intenzív növekedése következtében évről-évre romlott, de a munkaráfordítás pl. 45%-kal csökkent, az üzemanyag felhasználás, az energia igény és a termelési költségek is jelentős mértékben redukálódtak az MT esetében a CT-hez képest.

Az őszi káposztarepce vetése augusztus végére, szeptember elejére ütemezhető. Északi területeken a vetésidő augusztus eleje vagy július vége is lehet, ezért ott nem is őszi, hanem nyári repceként (summer rape) ismert. A szükséges növény-sűrűség 60-80 növény/ m^2 , melynek eléréséhez 3-4 kg vetőmagot kell elvetnünk. A magvakat 1,5-3 cm mélyre szükséges elvetni, a sortávolság a búza sortávolsága (13,5) legyen minimálisan. A sortávolság 20-28 cm-ig növelhető, ha a talaj kondíciója optimális. A tavaszi repce vetése március végétől május elejéig, az időjárási viszonyoktól függően végezhető. A téli repcénél javasolt növény-sűrűség eléréséhez legalább kétszer annyi vetőmag szükséges a tavaszi repce esetében.

Pre-emergens és post-emergens növényvédelmi kezelés javasolható a káros gyomok ellen. Az ősszel kikelt gyomnövények közül a galaj, árvacsalán, széltippan, kamilla, vadzab, parlagi ecsetpázsit, tyúkhúr és gabonafélék után vetve a gabona-árva-keelés a legveszélyesebbek.

Gombabetegségek közül a fehérpenészes (*Sclerotinia*) rothadás, a szürkepenészes (*Botrytis*) rothadás és a repcebecőrontó betegség az, amely hazánkban előfordul. Egyes termőhelyeken, a kedvezőtlen, főleg csapadékos időjárás hatására előfordulhat még gyökérnyak és szárrothadás, valamint peronoszpóra és káposztagolyva is.

Az őszi káposztarepce fiatal korban fellépő talajlakó kártevői ellen (repcebolha, repceormányos, repcedarázs) a leghatásosabb és legolcsóbb védekezés a csávázás. A csávázást közvetlenül a vetés előtt kell végezni, mivel a csávázószer hatása nagyon hamar csökken. Az állományban négy kártevő leküzdésére kell figyelmet fordítanunk, nevezetesen a repcefénybogár, a repcebecő-ormányos, a repceszár-ormányos és a repcebecő-gubacsszúnyog.

A növény szerves trágyázása főleg folyékony trágyával, hígtrágyával ajánlott. Manapság a különböző tápanyagok kijuttatása csaknem kizárólag szervesetlen műtrágyák formájában történik. A szükséges nitrogén mennyiség fokozatosan, a fejlettség függvényében kerül adagolásra. Németországi szakemberek által ajánlott trágyázási szinteket láthatjuk a következő táblázatban, őszi káposztarepce (winter rape) esetében (32. táblázat).

Magyarországi körülmények között a repce fajlagos tápanyagigénye *Máthé, A. (1992)* szerint a következő adatokkal jellemezhető:

N : 30 (összel), 25 (veg. per. kezdetén); P₂O₅ : 35, K₂O : 43 kg/ha.

32. táblázat. Az őszi káposztarepce átlagos hatóanyag szükséglete

Hatóanyag	Mennyiség
Nitrogén (N)	0-50 kg/ha (összel)
Nitrogén (N)	0-100 kg/ha (veg. periódus kezd.)
Nitrogén (N)	80-100 kg/ha (4 héttel később)
Foszfor (P ₂ O ₅)	80-100 kg/ha
Kálium (K ₂ O)	180-220 kg/ha
Magnézium (MgO)	25-30 kg/ha

Vetésforgó

Az őszi káposztarepce szempontjából a legfontosabb tényező, hogy előveteménye korán lekerüljön a tábláról, s lehetővé tegye a talaj időben és jó minőségben való előkészítését. Ezért előveteményként a következő növények javasolhatók: tavaszi és őszi kalászosok, őszi búza, őszi árpa, borsó, zabosbükköny, takarmánykeverékek, szója, zöld pántlikafű stb. A fonálférgék (*Nematode*) elszaporodása miatt a repcét nem szabad beilleszteni répás vetésforgókba. A *Sclerotinia* gazdanövényeit sem ajánlatos repce-vetésforgókba alkalmazni, mivel a fertőzés igen jelentős termés kiesést okozhat. Főleg növény-egészségügyi okok miatt, a repce 3 évnél korábban nem kerülhet vissza ugyanarra a területre.

Észak-németországi *Christe and Sieling (1995)* kísérletei szerint a legjobb hozamokat a repce borsó után vetve adta. Szintén kedvező hozamok mutatkoztak gabonafélék után történő vetés esetében (33. táblázat). A legalacsonyabb hozamokat a repce monokultúrában történő művelése során mutatkoztak. A kutatások eredményei szerint, általánosságban megállapítható, hogy az olajrepce hozamai, termésmennyisége növekszik azokban esetben, ha a vetésforgó kiterjedtebb, azaz a repcenövény egymás utáni termesztése között minél hosszabb idő telik el.

33. táblázat. Repce elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Őszi gabonák	Repce	Gabonafélék
Kukorica		Cukorcirok
Zöld pántlikafű		Csillagfűrt, keserűfű
csillagfűrt		Angol perje, n. Csenkesz

Egyéb megjegyzés: 3 évnél korábban nem kerülhet vissza ugyanarra a területre

Produkción

A növény biomassza-értékének megállapítása energiamérlegének elemzése alapján történhet. Ez a ráta a növény által megtermelt összes energia és a növény által felhasznált bruttó energia hányadosa. Az egynél nagyobb energia ráta azt jelenti, hogy nettó energiaképződés történik. A repce-metilészter (RME), amelyet a gyakorlat a dízel olaj helyettesítésére használ, 5,5 energetikai rátával rendelkezik abban az esetben, ha a teljes növényt (szárral együtt) számításba vesszük, és 2,9-et mutat, ha szárral nem számolunk. Pihentetett területeken az energetikai együttható szárral együtt 6,1, szár nélkül pedig 3,2 körül alakul. Összehasonlításként, búzából nyert etanol esetében az együttható 3,6-3,9 körüli, cukorrépából nyert etanolnál pedig 2,43-2,53. A fosszilis üzemanyagok finomításának energetikai együtthatója 0,94, amiben nincs benne az extrakció és a szállítás stb. költsége. Ebből kitűnik, hogy a bio-üzemanyagok pozitív energiamérleggel, míg az ásványi eredetűek kissé negatív energiamérleggel jellemezhetők.

Egy másik, szintén olajnövényekkel kapcsolatos tanulmányban *Goering and Daugherty (1982)* megállapította, hogy a teljes energia input öntözetlen körülmények között tavaszi repcénél 7624 MJ/ha. Ez magába foglalja a teljes folyamatot, a repce mag árától kezdve a kinyerés költségéig. Az energia outputot pedig 20066 MJ/ha értékben állapították meg. Ez az energiamennyiség 1233 kg/ha maghozamon alapszik, melynek olajtartalma 41%. Az energia output/input arány ebben az esetben tehát 4,18 volt. A repce volt a második legjobb arányt felmutató, a kilenc tesztelt növény között, melyeket öntözetlen körülmények között vizsgáltak. A kutatások szerint, a legmagasabb rátával a szója rendelkezik, ez 4,56-os érték.

Betakarítás és raktározás

Az őszi káposztarepce betakarítása júliusban történik, a vegetációs periódust követően, ami kb. 330 nap. A becők és a szár színe hamvas- vagy szürkésbarna, a magvak barnás-fekete, fekete színűek érett állapotban. A becőket mozgatva a benne lévő magvak zörgő hangot adnak. Ebben az időpontban a növény nedvességtartalma 20% alatt van. A szárítás a legtöbb esetben szükséges, mivel 12%-os nedvességtartalmat szükséges elérni ahhoz, hogy a növény tárolható vagy más feldolgozásra alkalmas legyen. A szalmát rendszerint szecskázzák és takarmánynak hasznosítják, más esetben szárítják vagy ipari célokra használják fel. Az őszi káposztarepce éves átlag maghozama 3 t/ha, száraz szalmáhozama pedig 10-12 t/ha közötti.

A tavaszi káposztarepce akkor érett a betakarításra, amikor a növény elbarnult, és a becők kezdenek szétválni. A tavaszi repce maghozama 1,5-2,5 t/ha között várható.

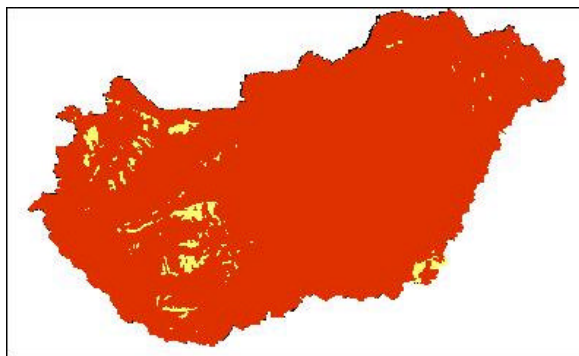
Feldolgozás és felhasználás

Greaf és társai (1994) megvizsgálták, hogy milyen összetevők és mekkora arányban szerepelnek a repcenövény feldolgozásának folyamatában. A vizsgált állomány összömege 8650 kg/ha, ebből 5470 kg/ha a repceszár és 3180 kg/ha a repcemag mennyisége. A magvak feldolgozása során 1848 kg/ha ballaszt maganyag, és 1332 kg/ha repcemag olaj keletkezett. Finomítás után 1279 kg/ha repcemag olajat nyertek, melyet 139 kg/ha metanollal kevertek össze. Ebből 1285 kg/ha (1460 l/ha) repceolaj-metilészter (RME) és 133 kg/ha glicerint különítettek el. Az 1460 l/ha repce-metil-észter energiatartalma 47,8 GJ/ha.

A nyers repcemag körülbelül 40% olajat és 60% egyéb anyagot tartalmaz. A magvakból feldolgozás során az olajat először préseléssel nyerik ki. Ez a nyers bio-olaj is több területen felhasználható, például hidraulika olajnak, fűrészelőolajnak, kenőanyagoknak, RME alapanyagoknak, fűtőolajnak, a vegyiparban különböző termékek gyártására. Ha az olajnak alacsony az erukasav tartalma, akkor élelmiszeripari célra, különböző termékek előállítására, mint pl. főzőolaj, margarin, majonéz, vagy állati takarmányként szarvasmarha, sertés, szárnyasok részére is felhasználható. A magvakból, a préselés után megmaradt olajat extrakcióval vonják ki. A maradékanyagot takarmányként hasznosítják.

A növény szalmáját el lehet égetni **kazánokban**, vagy gyors-pirlízissel bio-olaj nyerhető ki belőle. A bio-olaj felhasználása teljesen megegyezik a közönséges, fosszilis gázolajéval. Kazánokba, dízel motorokba vagy tüzelésre optimális energiaforrázó.

Termesztésre alkalmas területek



19. ábra. A repce optimális termőhelyei (239.700 ha)

3.2.5. Rostnövények

A rostlent egyik legrégebben termesztett növényeink közé sorolhatjuk, mind a szárából nyerhető rostok, mind a magjában található olaj jól ismert alapanyagok. Termesztését egyrészt ökológiai igénye, másrészt kórokozókra, kártevőkre való fokozott érzékenysége korlátozza leginkább hazánkban. Termesztése nem tervezhető biztonsággal, mivel igen változó terméshozamokkal jellemezhető évről-évre. Energetikai termesztés szempontjából való figyelembe vételét ugyan olajtartalma és viszonylag magas szárazanyag hozama elvileg indokolhatná, de hazánk éghajlati adottságai nem biztosítanak megfelelő termésszinteket.

A kender közép-Ázsiai eredetű növény, innen hódította meg évszázadok alatt az összes kontinenst. Magyarországon a történelmi időkben már termesztették a kendert. Magyarország földrajzi viszonyai, hőmérsékleti és csapadékadottságai kiválóan alkalmasak a kender termesztésére. Hazánkban az utóbbi évszázadot kivéve az északi kendert termesztették. A jóval értékesebb és nagyobb termést adó déli kender csak egy évszázaddal ezelőtt, az olasz fajták behozatala után vált ismerté. Fleishman Rudolf nemesítői tevékenységének köszönhető, hogy az 1930-as években nagy értékű magyar fajták váltották fel a külföldi fajtákat. A nemesítői munka sikeres folytatása Bócsa Iván nevéhez kötődik, aki újabb fajtákat, a hibrid kendert, az uniszex kendert is előállította.

A kender egyéves, rövidnappalos, C₃-as növény, hagyományos termesztésben hosszú rostjainak textilipari felhasználása okán termesztik. A földrajzilag is jól elkülöníthető termesztett alfajok mindegyike a *Cannabis sativa subsp. culta*hoz tartozik, amelyeket a következőképpen csoportosíthatjuk: északi, középorosz, mediterrán. Hazánkban elsősorban a *középorosz kender-csoport* jellemző: Az 50-60. északi szélességi fok között termesztik nagy területen. Tenyészideje 90-110 nap. Szára 120-200 cm magasra nő. Kiemelkedően nagy rost és magterméssel jellemezhető, mely révén az energetikai termesztés kapcsán is reflektorfényébe került. Az érdeklődést a növény iránt tovább fokozza, hogy nagyon alacsony termelési és konverziós költségekkel jellemezhető.

A rostonövények energetikai felhasználás szempontjából egyértelműen a szilárd biomassza, vagy a szilárd energiahordozók előállítására alkalmas növények közé tartoznak. A kender esetében kb. 15 t/ha szárazanyaggal lehet kalkulálni, a rostlen ugyancsak 10 t/ha-os hozamokkal termesztendő.

Termesztett növények:

- Kender – (Cannabis sativa L.)
- Rotslen – (Linum usitatissimum)

Kender – Hemp (Cannabis sativa L.)

Általános leírás

A kender közép-ázsiai eredetű növény, innen hódította meg évszázadok alatt az összes kontinenst. Magyarországon a történelmi időkben már termesztették a kendert. A honfoglaló magyarok a vándorlások alatt ismerték meg. Erre utal a bolgár-török ere-

detű neve (kendir). A Kárpát-medencében őseink honfoglalása előtt a szlávok már ismerték és hasznosították.

Hazánkban az utóbbi évszázadot kivéve az északi kendert termesztették. A jóval értékesebb és nagyobb termést adó déli kender csak egy évszázaddal ezelőtt, az olasz fajták behozatala után vált ismertté. Fleishman Rudolf nemesítói tevékenységének köszönhető, hogy az 1930-as években nagy értékű magyar fajták váltották fel a külföldi fajtákat. A nemesítói munka sikeres folytatása Bócsa Iván nevéhez kötődik, aki újabb fajtákat, a hibrid kendert, az uniszexuális kendert is előállította.

A kender egyéves, rövidnappalos, C₃-as növény, a *Cannabis* nemzetséghez tartozik. Mai ismereteink szerint két faja van, a *Cannabis indica* és a *Cannabis sativa*. Gazdasági jelentősége a *C. sativának* van, amelynek két alfaja közül a *subsp. spontanea* (vadkender) elvileg nincs termesztésben, a *subsp. culta* (ipari kender) a termesztésben elfogadott.

A földrajzilag is jól elkülöníthető alfajok mindegyike a *Cannabis sativa subsp. culta*hoz tartozik, amelyeket a következőképpen csoportosíthatjuk (*Bócsa, 1966; Ruzsányi, 1992 alapján*):

Északi kender csoport: A 60. északi szélességi foktól északra termesztett. A legrövidebb tenyészidejű (50-80 nap) kender. Hosszú nappalos, ezért ha délebbre termesztik, tenyészideje csökken. Magyarországon a kelés után 21-30 nap múlva virágzik. Szármagassága a 150 cm-t nem haladja meg, délebbi területeken pedig jóval 150 cm alatt marad.

Középorosz kender cs.: Az 50-60. északi szélességi fok között termesztik nagy területen. Tenyészideje 90-110 nap. Szára 120-200 cm magasra nő. Kiemelkedően nagy a magtermése.

Déli (mediterrán) kender cs.: Nagyobb területen az 50. északi szélességi foktól délre termesztik. Termeszthetőségének déli határa ott van, ahol a kender felváltják az értékesebb, melegigényes rosnövények. Északabbra néhány szélességi körnek megfelelő sávban még rostipari célra termesztendő, de magfogásra már nincs lehetőség. Tenyészideje 130-150 nap. Szára igen magas. Sűrű állományban is eléri a 2-3 m-t. Tág térállásban pedig a 4-5 m magasságot is meghaladja.

Ázsiai kender: Közép-Ázsiában, Kínában, Japánban termesztik főleg. Rosttermesztés szempontjából nagyon előnytelen, mivel szára hajlamos elágazódásra. Tenyészideje 150-170 nap, szára 1,5-3 m-re nő meg.

Magyarországon egy évszázada már, hogy szinte kizárólag csak a déli kender termesztése folyik, így a többi kender csoport jellemzőivel a továbbiakban nem foglalkozom. Hazánkban jelentősége még a déli variánson belül is, igazából a hibrideknek van. A nagy hektáronkénti hozammal (7,5-9 t/ha kóró) a magyar fajták a világ élvonalába tartoznak. A világon kb. 260 000 ha-on, Európában 55 000 ha-on, hazánkban 1980-ban még 62 000, ma már csak 6-7000 ha-on termelünk kendert. A termőterület csökkenésének oka egyértelműen a műszálak elterjedése volt.

Gyökere karógyökér-rendszerű, nagyon jó a vízgazdálkodása. A tenyészidő végére szára elfásodik. Hossza megfelelő körülmények között a 2-3 méter, de az 5 métert is elérheti. A szár felülete hosszirányban kissé barázdált, kerülete szögletes. Szára – különösen fejlődésének kezdeti szakaszában – érdes, szőrökkel borított. A szár vastagsága sűrű állományban 3-9 mm között változik, rosttartalma 8-32%, cellulóz tartalma 57-

60%, lignin tartalma pedig 8-10% közötti, fajtától függően. A kender levele tenyeresen vagy más kifejezéssel ujjasan összetett. Kétlaki növény, ezért az eltérő nemű virágok külön egyeden, a virágzatban csoportosulnak. A virágok sok pollent tartalmaznak, ebből következően virágzáskor a porzóvirágzat gazdagon ontja a virágport. Erre az állapotra mondják, hogy füstöl a kender. A kender termése makkocska. A makkocska egyetlen magot tartalmaz, amelynek olajtartalma 35%, linolsav tartalma pedig 46-70%.

A hagyományos és az energetikai termesztés szempontjából is hibrid változatok a legjelentősebbek. Az uniszexuális kender a kétlaki nővirágok, egylaki hímvirág pollenrel való megtermékenyítése útján állítható elő. Ez a változat mintegy 90%-ban nő és egylaki, vagyis magot termő egyedekből áll. Ilyen tulajdonságú az UNIKO-B hibrid, amelynek első változatában, az F₁-ben 70-90%-kal nagyobb a magtermő képessége, az F₂-ben pedig a rosttermése. Véleményem szerint az energetikai termesztés szempontjából is ez a hibridváltozat lehet a legjelentősebb.

Ökológiai igények

Az általunk preferált kender (*Déli típus*) a mérsékelt klímát szereti, 13-22 °C közötti az optimális hőmérsékleti tartomány. Csírázási időszakban igen érzékeny a fagyokra, szántóföldi növényeink között a melegigényesek közé soroljuk, hőösszeg igénye 1800-2000.

A kender általában jól elboldogul a legtöbb talajon, de különösen szereti a mélyebb, humuszos, mészből gazdag, jó vízellátású területeket. Nem alkalmas viszont termesztésére a homok, a nehéz agyag, a túlságosan nedves és tömörödött talaj. A 6-7-es pH-t kedveli. Nagyon kell figyelni arra, hogy vetés előtt a talaj jól előkészített legyen. Évi 550-600 mm csapadék és vízigényét rendszerint kielégíti.

Szaporítás

A szaporítás megszokott formája a kendernél, a magról történő szaporítás. A fajta kiválasztásánál nagyon kell figyelni, mivel igen sokféle kender ismeretes, pontosan ki lehet, illetve ki kell választani a megfelelőt. Megfeleljen a termőhely klimatikus viszonyainak, a talajadottságoknak stb. A variánsokat a szerint osztályozzák, hogy mennyi rostot, olajat és THC-t (delta-9-tetrahydrocannabinol-t) tartalmaznak érettségkor. A továbbnemesítés fő szempontja, hogy egyre magasabb legyen a rosttartalom és minél alacsonyabb a THC (*van Soest et al., 1993*).

Termesztés

A kender az ország déli területein korai tavaszodás estén már március végén elvethető. Egyébként a szokásos vetésidő április közepétől május végéig tart. A szükséges vetőmag mennyisége 35-50 kg/ha, amelyeket 2-4 cm mélyre vetünk. A sortávolság fajtától és hasznosítástól függően 10-20 cm között változik. Ez 200-300 növény/ha- os állomány-sűrűséget eredményez. Nagyobb növényzámnál a száruk vékonyabbak maradnak, ez hosszabb és jobb minőségű rostokat eredményez. A magasabb növény-sűrűség csökkenti a nemkívánatos levélmennyiséget is. A magvak 4-6 nap alatt kicsíráz-

nak, ha a hőmérséklet legalább +5-7 Celsius. A növény gyors növekedésű, ezért a gyommagvakkal nincs sok probléma a termesztés során. A kendernek – más növényekhez viszonyítva – kevés kártevője és kórokozója van. Kiváló gyomelnyomó tulajdonságánál fogva vegyszeres gyomirtásra nem igazán van szüksége.

Néhány betegség és kártevő közismerten megtámadhatja a növényt. Az eddig megfigyelt betegségek, amelyek a növényen előfordulhatnak, a botritis, fuzarium és a szklerotinia. Csírázási időszakban a csiga és drótféreg okozhat károkat, később pedig a kenderbolha és a kis kendermoly.

A németországi Nemzeti Agrárkutató Központ ajánlása szerint az ajánlott trágyázási szintek a következők:

N : 60-100 (3 alkalomra. elosztva), P₂O₅ : 70-100, K₂O : 150-180 kg/ha.

Vetésforgó

A kender önmaga után hosszabb ideig termeszthető, ezeket az ültetvényeket nevezik kenderföldeknek. A kender előtt ajánlatos nem nagy vízigényű növényt alkalmazni, pl. a kalászosokat. A „szakma” a leghatásosabb gyomelnyomó szántóföldi kultúrának a kendert tartja. Augusztus végéig szabaddá válik utána a terület, így az őszi vetésű növények számára nagyon jó feltételt biztosít. Napraforgó után nem ajánlott (34. táblázat).

34. táblázat. Kender elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Búza, cikória	Kender	Kender, cukorrépa
Kender		Őszi gabonák
Gabonaélék		Kukorica, n. Csenkesz
Cukorcirok		Angol perje

Egyéb megjegyzés: napraforgó után ne vessük lehetőleg

Produkcó

Holland kísérletek eredményei szerint, optimális körülmények között a szárazanyag hozam, vagy kórótermés 12-13,6 t/ha-nál jónak mondható (Mejer et al., 1995). Hasonló eredményt mutatnak a Németországi kutatások is, a szárazanyag hozam 8-16 t/ha, a „rost hozam” 2-4 t/ha között volt. A Magyarországon nemesített hibridek terméseredménye, illetve hozama 7,5-10 t/ha között mozog, 23,5-24,5% rosttartalommal. A kendertermés átlagos összetevői pedig a következők: 52% felhasználható anyag, 31% rost (40% hosszú, 60% rövid), 8% mag és 9% a nem hasznosítható részek aránya.

Betakarítás és raktározás

A betakarítás időpontja általában augusztus vége, szeptember eleje, de ez függ a növényfajtától vagy a hasznosítás módjától is. A rostkendert aratás előtt lábon deszikálják, majd a hazai gyakorlat szerint, kéveköti aratógéppel takarítják be. A kéveket néhány hét múlva RKB-1 típusú aratógéppel 400 kg-os bálákká alakítva teszik alkalmassá szállításra. Energianövényként betakarítva a kendert, már más eljárás szükséges, mivel a darabolást, szecskázást a táblán lenne szükséges elvégezni. Megfelelő betakarítógép kifejlesztése még folyamatban van, de sikereket értek már el a sor-fügetlen kukorica kombájn alkalmazásával is.

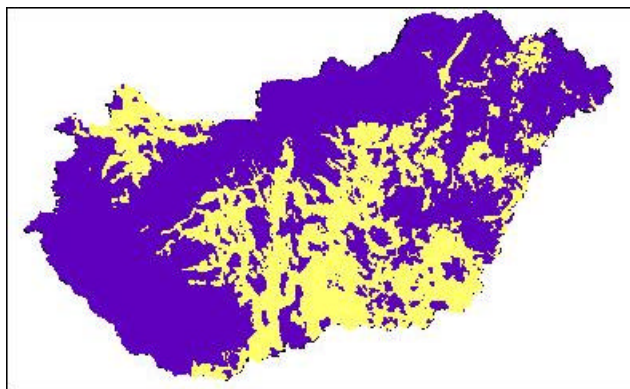
Feldolgozás és felhasználás

A növény sokoldalú hasznosítását figyelve könnyű megállapítani a négy fő növényi alkotórészt: rostok, levelek, magvak és a feldolgozható maradék. A finomabb rostszálatokat a textilipar dolgozza fel ruházattá vagy szőnyeggé. A papíripar is szívesen hasznosítja a rostanyagokat, ugyanis többféle minőségű papír állítható elő belőle. Az építőipar szintén örömmel felhasználja az olyan vastagabb rostanyagokat, amelyek az előző két esetben nem „keltek” el. A leveleket alomnak, talajtakarásra vagy komposztnak használhatjuk. A magvakat magas fehérje és olajtartalmuk miatt szintén sokfelé hasznosítják. Lehet madáreledel, takarmány-kiegészítő, kiperéselve biodízel, gépolaj stb. Az úgynevezett feldolgozható maradékot szintén nem kell kidobni, mivel a papíripar dobozokat, durvább minőségű papírokat képesek gyártani belőle. A maradékot felhasználhatjuk ugyanarra a célra mint a leveleket, alomként, komposztnak.

Energetikai célra a teljes növényt egészen fel lehet használni (tömörítés után). Szilárd tüzelőanyaggal működő berendezésekben, a kender biomasszája azok átalakítása nélkül elégethető. A kendernél elérhető legmagasabb biomassza hozam 18 t/ha. A már említett – a magvakból nyert – kender biodízel szintén ígéretes alternatíva. A speciális olajkender igen is meglepő eredményeket mutat, nevezetesen 600 liter olaj, és 10-12 tonna hektáronkénti rostanyaganyag produkcióval.

A kender egy potenciális, nagyon ígéretes energianövényünk lehet a közeljövőben, főként ha figyelembe vesszük azt is, hogy a kendertermesztés szubvenciója az Európai Unióban 1998-ban 780 ECU/ha volt.

Termesztésre alkalmas területek



20. ábra. A kender optimális termőhelyei (2.874.000 ha)

3.2.6. Fűfélék, egyéb növények

A csoport növényei a kínai nád kivételével a gyepnövények közé sorolhatók. A főleg takarmánynövényként hasznosított gyepek közül azért ezek a növények kerültek kiválasztásra, mert hektáronként a legnagyobb szárazanyag hozammal jellemezhetők, illetve a betakarítható mennyiség jelentős mértékben növelhető a műtrágya adagok fokozásával, vagy öntözéssel is. A gyepnövényeket a hagyományosan legelő, kaszáló, díszgyepek és sportgyepek csoportba sorolják. Ennek megfelelően eltérőek a kezelési eljárások, változik a vágások száma stb. is.

A különböző hasznosítási formák között, takarmánynövényként termesztett gyepek esetében a mennyiségi viszonyok a legfontosabbak. Évi 3-4 szeri kaszálással próbálják a minél magasabb hozamot elérni úgy, hogy ezzel magas fehérjetartalom is párosuljon. Fokozott figyelmet kell fordítani azonban a gyepek kultúra fenntarthatóságára is. Az állattartás részére előállított takarmányok egy része zölden, nagyobb része szénaként, szárazon kerül felhasználásra.

A felsorolt négy gyepnövény közül, a zöld pántlikafű és az óriás keserűfű az, amelyek kiemelkedően magas hozamokkal jellemezhetők. A hektáronkénti 20t szárazanyag mennyiség reálisan elvárható a növényektől. Ezekre a növényekre inkább a magasabb rost és szénhidrát tartalom, valamint az alacsonyabb fehérjetartalom jellemző. Hasznosításuknál is a papíralapanyagként, vagy brikettált tüzelőként való felhasználás kezd általánossá válni. Amit még ezeknél a nagy hozamú gyepek között meg kell említeni, az a késleltetett betakarítás, amelyet főként a szárítási költségek csökkentése miatt alkalmaznak. Ez tulajdonképpen azt jelenti, hogy az egyszer vagy többször betakarított kultúrák esetében az utolsó kaszálást téli időszakra halasztják. Például az óriás keserűfűnél általános, hogy a teljes levéltelen föld feletti biomasz a téli időszakban kerül levágásra. A betakarításkori nedvességtartalom ugyan jóval alacsonyabb ebben az időszakban, de a betakarított összes szárazanyag tömege 10-20%-kal is kevesebb lesz.

A takarmánynövényként termesztett nádképi csenkesz szinte minden egyede fertőzött egy bizonyos endofita gombával (*Acremonium coenophialum*), amellyel szimbiózisban él. A gomba, mely toxikus anyagot termel, a legeltetés szempontjából igen kedvezőtlen (mérgező), egyébként pedig távol tartja a növénytől a rovarkártevőket. Takarmányként természetve a növényt tehát gombamentesítésre van szükség, míg energetikai célra hasznosítva kifejezetten előnyös a gombásodás, mivel a rovarölő szer megtakarítással egy időben környezetkímélést is megvalósítunk.

A egyéb növények közötti csoportosításban említett kínai nád nem tartozik a hagyományos mezőgazdasági kultúrnövények közé. Termesztéstechnológiájának részletes kidolgozását a megújuló energiaforrások igen intenzív kutatása, illetve a növény magas hozamában rejlő lehetőségek indokolják a nyolcvanas évek kezdetétől. A cukornáddal rokonságban álló C₄-es növény óriási hektáronkénti szárazanyag hozammal jellemezhető (20-30 t/ha), amelyet főleg szilárd fűtőanyagként brikettálva, pelletálva javasolnak felhasználásra a nemesítők.

Termesztett növények:

Angolperje –	(<i>Lolium perenne</i> L.)
Nádképi csenkesz –	(<i>Festuca arundinacea</i> L.)
Óriás keserűfű –	(<i>Polygonum sachalinensis</i> F. Schmidt)
Zöld pántlikafű –	(<i>Phalaris arundinacea</i> L.)
Kínai nád –	(<i>Miscanthus</i> spp.)

Angol perje – Perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.)

Általános leírás

Az angol perje a legjelentősebb takarmánynövényeink közé sorolható, szakmai körökben elterjedt az a mondás, hogy az angol perje ismerete és helyes alkalmazása a gyepgazdálkodás kulcsa. A növény nyúlványai illetve föld alatti szára 30-70 cm-re nő meg, földfeletti magassága 40-80 cm közötti. Az angol perje föld feletti habitusa félig álló vagy földön elterülő lehet. A levélszálak nagyon vékonyak, nem szélesebbek mint 5 mm. A sötétzöld színű levelecskék felül barázdáltak, csíkosak, megfordítva a levelet sima fényes felületet találunk. A növény májusban vagy júliusban virágzik, a virágzat hossza általában nem több 20 cm-nél. Az angol perje gyakran fertőzött enfiton gombával, főleg az *Acremonium lolii*-val. Ebben a szimbiotikus kapcsolatban a gomba olyan alkaloidokat termel, amely a növényt rezisztensé teszi a különböző rovarokkal szemben. Sajnos ezeknek az alkaloidoknak bizonyos formái a haszonállatokban is kimutathatók, ami nem a legszerencsésebb. Esetünkben azonban ezzel a negatív visszacsatolással nem kell számolnunk, mivel energetikai hasznosítás esetén az esetleges alkaloid felhalmozódás nem számít hátránynak, sőt a biológiai védekezés szükségszerű eszközévé tehető.

Ökológiai igények

A hőmérsékleti zónák közül a szubtrópusi és trópusi területek a legalkalmasabbak klimatikusan az angol perje termesztésére. A növény nem tolerálja a szárazságot, sem a nedves vagy sós talajt. Legfontosabb szempontok a növény növekedése szempontjából a viszonylag kötött, tápanyagban gazdag talaj, illetve az enyhébb nedves klíma. A hótakarótól és késői fagyoktól függően lesz a növény álló, vagy földre terülő habitusú, eszerint változik regenerációs képessége is.

Az erózióvédelemben is nagy szerepe lehet, mivel a szárazabb fekvésű dombokon is megél, laza bokraival állandó, jól záródó gyeget ad, ami kiválóan védi a talajt. Kedvezőtlen környezeti hatások esetén azonban könnyen megritkulhat, lehetőséget adva ezzel a vízerózióra. Gyorsan csírázik és növekszik, telepítése minden olyan helyen javasolható, ahol gyorsan kell a talajt megkötni.

Szaporítás

Az angol perje szaporítása magvakkal történik. Vetőmagként a gyakorlat a termesztés első két évének maghozamát használja fel.

Termesztés

A növény vetése nyár végén aktuális, a kezdőállomány létrehozásához 25-30 kg vetőmag szükséges hektáronként.

Az évelő angolperje magas igényekkel rendelkezik a trágyázásra vonatkozólag. Főleg a nitrogén az a tápanyag, amely nélkülözhetetlen a termesztése során. Németországban végzett állománykísérletek műtrágyázási adatait mutatják a következő számok (Kusterer et al., 1995):

N : 284-380, P₂O₅ : 93-160, K₂O : 176-463, MgO : 50 kg/ha.

A műtrágya mennyiségére való tekintettel a folyékony formában történő kijuttatás terjedt el a gyakorlatban. Az alkalmazott műtrágya arányokat természetesen nagyban befolyásolja az adott termőtalaj minősége.

Betegségek közül, amelyek leginkább károsítják a növényt, kettő emelhető ki, a penészgombák (*Fusarium nivale*) és a rozsdagombák (*Puccinia spp.*).

Vetésforgó

Mivel a növény évelő, ezért több évig állományban tartható, de a gazdaságos termesztés miatt 3-4 év után ajánlatos újravetni, vagy más növénnyel felváltani. A második év jelenti a maximális terméshozamot a termesztése során. Az angol perje jó előveteménye a cukorrépának, burgonyának vagy a csicsókának is. Évelő fűféléként a szántóföldi növények vetésforgójába vonása nem megszokott dolog, de tulajdonságait ismerve bátran vethető burgonya, repce, kender és a cukorcirok után is (35. táblázat).

35. táblázat. Angol perje elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Repce	Angol perje	Cukorrépa, kukorica
Burgonya, csicsóka		Burgonya, csicsóka
Kender, keserűfű		Óriás keserűfű
Cukorcirok		Őszi gabonafélék

Egyéb megjegyzés: évelő növény, 3-4 év után újrajvetni vagy leváltani

Produkción

Németország négy különböző helyén végzett állománykísérlet adatai alapján, az angol perje hozama virágzás idején történő évi egyszeri betakarítással 7,4-13,7 t/ha szárazanyag tartalommal számolható. A zöldnövény szárazanyag tartalma átlagosan 32-33% között alakul. Az égéshő és fűtőértékek 19 MJ/kg és 17 MJ/kg körüliek.

Németországi kiegészítő kutatások, amelyek különböző angol perje fajtákra vonatkoztak, a maximális zöld és szárazanyag termelést teljesen beérett növényeknél mutatták ki. Az 1994-ben végzett kísérletek szerint, a zöldtömeg átlagosan 78,1 t/ha, a szárazanyag 13 t/ha volt. A legnagyobb zöld termelést elérő fajták a Morenne, Phoenix és Sambin voltak, szárazanyag tartalom szempontjából pedig a Parcour és Tivoli fajták mutattak kiemelkedő eredményeket. Ezek később lekerülő fajták, így egész nyáron sűrű állományt képeztek.

Magyar fajták közül a G-658-as illetve a Szarvasi-61-es nemesített angol perje fajtákat érdemes megemlíteni, zöldtermésük 40-55 t/ha közötti intenzív termesztési viszonyok között.

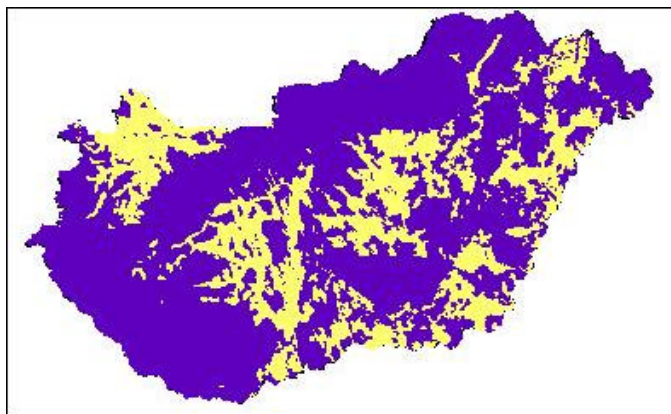
Betakarítás és raktározás

Az angol perje betakarítása kaszálással történik. Kutatások folynak a betakarítások számának optimalizálására vonatkozólag, rendszerint 1-5 alkalommal vágják évente. A növény évi 4-5-szöri betakarítása esetén az első kaszálást 40-60 cm-es növénymagasságnál kell elvégezni. Ennél az ütemezésnél – május végétől október elejéig – 3-4 hetenként kell betakarítani a zöldállományt.

Feldolgozás és felhasználás

Az angol perje igen fontos takarmánynövényünk, jelenlegi felhasználása, illetve a fajtával kapcsolatos nemesítések is főleg erre a területre koncentrálnak. A növényt, mint biomassza forrást elsősorban üzemanyag – tüzelőanyag – előállítására használhatjuk fel. Új technológiák kifejlesztése és a régiek továbbfejlesztése irányul a növény üzemanyag forrásként való felhasználására.

Termesztésre alkalmas területek



21. ábra. Az angolperje optimális termőhelyei (2.431.000 ha)

Nádképű Csenkesz – Tall Fescue (*Festuca arundinacea* L.)

Általános leírás

A nádképű csenkesz a hűvösebb területek élől gyepnövénye, hasznosítása abrakként, gyepféglaként és hagyományos gyepként történik. A növény 0,6-1,8 méter magas, igen széles bokrot növeszt. A levelei felül barázdáltak, az alsó oldalon pedig simák. Virágzata bugavirágzat, a virágzás fő időszaka júliustól júliusig terjed, melynek végére durva, nádszerű szárat növeszt.

36. táblázat. A nádképű csenkesz ásványianyag összetétele

Ásványi anyag típusa	%-os arány
Hamu	9-10%
Szilícium-dioxid	2-3%
Nitrogén	2,5-3%
Vas	100 mg/kg
Magnézium	60-70 mg/kg
Réz	5-6 mg/kg

A legtöbb nádképű csenkesz fertőzött egy bizonyos endofita gombával (*Acremonium coenophialum*), amellyel szimbiózisban él. A gomba, mely toxikus anyagot termel, a legeltetés szempontjából igen kedvezőtlen, egyébként pedig távol tartja a növénytől a rovarkártevőket. Takarmányként természetve a növényt tehát gom-

bamentesítésre van szükség, míg pl. energetikai célra hasznosítva kifejezetten előnyös lesz hatása, mivel a rovarölőszer megtakarítás mellett környezetkímélést is megvalósítunk. A nádképi csenkesz ásványi anyag összetétele pedig a 36. táblázatban látható, melyben az igen magas hamutartalom szerepel érdekességként.

Ökológiai igények

A nádképi csenkesz könnyen adaptálódik a különböző talaj és klíma viszonyokhoz. A hőmérsékleti zónák közül a trópusi, szubtrópusi területek magasabb felföldjei a legkedveltebbek számára. Enyhébb klímán a növekedése télen (-4 °C-ig) is folytonos, de a forróbb nyarakon is állandó növekedést mutat. A növény jól fejlődik gyengébb minőségű talajokon, viszont nem szereti a túl nedves vagy szikes talajokat. Nyirkos kötött talajokon, sőt még lápon is eredményesen termeszthető. A szárazságot elviseli, de jó termést csak elegendő nedvesség esetén ad.

Szaporítás

Szaporítása rendszerint magvakkal történik, a vetéshez kb. 20 kg vetőmag szükséges hektáronként.

Termesztés

Műtrágya adagolási kísérletekben – amelyeket Moyer és társai (1995) az USA-ban végeztek – kimutatták, hogy felszín alatti (subsurface) alkalmazás esetén 20%-kal növekednek a hozamok a felületi adagoláshoz képest. Meglepő, hogy a hozamnövekedés 69%-át a nitrogén mennyiségének 13 kg/ha-ról 168 kg/ha-ra növelésével érték el. A gyepféglá készítését is nagyon jól befolyásolhatjuk műtrágya adagolással. Megfelelő műtrágyázás hatására a növény veszt durva minőségéből, és öntözés nélkül is nagy termést ad.

A mindennapi gyomok közül, melyek eláraszthatják nádképi csenkesz állományunkat, a következőket fontos megjegyeznünk: fehérhere (*Trifolium repens* L.), muharfélék (*Digitaria* ssp.) Pre-emergens gyomirtó kezelést a növényen október közepe körül, post-emergens kezelést pedig december elején ajánlott végezni. Mindkét időpontban szükséges a kezeléseket végrehajtani, ha a gyomosodás túlzott mértékű. A leghatékonyabb herbicid a kísérletek szerint pendimethalin hatóanyagot tartalmazó szer volt, amelyet kelés előtt alkalmaztak.

Az ismert gombabetegségek közül szinte mindegyik megtámadhatja a növényt, a rizoktóniás rothadás vagy pl. a különböző rozsda (feketerozsda, vöröszroszda) stb. Különböző rovarok lárvái is gyakran károsíthatják a csenkesz gyökereit.

Vetésforgó

A nádképi csenkesz évelő, ezért több évig állományban tartható, de a gazdaságos termesztés miatt 3-4 év után ajánlatos újravetni, vagy más növénnyel felváltani. A második év jelenti a maximális terméshozamot termesztése során. A növény jó elővete-

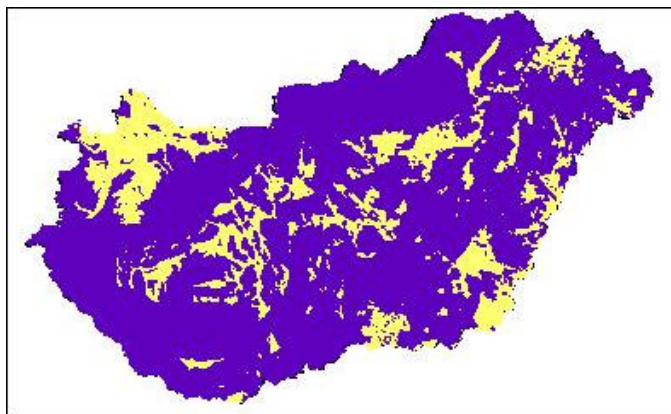
ménye a cukorrépának, napraforgónak, burgonyának vagy a csicsókának is. Évelő fűféléként a szántóföldi növények vetésforgójába illesztése nem megszokott dolog, de tulajdonságait ismerve bátran vethető burgonya, csicsóka, repce, kender és a cukorcirok után is (37. táblázat).

37. táblázat. Nádképű csenkesz elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Burgonya, csicsóka	Nádképű Csenkesz	Gabonafélék
Kender		Kukorica, cukorrépa
Cukorcirok		Napraforgó
Repce		Csicsóka, burgonya

Egyéb megjegyzés: leginkább a hűvös területeken, angol perje helyett helyezik vetésforgóba

Termesztésre alkalmas területek



22. ábra. A nádképű csenkesz optimális termőhelyei (1.805.000 ha)

Óriás Keserűfű – Giant Knotweed (*Polygonum sachalinensis* F. Schmidt)

Általános leírás

A keserűfű C₃-as évelő bokornövény, melynek többféle változata is ismert. Bár a keserűfű kelet-ázsiai eredetű, gyakran megtalálható hazánk természetes vegetációiban is, folyók körüli réteken vagy nedves nyirkos folyópartokon. Európába eredetileg, mint takarmánynövény került be a XIX. század közepén. A növény típusától függően igen magasra, 2-5 méterre is megnő. Erős, üreges szárának átmérője meghaladja az 5 cm-

t is. A nagyméretű ovális levelek kb. 17 cm hosszúak és 12 cm szélesek. Érdekessége, hogy a levelekben egy olyan összetevő található, amelyet extrahálva, majd más növényre kijuttatva, rezisztensé teszi azt a porüszöggel szemben. A növény virágzása szeptemberre és októberre tehető. A növény földalatti biomassza állományának igen fontos részét képezi, a főleg gyökérszőrökön kialakuló rizómák rendszere.

Ökológiai igények

Termesztésének leginkább a jó kultúrállapotú talajok felelnek, amely alatt leginkább meliorált réti talajok vagy cserjöznom értendő. A talaj pH tartománya nem igazán van hatással a növekedésre, mivel a keserűfű 4-8 pH-nál is igen magas hozamokkal kecsegtet. Az optimális pH érték 7 körül van. Igazán nagy hozamokat öntözéssel és műtrágya adagolással lehet elérni, melynek fokozott jelentősége gyengébb tápanyag ellátottságú területeken van. A növény előnyös tulajdonságai közé tartozik, hogy erős, igen fejlett gyökérrendszere lehetővé teszi számára a talajban lévő tápanyagok és víz felvételét még a szárazabb évek alatt is. Összefoglalva megállapítható, hogy a növény széles pH tűrése révén, savanyú és kissé szikes talajokon egyaránt termeszthető. Termesztése során kiugróan magas hozamok érhetőek el öntözéssel vagy extra műtrágya adagolásával.

Szaporítás

Az óriás keserűfű szaporítása leginkább palántával vagy rizómával történik. A palántázás az eredményesebb eljárás, menete a következő: A betakarított (vető)magvakat kb. két hétre (13-17 napra) hűtőszekrénybe tesszük, és 1 °C -on tartjuk. Ezután a magvakat nagyobb edényekbe elültetjük, melyekbe előtte műtrágyával, nitrogénnel jól ellátott talajt helyeztünk. Az edényeket ezután egy napig (16 óráig) 20 °C -on tároljuk, majd egy éjszakán (8 órán) át 10 °C -os hőmérsékletet biztosítunk nekik. A palánták ekkorra a kb. öt centiméteres magasságot érik el. A kis növényeket ezt követően nagyobb edényekbe szétültetjük, és az üvegházban átteleltetjük. Május elején, mikor a palánták elérik a 60 cm-t, a szabadva való kiültetésüket meg lehet kezdeni.

A rizómákkal történő szaporítás egyszerűbb ugyan, de jóval kisebb hatékonyságú, mint a palántázás. A rizómákkal az a gond, hogy nem egységes növekedésűek, így az állomány különböző fejlettségi szinteket mutat majd a termesztés, illetve a betakarítás során.

Termesztés

A palánták kiültetése – mint már említettem – április végén, május elején történik egy növény/0,75 m² vagy egy növény/m² állománysűrűséggel. Nagyobb sűrűséget alkalmazva a növények növekedésük során árnyékolják egymást, így az alsó levelek legtöbbször elhalnak. A palántázással egy időben – mint a gyomok elleni védekezés egyik leghatásosabb eszköze – ajánlott egy szalmaréteg kiszórása a talajra. A gyomok távol-tartása főleg az első évben szükséges, mivel később, az állomány beállta (2-3 éves kortól) után a keserűfű elnyomja az összes gyomfélért. A gyomok eltávolítását az első

évben lehetőleg kézzel végezzük, nehogy a fejlődésben lévő rizómákban a gépi beavatkozás kárt tegyen.

Új-Zélandi kísérletek kimutatták, hogy szervesetlen műtrágyák közül, különösen a nagy nitrogén adagok vezetnek – főleg palántázásnál – intenzív növekedéshez és óriási szárazanyag hozamokhoz. A kísérletek eredményei szerint, a még megtérülő legmagasabb műtrágya adagok a következők lehetnek:

N : 200, P : 250, K : 50 kg/ha.

Ezek az adagok 75-80 cm-es palántákat és 3,4 t/ha-os szárazanyag hozamot eredményeznek. Ha feleannyi, kb. 100 kg/ha nitrogént használunk fel, a palánták magassága 55-60 cm körüli, szárazanyag hozama pedig kb. 2,8 t/ha lesz. Szántóföldi kísérletek bizonyítják, hogy a keserűfű nem különösebben érzékeny betegségekre, de az állati kártevők közül, a fekete répalevéltetűtől, illetve a nyulak rágásától fokozottan óvni kell a növényt.

Vetésforgó

Mivel a keserűfű évelő növény, nincs nagyon nagy jelentősége a vetésforgóban való elhelyezésének. Az óriás keserűfű termesztését befejezve, a talajt nagyon alaposan meg kell tisztítani a benne maradt rizómáktól, mivel a keserűfű is megjelenhet az új növényállományban. Az óriás keserűfű termesztésére vonatkozólag még nem végeztek olyan átfogó vizsgálatokat, elemzéseket, mint pl. a miscanthusra, de hasonlóan ígéretes energianövényként tartják nyilván. A növény gazdaságos termesztésben tartása 4-7 évre tehető. Előveteményeként a pillangósok, szója, repce, csicsóka, burgonya javasolható leginkább. Utónövényként pedig cukorrépa, gumós növények, kukorica, cukorcirok jöhet szóba (38. táblázat).

38. táblázat. Óriás keserűfű elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Cukorrépa	Óriás keserűfű	Cukorrépa, cukorcirok
Csicsóka, burgonya		Csillgafürt, gabonák
Repce, napraforgó		Burgonya, csicsóka
Szója, gabonafélék		Pántlikafű

Egyéb megjegyzés: évelő növény, 4-7 évig tartható termesztésben

Produkción

A keserűfű nagyon nagy hozamú növény. Németországi teszteredmények szerint, a növényt augusztusban vagy szeptemberben betakarítva 20-30 t/ha szárazanyag hozamot értek el. Téli betakarítás esetén, a levelek lehullását követően, a hozam már jóval kevesebb, 8-10 t/ha volt átlagosan.

Oroszországban – Szahalin-szigetén – nemesítési kísérletek során elérték a 27,2 t/ha-os föld feletti átlaghozamot is (Morozov, 1979). Észak-Japánban, igen hűvös klímán 12-15 t/ha-os szárazanyag hozamokat értek el már a 60-as években, nem igazán nemesített fajták alkalmazásával (Iwaki et al., 1964).

Betakarítás és raktározás

Megjegyzendő, hogy az őszi betakarítás a téltől azért jelent sokkal nagyobb szárazanyag hozamokat, mert ekkor a leveleket is betakarítják. Téli betakarítás esetén azonban, a levél nélküli kisebb hozam alacsonyabb nedvességtartalommal is párosul. A betakarítógépek használatánál vigyázni kell, hogy a talajban lévő rizómákban kárt ne okozunk. Az első évi betakarításkor ez kell hogy legyen a legfontosabb szempont, sőt ajánlott, hogy a betakarítást amennyiben lehetséges, kézzel vagy könnyű géppel végezzük. A második évtől kezdve, már megfelelő adapterrel felszerelt, kukorica betakarító gépet is alkalmazhatunk. Ha a növény növekedési intenzitása engedi, évente nemcsak egy, hanem 3-4 betakarítást is lehet végezni minimum 4-5 hetenként egymást követően (Kowalewski and Herger, 1992).

Tároláshoz vagy egyéb feldolgozáshoz a nedvességtartalmat 8-12% közé kell beállítani. Ha a növény nedvességtartalma már a betakarításkor 15% alatt van, nem szükséges kiegészítő szárítást végezni. A betakarított növényt nem lehet a mezőn, vagy nedves körülmények között hosszabb ideig tartani, mert igen könnyen bepenészedik. A növényt a dohányhoz vagy a fűszernövényekhez hasonlóan lehet a megfelelő nedvességtartalomra szárítani, de szárító-berendezést is alkalmazhatunk. Szárítás után a növény bálázható és szállítható.

Ha a leveleket, a porüszög rezisztenciát okozó kivonat miatt szeretnénk betakarítani, akkor a betakarítással minimum június közepéig tanácsos várni. A kutatások eredményei bizonyították, hogy ekkor van a legnagyobb mennyiségben jelen ez a bizonyos rezisztenciát okozó összetevő a levelekben.

Feldolgozás és felhasználás

A betakarított növény, fehérítés nélkül is fel lehet használni papíralapanyagnak, szigetelőanyagként vagy szilárd bio-tüzelőnek. Világosabb színű papír készítéséhez fehérítés is szükséges. Szilárd bio-tüzelőanyagként való alkalmazásához a nedvességtartalom 12% alá szorítása indokolt. A tömörített növény szárazanyagot (brikett, pellet) elégetve fűtésre vagy elektromos áram termelésre használhatjuk. A száraz biomasszát más bio- vagy fosszilis tüzelőanyaggal kombinálva is fel lehet használni. A legoptimálisabb megoldások kialakításához még további kutatások szükségesek a jövőben. Vetter és Wurl (1994) kutatási eredményei szerint a keserűfű szárazanyaga a következő jellemzőkkel rendelkezik (39.táblázat).

Friss vagy szárított levelekből, vizes vagy alkoholos extrakcióval nyerhető a már említett, és jól ismert porüszög inhibitor (Kowalewski and Herger, 1992).

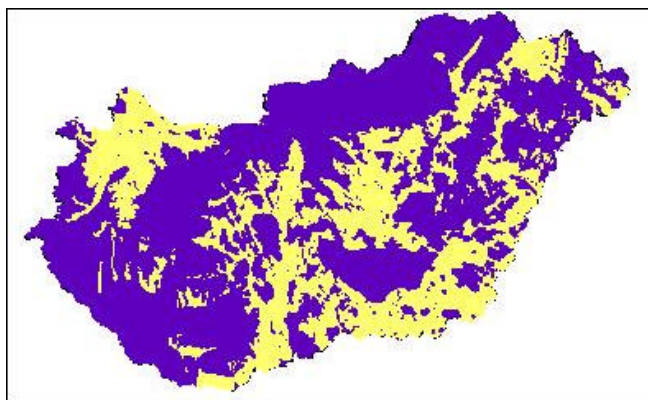
Más kutatások eredményei pedig azt mutatták ki, hogy a keserűfű hatékonyan tudja adszorbeálni a nehézfémeket, úgymint az ólmot és a kadmiumot. Szelektív nemesítéssel és termesztéssel, a növény e számunkra fontos tulajdonsága még tovább fokoz-

ható. Elképzelhető, hogy a keserűfű segítségével megmenthetők és helyreállíthatók azok a talajok, amelyek nehézfémekkel szennyezettek. Szennyezett területekről, a növény évi 2-3 szori betakarítása mellett a rizómák és a gyökerek 2 év után akumulálják, azaz eltávolítják az összes szennyeződést. Nagy lehetőség kínálkozik a növény alkalmazására – többek között – autópályák, főutak melletti mezőgazdasági területek művelésénél.

39. táblázat. A keserűfű szárazanyag tartalmának%-os összetétele (Vetter és Wurt, 1994 alapján)

Összetevő	%-Os Arány
Fűtőérték MJ/kg	17,2
Lignin tartalom (%)	18,9
Hamu tartalom (%)	6,3
Illóalkotók (%)	75,9
Szén tartalom (%)	47,7
Hidrogén tartalom (%)	6,6
Szilícium-dioxid tartalom (%)	9,0
Klór tartalom (%)	0,22
Nitrogén tartalom (%)	0,54
Kálium tartalom (%)	0,75
Kén tartalom (%)	0,17

Termesztésre alkalmas területek



23. ábra. Az óriás keserűfű optimális termőhelyei (3.139.000 ha)

Zöld Pántlikafú – Reed Canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.)

Általános leírás

A zöld pántlikafú egy évelő, rizómás, C₃-as növény. Kedvelt élőhelyein, nedves, nyirkos folyópartokon lehet megtalálni a szabadban. A szubtrópusi régiótól kezdve az egész Északi-félgömbön fellelhető, ha nedves árokpartok vagy rétek növénytársulásait vizsgáljuk. Rizómája és gyökérrendszere igen kiterjedt és intenzíven fejlődő. A növény szára merev, egyenes a szár alsó részén sűrűn elágazó. A pántlikafú szárának magassága 0,5 – 2 méter között változik, és erős levélhajtásokkal rendelkezik. A 8-20 cm hosszú levélkéinek felszíne barázdálatlan, szélességük 0,8 – 2 cm közötti. A lapos, sötétzöld színű levelek fonáka viszony matt színű, enyhe barázdáltsággal. A pántlikafú virágzata 15 – 20 cm hosszú bugavirágzat, amely csak virágzás idején szétterülő. Rendszerint július, júliusban virágzik.

Ökológiai igények

A növény igényeinek a jó tápanyag- és oxigénellátás felel meg. Általában nem tolerálja a szárazságot és a sós talajt. Nagyon kedveli a nedves talajokat, de a pangóvízes vagy belvízes terület termesztésére nem igazán alkalmas. A magyar szakirodalom szerint, egyes fajták gyengébb minőségű talajokon is kimagasló eredményre képesek kiváló víz és tápanyag-hasznosító képességük révén. Ilyen nemesített fajtánk a Szarvasi-50 -es, amely helyenként 100-150 t/ha zöldhozamra is képes.

Szaporítás

A zöld pántlikafú magvakkal, vagy zöld növényi részekkel szaporítható. A vetőmagról történő szaporítás a leggyakoribb.

Termesztés

A zöld pántlikafú termesztéséhez leginkább a nedves területek illenek, bár a megengedett nedvesség mértékét nagyban meghatározza a növényápolás gépeinek alkalmazhatósága.

Lechtenberg által, 1981-ben végzett kísérletekben, ahol a különböző pántlikafú állományokhoz 112 kg/N/ha, 224 kg/N/ha és 336 kg/N/ha műtrágyát adtak, illetve az éves vágási számot is 2 alkalom/év, 3 alkalom/év és 4 alkalom/év között váltogatták, érdekes eredmények születtek. A pántlikafú hozamtöbblete a különböző nitrogén-dózisok alkalmazásakor négyeszeri betakarítás/év esetén a 40. táblázatba láthatóak szerint alakult.

Az adatok szerint a várható hozamnövekedés 112 kg/N/ha és 224 kg/N/ha adagok alkalmazásakor 30%-kal nagyobb 2-3-szori vágás esetén. Az évi négyeszeri betakarítás esetén ugyanazzal a műtrágya adagokkal tehát kisebb hozamok realizálhatók. Következtetesként levonhatjuk, hogy egy olyan biomassza produkciós rendszerben, ahol a fűnövényzet minősége (pl. fehérje-, karotin-tartalom) nem meghatározó, egy ritkább

betakarítási technológiával, meghatározott nitrogénadagok alkalmazása mellett, nagyobb biomassa termelést érhetünk el.

40. táblázat. A pántlikafű terméshozamának különböző „N” dózisok esetén

Mennyiségek	Terméshozam	
	3X vágás esetén	4X vágás esetén
1. 112 kg/N/ha-	82%	64%
2. 224 kg/N/ha	67%	67%
3. 336 kg/N/ha	63%	55%

Svédországi adatok szerint, a pántlikafű termesztése esetében, a realizálható haszon egy jelentős része a következő tényezők eredménye (Olsson, 1993):

- alacsony beruházási költség a művelés elkezdésére illetve a gépsorokra;
- rugalmas földhasználat és a szállítás szükségtelensége.

A zöld pántlikafű köztudottan könnyen fertőződik többek között, rozsda és üszög-gombával, amelynek termesztése során érdemes nagyobb figyelmet szentelni.

Vetésforgó

A zöld pántlikafű évelő növényként, a takarmánytermesztési technológiák szerint, nem ajánlható vetésforgóba. Termesztésének időtartama ennél a hasznosítási formánál 10-12 év lehet. Energiánövényként termesztve viszont négy évtől hosszabb ideig nem illik termesztésben tartani ugyanazon a táblán. Ezt főleg a kezdeti években elérhető nagyobb hozamok ökonómiai szempontjai, másrészt a gumósok előtti kiváló előveteményként való alkalmazhatósága indokolja (41. táblázat).

41. táblázat. Zöld pántlikafű elővetemény és utónövény igénye

Elővetemény		Utónövény
Repce, cukorcirok	Zöld Pántlikafű	Burgonya, csicsóka
Napraforgó		Napraforgó, repce
Csicsóka, kukorica		Cukorcirok, cukorrépa
Szudánifű, szója		Csillagfű, kender

Egyéb megjegyzés: évelő növény, maximum négy évig tartható állományban

Produkción

Svédországi növénytermesztési kísérletekben hasonlították össze néhány különböző pántlikafű fajta – a Platon, a Ventura, a Vantage és a Mutterwitzer – termelési eredményeit, a hozamok a következőképpen alakultak: 4,8 t/ha; 3,3 t/ha; 5,2 t/ha; 4,2 t/ha

szárazanyag volt. Ezen kívül megállapították azt is, hogy bár nyári betakarítás esetén nagyobb a hozam, az össz-termelési költségek „tavaszi betakarításnál” (lásd később) mégis alacsonyabbak maradnak.

A neves svájci professzor, Mediavilla vezetésével, 1993-1995 – ban végzett kísérletekben szintén a termesztés során keletkező szárazanyag mennyiséget vizsgálták két különböző, hígtrágyával öntözött termőterületen (42.táblázat), Reckenholz-ban (R) és Anwil-ben (A):

42. táblázat. A zöld pántlikafű szárazanyag hozamai különböző termőhelyeken

	1993		1994		1995	
	R	A	R	A	R	A
Zöld pántlikafű (t/ha)	12,4	19,3	11,0	17,0	13,5	12,3

A növény 1993-ban háromszor, 1994-ben és 1995-ben pedig csak kétszer-kétszer lett betakarítva. Reckenholzi területen a kijuttatott hígtrágya $\text{NH}_4\text{-N}$ tartalma 70-90 kg/ha/év volt, míg Anwilban a kétszerese, 180 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ hektáronként. Az 1995-ös adatokból kitűnik, hogy a megnövelt műtrágya adagok csak bizonyos határig fokozzák a termés mennyiségét, évi kétszeri betakarítás esetén ez a határ pedig még lejjebb húzódik.

Betakarítás és raktározás

A zöld pántlikafüvet legtöbb esetben csak kétszer kaszálják és bálázzák évente. A betakarítást követő szárítás kétféle formában történik, kint a helyszínen rendekben, vagy fedett tárolókban, úgymint csűrben, silókban vagy fedett boglyákban. A szárításnak fontos szerepe van a szállítási költségek csökkentésében, illetve a jó nyersrost minőség fenntartásában is.

Különböző kísérletek folynak Svédországban a betakarítás módjának, időpontjának optimalizálására is. A késleltetett betakarítás módszere az, amely mostanában a vizsgálatok középpontjába került. A módszer különlegessége, hogy a növényt a hó elolvadása után takarítják be, tavasszal, május elején (Svédország!). Ennek az az eredménye, hogy a növény föld feletti részei elhalnak, s miközben a mezőn szárad elveszti nedveségtartalmát. Késleltetett betakarításnál 10-15%-ra csökken a betakarítás-kori nedveségtartalom. A módszer előnye még, hogy a tél folyamán a növény tápanyagainak nagy részét visszajuttatja a talajba, míg a feldolgozás szempontjából igen fontos cellulóz viszont a növényben marad. Ez a „végtermék” takarmányozás szempontjából nem a legelőnyösebb, de ipari vagy energetikai felhasználásra sokkal alkalmasabb. A tavasszal betakarított növény jobb minőségű tüzelő- vagy nyersanyagot eredményez. A tapasztalatok szerint a módszer legnagyobb hátránya, hogy a téli veszteség eléri a 25-30%-ot is (Olsson, 1995).

Összehasonlítva a hagyományos, augusztusi betakarítás mérőszámaival a késleltetett betakarítás adataival a következőket kapjuk:

- Augusztusi betakarításnál 10,4 tonna a teljes hozam, a 35%-os betakarítási veszteséget (igen intenzív levélpergés miatt) levonva a nettó terméshozam 6,8 tonna/ha marad.
- Tavaszi betakarításnál a 10,4 tonna bruttó hozamból levonva a 28%-os téli veszteséget és a 18%-os betakarítási veszteséget, a nettó hozam 5,5 tonna/ha lesz (Olsson, 1995).

Az 1,3 tonnás betakarítási különbséget a szárítási-tárolási költségek elmaradása, a jobb minőségű alapanyagok és a műtrágya vagy szerves trágya megtakarítás kompenzálhatja.

Feldolgozás és felhasználás

Az egyik leginkább kutatott és nagyon ígéretes felhasználási területnek a közeljövőben a finompapír előállítás tűnik. A nyomtatási minőségű papír előállítása esetében a rövidrost minőségi követelmények a következők:

- egységnyi súlyra vonatkoztatott magas rosttartalom,
- merev és rövid rostok, alacsony hemicellulóz tartalom.

A zöld pántlikafűben nagy számban előforduló rövid, keskeny rostok alkalmasabbak papír előállításra, mint a legtöbb keményfa rostjai. A késleltetett betakarítás alkalmazva kb. 20%-kal több növényi pép, azaz papír alapanyag nyerhető, mint a nyári betakarításkor. A zöld pántlikafű rostjait a már meglévő technikák segítségével is könnyű préselni, főzni vagy fehéríteni.

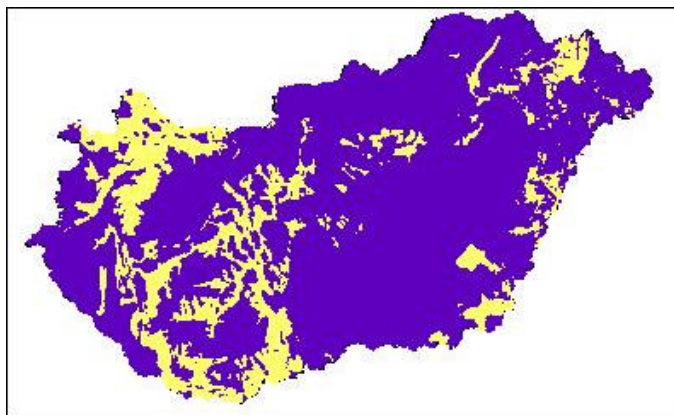
Alacsony nedvességtartalmú, tavasszal betakarított pántlikafű nagyon megfelelő tüzelőanyagként való felhasználásra, úgymint pellet, brikett vagy „fűpor”. A késleltetett betakarítás – a növényi szárazanyagban – csökkenti a nemkívánatos elemek jelenlétét, ezáltal az alapanyag tüzelésre, égetésre is alkalmasabb környezetbarát tulajdonsága miatt. Tüzelőanyagként fűtőértéke 4,7 kWh egy kilogramm szárazanyagra vonatkoztatva. A következő táblázat a tüzelőanyag jellemzőket mutatja nyári és tavaszi betakarítás esetén (43. táblázat).

A zöld pántlikafűvet más növényekkel együtt a mai gyakorlat is felhasználja, mint szennyvíztisztító növénytakarót, pl. Csehországban (Vymazal, 1995). Uniói szinten a zöld pántlikafű is része egy olyan termesztési programnak, amely az üzemanyag vagy nyersanyagként való hasznosítást helyezi a kutatások középpontjába. A növény jelenlegi felhasználása főleg takarmányként történik dél-Európától Finnorszáig, termesztésére az itt megtalálható ártéri legelők a legalkalmasabbak.

43. táblázat. Tüzelőanyag paraméterek nyári és téli betakarítás esetén

Paraméterek a szárazanyag%-ban	Nyári betakarítás	Késleltetett betakarítás
Nettó fűtőérték (MJ/kg)	17,9	17,6
Hamu	6,4	5,6
Szén	46	46
Hidrogén	5,7	5,5
Nitrogén	1,33	0,88
Kén	0,17	0,09
Klór	0,56	0,09
Éghető anyag	71	74
Hamuképződési hőm.	1074	1404
Kálium	1,23	0,27
Kalcium	0,35	0,2
Magnézium	0,13	0,05
Foszfor	0,17	0,11
Szilíciumdioxid	1,2	1,85
Kadmium (mg/kg)	0,04	0,06

Termesztésre alkalmas területek



24. ábra. A zöld pántlikafű modell által kijelölt optimális termőhelyei (1.700.600 ha)

Kínai Nád – *Miscanthus* (China Grass) (*Miscanthus spp.*)

Általános leírás

A *Miscanthus* a fákhoz közel álló, évelő, rizómával vagy gyöktörzssel rendelkező növény, amely rokonságban áll a cukornáddal. A kínai nádat eredetileg Európába, mint kerti díszfűvet hozták be, egyébként Kelet-Ázsiában őshonos. Nagyszámú lignin és lignocellulóz rostokat tartalmazó, C₄-es fotoszintézist folytató haszonnövényünké vált mára. Egyenes nádszerű szárai vékonyak, nem elágazóak, belül kemények és átmérőjük kb.10 mm . A növény magassága az első év végére eléri a 2 métert, az utána következő években pedig a 4 méteres magasságot. Az első évi alacsonyabb növekedés oka az, hogy a növény nagy rizómát, illetve gyökérrendszert fejleszt, amely igen intenzíven felhasználja a növény energiáit. Fűszerű levelei rendszerint cseppszerűen elnyúltak, lapos és egyenes náduszokon állnak, amelyek igen gyengén fejlettek. A virágok a száron szőrt fűrtökben állnak, s a középső tengely mentén rendeződnek el.

A *Miscanthus* rizómája rendkívül elágazó, hatékony raktározó rendszert képez. A gyökerek is nagyon mélyen, több mint egy méterre hatolnak a talajba. A növény gyökérrendszerének kialakításában bár az első év a domináns, a teljes érettséget mégis csak a harmadik, negyedik évben éri el. Ekkor várható a növény termésciklusában a legnagyobb zöldhozam is.

Ökológiai igények

A növekedési időszak hőmérséklete nagy hatással van a *Miscanthus* terméshozamára. Ennek oka az, hogy a kínai nád C₄-es fotoszintézissel működik, amely magas hőmérsékleten és intenzív fényviszonyok között a leghatékonyabb. Habár a *Miscanthus* a meleg klímát szereti, mégis kedvező hozamokkal termesztethető Európa szerte. Termeszthetőségének hőmérsékleti tartománya igen tág, de talán a kukorica igényei a leghasonlóbbak a *Miscanthus*-hoz.

A különböző *Miscanthus* hibrideket a föld olyan régiói számára tenyésztették ki, ahol a téli és nyári hőmérsékletingadozás igen nagy. Ez a fejlesztő munka vezetett oda, hogy végül a növény rezisztensé kezdett válni a téli fagyokkal szemben. A növény rügyei igen vastagok, erőteljesek a növekedési csúcs körül, illetve találhatóak rejtett rügyek a föld alatti rizómákon is, amelyekkel a *Miscanthus* a tavaszi fagyokat is átvészeli. Ha a hőmérséklet -5 °C alá megy, sajnos a rügyek és a levelek már elpusztulnak. Ugyan volt már rá példa, hogy a növény alacsonyabb hőmérsékletet is átvészelt. Kanadában, a nagy tavak mellett egyik téli időszakban a hőmérséklet néhány hétre -40 °C- ra csökkent, a kínai nád bár elég ritkásan, de mégis újra tudott hajtani.

Az első fagyok a növekedési időszak végére várhatók a kukoricánál és a *Miscanthus*-nál kb. egyszerre. Ezzel egy időben a növény elhalása felgyorsul, a tápanyagok a rizómába áramlanak, és a növény kezd elszáradni.

A szél is szerepet játszik a kínai nád termesztésében. A kukoricával kapcsolatban szerzett megfigyeléseket felhasználva, a *Miscanthus*-ra is igaz, hogy a szár teljes lignifikációja előtt az erős szél nagy károkat okozhat a növényben. Elsősorban a leveleket károsítja, de a szél hűtő hatása is rendkívüli mértékben hátráltathatja a növekedést.

A kínai nád nem támaszt magas igényeket a talajjal szemben, szinte minden művelhető talajtípuson termeszthető. A homok és az agyagos homok (10% agyagtartalomig) a kedvelt talajtípusa például Dániában. A sikeres termesztés a homok vagy kemény talajokon, nagyban függ a csapadék megfelelő mennyiségétől. A legnagyobb hozamok pedig a magas humusztartalmú, jól öntözött talajokon várhatók, ami szintén természetes.

Japánban megvizsgálták a *Miscanthus sacchariflorus* terméseredményeit 50 mm és 150 mm felszíni öntözést alkalmazva, mely vizsgálatokból kiderült, hogy az 50 mm-rel öntözött talaj nagyobb szárazanyag hozammal zárta tenyészidőszakot. A nedvesebb parcella növényein ugyan több hajtás fejlődött, de kevesebb rizómát fejlesztett a szárazabb parcella növényeihez képest. Az alacsonyabb rizómaszám (és hozam) valószínűleg a részleges elárasztásnak köszönhető. A rizómák alacsony száma hosszabb távon oda vezet, hogy a növény nem tudja magát megújítani.

A *Miscanthus* mélyen gyökerező növény, gyökerei több mint 1 méter mélyre hatolnak. Így előnyben részesíti a mélyen művelhető talajokat, főleg a völgyes területeken. Japán kísérletek eredményei azt mutatják, hogy a *Miscanthus sinensis* növekedése mélyen humuszszorosodott lejtőkön a legintenzívebb.

A talajszerkezet, szín és pH értékek is hatással vannak a kínai nád növekedési mértékére. A növény fokozott növekedési rátával jellemezhető kellően laza szerkezetű talajokban, a sötét talajok felmelegedési képessége pedig sokkal gyorsabb. Dániai és angliai adatok az optimális növekedéshez szükséges pH tartományt 5,5-7,5 között állapítják meg. Ez magába foglalja a nagyon savas és nagyon lúgos talajokat is, amelyekben egyaránt lehetőség nyílik a *Miscanthus* optimális termesztésére.

Szaporítás

Generatív módon

Bár már bebizonyosodott, hogy a magvakkal történő szaporítás a legolcsóbb, de az eljárásnak határt szab a heterozigotizálás és a vetőmaghoz való hozzáférhetőség. Ennek első sorban az az oka, hogy a legtöbb hibrid faj nem rendelkezik életképes magvakkal. A „*Miscanthus Giganteus*” (elefántfű)-nak a virágzóképesége is nagyon-nagyon csekély. A hideg és a hosszabb idejű tárolás nincs negatív hatással a termékeny magvak életképességére. A kísérletek eredményei szerint a talajsavanyúság, a pH, a csírázást megelőző hőmérséklet nem lényeges szempontok a fejlődésben. Nyilván elkerülendők a szélsőséges pH értékek, és a 20-30 Celsius-os hőmérséklettartomány a legoptimálisabb. Az erőteljes öntözés, illetve a sok víz okozta stressz szintén csökkenti a fiatal növény növekedési erélyét.

Vegetatív módon

A szaporítás **tőosztással** egy lassú folyamat ugyan, de egyszerű és hatalmas növényekhez juthatunk rövid úton. A Misc. Sin. Giganteus, a Misc. Sin. Variegatus és a Misc. Sin. Zebrinus nem termel életképes magvakat, ezért esetükben a tőosztást használják szaporításra. A növényállomány 5-7,5 cm-es darabokból fejlődik, amely tavasszal gyűjtenek be. Ezek a részek a lassú tápanyagáramlás miatt, 3-6 hónap múlva válnak eladható szaporítóanyagává.

Kifejlett nem virágzó **szár darabokat** is használnak a szaporításhoz, amelyek legfeljebb 2-3 nódusz hosszúságúak. A levágott szárat ezután elültetik. A szárdarabokkal történő szaporítás sikerre vezet nagyon sok évelő fűfajnál, de nem nagy eredménnyel jár a *Miscanthus*nál.

Rizóma palántákkal: A rizóma képződmények a föld alatt 10-15 cm-re, összefonódva találhatóak. Ez a szaporítási forma viszonylag előnyösnek mondható, mivel több utód állítható elő egyetlen anyanövényből. A jelenlegi gyakorlat szerint, novemberben a gyökérzet 2-3 éves darabjaiból vágatunk le 8-10 cm hosszú szaporítóanyagot. Rövidebb rizóma darabok is vágatók a szaporításhoz, de ezek sokkal érzékenyebbek a téli hatásokra. A levágott rizóma darabok szaporítóanyagként -1 és +1 Celsius között tárolhatóak. Rizóma darabokkal végzett kísérletek sikeresek voltak, ha az ültetést május elején végezték, 3-6 cm mélyre, 10000 db rizóma/ha sűrűségben. Angliai kísérletek eredményei szerint a *Miscanthus sacchariflorus* legsikeresebben rizóma darabokkal szaporítható, bár a dániai kísérletekben ugyanezzel a növényvel csak 65-75%-os sikert könyveltek el. Rizómák a szántóföldből forgó kultivátorral szedhetőek ki, amelyeket ezután szaporítóanyagként takarítanak be. Szaporító edényekbe ültetett növények alól is robosztus gyökerek nyerhetőek, amelyek megfelelő méretre vágva bármikor felhasználhatóak.

Mikroszaporítással: Ez a szaporítási módszer nagyon előnyös, mivel a legnagyobb számú növény produkálható segítségével a legrövidebb idő alatt. Ezenkívül e módszer révén érhető el a legnagyobb mennyiségi produkció is. A Németországi Piccopant laboratóriumban *Miscanthus sinensis*re fejlesztették ki azt a mikroszaporítási eljárást, melynek lényege, hogy a termesztés során egyes növényekből az osztódó szövetet eltávolítják, és ezt a szövetanyagot használják a továbbiakban szaporítóanyagként. Hozamkísérletek bizonyítják, hogy a mikroszaporított növények „erősebbek”, mint a másként szaporított állományok. A „Piccoplant véleménye” szerint évente 2 millió növényt lehetne így módon előállítani. A gyakorlatban azonban ez ideig nem tudott kielégítő eredménnyel szolgálni, mivel termesztését rendkívüli fagyérzékenysége hátráltatja. A mikroszaporítási eljárás ezen felül az ökonómiai mutatók alapján sem élvez prioritást a jelenlegi technológiai színvonalon.

A rizóma, vagy rizóma palánták, illetve szárdarabok ültetése nem igényel speciális ültető-, vagy palántázó gépet. A művelethez hagyományos zöldségpalántázó nyugodtan alkalmazható. A rizóma palánták ültetésére az elmúlt évek során egy speciális ültetőgépet fejlesztettek ki, amely félautomata rendszerű, 15x15 -ös áteresztőképességű ültetőcsővel rendelkezik és négyfőnyi kiszolgáló személyzetet igényel.

Termesztés

A legtöbb tanulmány, amely a *Miscanthus sin. Giganteus* termesztés-technológiájával foglalkozik, Dániában és Németországban született. A kutatások szerint a fiatal palánták és a kitarolt rizómák ültetése akkor optimális, amikor az ültetési mélységben a talaj hőmérséklete 10 °C vagy ennél magasabb. Ez a késő áprilisi vagy kora júliusi időpontnak felel meg. A további fontos tényező, hogy legyen elegendő talajnedvesség, megfelelő takarás, illetve elkerülendő, hogy a fiatal növényeket fagyhatás érje.

A rizóma darabok legsikeresebben burgonyapalántázó géppel ültethetők a talajba. Erdő vagy más növény-ültető gépekkel végzett kísérletek nem vezettek sok sikerre a fiatal *Miscanthus* növények telepítésében.

Dán kísérletek eredményei szerint a fiatal növényeknek 30-35 cm hosszúnak kell lenniük ültetéskor. Németországi kutatók ajánlása szerint az optimális tőtáv 0,7-1,0 m, a sorok közötti távolság pedig 0,8-1,0 m közötti. Az ültetés sűrűségéről ugyan megoszlanak a szakvélemények, 1, 2, 3 sőt 4 növény/m² -t is alkalmaznak. A vizsgálatok szerint a nagyobb sűrűség nagyobb szárazanyag hozamot eredményez. Egy kivétel van, a *Miscanthus sin. Giganteus* amely akkor nyújt a legnagyobb hozamot a második évtől, ha 2 db növény/m² ültetési sűrűséget alkalmazunk.

Dániai kutatások a kínai nád átlagos sortávolságát 0,85 m-re, a tőtávolságot 0,75 m-re állapították meg (kb. 1 növény/m²), amely minden *Miscanthus* spp.-re alkalmazható.

Angliában a *Miscanthus* ültetése mikroszaporítással vagy rizómadarabokkal már márciusban vagy áprilisban elvégezhető. A hajtások ugyan gyorsan előbukkannak a talajból, de a növekedésük május végétől június elejéig nagyon lassú. A kedvezőbb nyári hőmérséklet igen gyors növekedést eredményez a későbbiekben, a száruk első évben 2 méter magasra, a következő években 4 méterre nőnek meg.

A gyomszabályozás nagyon fontos tényező, különösen a telepítéskor és a termesztés első két évében. Ajánlott ültetés előtt a talaj teljes gyomtalanítása, megtisztítása az összes élő gyomtól. Mivel a kínai nád élő növény, 10-15 évig tartják fent a növénykultúrát, nagyon fontos alapos gyomtalanítást végezni, mert a növény telepítése után nagyon nehéz gyomtalanítást végezni. A legproblémásabb gyomokká a vadzab, az *Avena* fajok, valamint a mezei aszat (*Cirsium arvense*) válhatnak.

A kínai nád eredeti élőhelyén áldozatul eshet néhány betegségnek, de azokon a helyeken, ahová haszonnövényként telepítették be, eddig nem fertőzték meg patogén kórokozók. A *Miscanthus* ugyan már bizonyította, hogy rezisztens a kórokozókra, de mivel többféle *Miscanthus* van termesztésben Európa szerte illetve a mediterrán régióban, nagyobb az esély arra, hogy a már ezeken a területeken „honos” betegségek megtámadják. Közép-Európában a következő betegségek jelenthetnek veszélyt a *Miscanthus*ra: rozsdagombák, üszöggombák, peronoszpórák, szeptóriás és citospórák foltosság, anyarozs, fuzárium, alternária, botritisz, palántadőlést okozó fuzárium, rizoktónia és pythium gomba fajok. A *Miscanthus*nak lehet egy vírusos megbetegedése is, a „*Miscanthus* csíkos vírus” (*Miscanthus streak virus*).

A kutatások még nem teljesek a *Miscanthus* tápanyagigényének meghatározására vonatkozólag, de néhány használható kalkuláció készült már Rutherford és Heath (1992) által, illetve a *Miscanthus* Handbook is tartalmaz ajánlásokat ide vonatkozólag.

Az adatokat összevetve a következő dózisok alkalmazása javasolható az éves tápanyag visszapótlás, illetve a talajegyensúly fenntartása érdekében:

N : 50, K₂O : 45, P₂O₅ : 21, S : 25, Mg : 13, Ca : 25 kg/ha.

A *Miscanthus* alacsony tápanyagigénye miatt, a talajból és a levegőből általában pótlódik a legtöbb felevett tápanyag, de a nitrogén, foszfor és kálium bevitel azért minden évben szükséges. Homokos talajon egy kis magnézium pótlás is termésfokozó tényezőként szerepel.

Németországi és Dán műtrágyázási adatok figyelhetők meg a 44. táblázatban (El Bassam et al., 1994):

44. táblázat. Németországi műtrágyázási adagok

Első évben		Következő években	
	Dán, Német ua.	Dánia	Németország
Nitrogén	56 kg/ha	75 kg/ha	60 kg/ha
Foszfor (P ₂ O ₅)	16 kg/ha	15 kg/ha	50 kg/ha
Kálium (K ₂ O ₂)	68 kg/ha	90 kg/ha	100 kg/ha

A legjobb időpont ezen tápanyagok visszapótlására a tavaszi periódus, még az új növekedési szakasz előtt, az utolsó betakarítás után. Folyékony vagy granulált műtrágyák alkalmazása a leghatékonyabb.

A víz játszik a legnagyobb szerepet a terméshozam növelésében. A növekedési időszakban, becslések szerint 600 mm csapadék szükséges a 20 tonna szárazanyag eléréséhez hektáronként. Nagyobb hozamok öntözéssel érhetőek el. Telepítéskor, illetve az első évben, a még fiatal növények öntözése nagyon célszerű a Német és Dán kísérletek szerint.

Vetésforgó

Mivel a kínai nád évelő növény, a vetésforgó alkalmazása nem szükséges, mivel csak 10-15 év után kerül le. A legfontosabb szempont természetesen előtt, hogy a terület teljesen meg legyen tisztítva az évelő gyomoktól. Az állomány felszámolása után gabonafélék közül a zab, egyéb növények közül a napraforgó, repce és cirokfélék alkalmazhatók (45. táblázat).

45. táblázat. Kínai nád elővetemény és utóvetemény igénye

Elővetemény		Utónövény
Burgonya	Kínai nád	Napraforgó
Csicsóka		Repce
Repce, szója		Zab, gabonafélék
Napraforgó		Cukorcirok

Egyéb megjegyzés: évelő, természetesen tartása gazdasági okok miatt minimum 10 évig indokolt

Produkción

Jelenleg a termelési költségeket nagyon nehéz pontosan megbecsülni. Van egy szimulációs modell – a Wageningeni Agrártudományi Egyetem rendszere, neve APROCHOPS (Agricultural Production Chain Optimisation Simulation) – amellyel kiszámolható a biomassa növények teljes költsége és energiainputja a több évre visszanyúló helyi időjárás adatok alapján. A modell elsősorban a *Miscanthus* termesztéséhez készült, de más biomassa növények esetében is alkalmazható. A modell olyan számításba vehető tényezők alapján működik mint, szél, hőmérséklet, csapadék, fényviszonyok. Ezen adatok alapján modellezhetővé válnak a következő tenyészidőszak munkaerő, gépmennyiség, betakarítási, ültetési stb. költségei. A modell jelenleg még fejlesztés alatt áll, a gyakorlat számára csak a későbbiekben lesz elérhető. Élő növények esetében még nehezebb meghatározni a termelési költségeket, mivel pl. a *Miscanthus* is csak a harmadik vagy negyedik évben éri el „teljes értékét”, addig a költség/hozam arányok akár negatívak is lehetnek. A növényhozam értéke egyenes arányban van a szárazanyag tartalommal.

Egy költséganalízis, amelyet 1994-ben *Heath és társai készítettek* (46. táblázat), két különböző bekerülési költséget vesz figyelembe palántánként (szaporítási módtól függően). Az ültetési költséget 15 évre osztja el, illetve 10000 növényrel számol egy hektáron. Az analízis legnagyobb problémája, hogy az egy növényre jutó költségeket több figyelembe nem vett tényező is befolyásolja. Ezek nélkül a farmokat, mint elszeparált egységeket kellene figyelembe vennünk. Az éves bruttó bevétel kiszámításánál nem veszi figyelembe a kormányok által nyújtott pénzügyi segítséget sem, amelyhez már a jelen gyakorlatában is hozzá lehet jutni.

46. táblázat. Kínai nád bruttó árbevételének analízise

<i>Miscanthus</i> bruttó árbevételének analízise		
Palántaköltség	0,30 ECU/növény	0,10 ECU/növény
Éves bevétel		
Éves hozam (telj. érett áll.)	20 t/ha	20 t/ha
Hozam értéke – 36,8 ECU/t*	736	736
Éves költség		
Telepítési költségek**	240 ECU	102 ECU
Műtrágyázás/Permetezés	86 ECU	86 ECU
Betakarítás	245 ECU	245 ECU
Éves bruttó bevétel	165 ECU	303 ECU

* Becsült érték, az olajegyenértékhez viszonyítva

** Telepítési költség a 15 éves tenyészidőszak alatt egyenlően törlesztve (benne van a 10000 növény ára, a telepítés költsége, az első év trágyázási és növényvédő szer költsége).

A *Miscanthus* ültetvények hozamai Németországban 11,5-40 tonna/ha/év, Dániában pedig 12-44 tonna/ha/év közötti tartományban mozog. Egy harmadik területtel összehasonlítva (Anglia), a hozamok a második évtől kezdve 2,5-16,5 tonna/ha/év szárazanyag, 1 növény/m² esetében, és 12,2-24,4 tonna/ha/év 4 növény/m² növényesűrűséget alkalmazva (Kilpatrick et al., 1994), ezek kimagasló eredményeknek tekinthetők. A maximális hozam elméletileg 55 tonna/ha/év, amelyet Hollandiában értek el.

Egy „Hollandiai költségelemzés” szerint, amelyet P. Venturi és munkatársai 1998-ban végeztek, a következő következtetésekre jutottak.

A költségek legnagyobb hányadát az állandó költségek csoportja jelenti, ami tartalmazza a földhasználat, az épületek, a gazdálkodó munkadíjának és az általános géphasználatnak a költségeit.

Az éves változó költségeket vizsgálva megállapítható, hogy a termelés során, az első évben esetlegesen szükséges gyomirtáson kívül, a legjelentősebb költségként a betakarítás, szállítás, tárolás jelenti, míg a tápanyag-visszapótlás költsége (a már említett alacsony tápanyag igények miatt) kisebb mértékű. A termesztés költsége évenként így 200 ECU/ha körüli.

Az egyes országok között meglévő technikai differenciáltság a költségek közt is jelentős különbségeket eredményez. Az általános fejlődéshez ezért a legjobb technológiák elterjesztése elengedhetetlen. Ehhez szükséges a nemzetek közötti szoros együttműködés, koncentrált kutatások kidolgozása, szakmai szimpóziumok rendezése szerte Európában.

Betakarítás és raktározás

A *Miscanthus* betakarítását februárban vagy márciusban végzik, de megtehető késő ősztől kora tavaszig. Ez az az időszak, mikor a növény szárazanyag tartalma a legmagasabb, eléri a 80%-ot, illetve a tápanyagok a növényből a rizómákba vándorolnak. A betakarítógépekkel nagyon óvatosan kell a munkafolyamatot végezni, nehogy túlzott talajtömörödést, vagy a rizóma ágyban károkat okozzon. Jelenleg még folyik a gépi betakarítás különböző lehetőségeinek tanulmányozása, a választást a betakarítás minősége fogja meghatározni. Egyik legígéretesebb lehetőségnek kínálkozik a „modern cukorrépa betakarító” gép, melynek előnye, hogy nem távolítja el olyan mértékben a leveleket, mint a hagyományos betakarítók. A másik lehetőség, amellyel még nincsenek komoly tapasztalatok, a kukorica betakarítására használt kukorica-kombájn. Ez a gép biztosítja a leggazdaságosabb betakarítást, a szántóföldről a „szecskát” ürítőkocsi vagy pótkocsi szállítja el. Némi módosítással a berendezés még alkalmasabbá tehető a kínai nád betakarítására. Ez nagyon fontos, ha az összes föld feletti biomasszát szeretnénk betakarítani. A Claas és HAIMER cégek a közelmúltban kifejlesztettek egy speciális *Miscanthus* betakarító gépet is, amely sajnos nagy tömege miatt (túlzott talajtömörítést okoz) nem felelt meg a várakozásoknak.

A gyakorlatban már ismert kezelési eljárások a kínai nádnál is alkalmazhatók, úgymint: pelletálás, brikettálás, kénézés, bálázás és takarmánypogácsa készítés. A pellet és a brikett a szecskázott növényi részek összepréselésével nyerhető. A műveletet legcélszerűbb azonnal a helyszínen elvégezni, ezzel is csökkentve a szállítási költségeket. A levágott növények rendekben történő szárítása, majd a széna bálázása inkább a

nagy nedvességtartamú állományok betakarítását követi. Hagyományos bálázás esetén a bálák összenyomás után 120 kg/m^3 sűrűségűek, de egy újabb német gép préselési teljesítménye már eléri a 450 kg/m^3 -t is, amely a *Miscanthus*-nál is alkalmazható. A takarmánypogácsa készítés a kiszáritott *Miscanthus* rendek felszedését és pogácsává préselését jelenti. A takarmánypogácsa készítés sűrűbb végterméket eredményez, mint a bálázás, de rendkívül magas költségekkel jelentkezik.

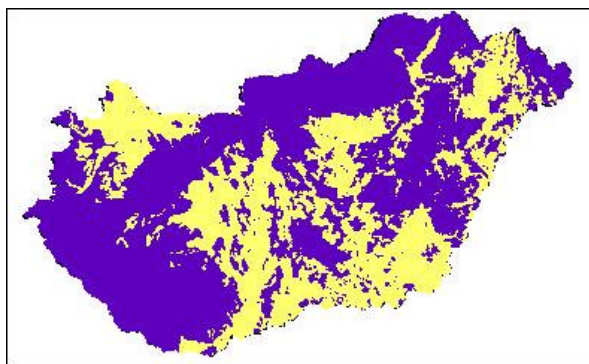
A szárítás és raktározás lehetséges, de jelenleg nem ez a folyamat áll a kutatások középpontjában. Az eddigi eredmények szerint, betakarítás után, a kiszáritott növény korlátlan ideig elraktározható, tüzelési célra felhasználható. Szárítás közben nagyon figyelni kell a nedvességtartalomra. Nagy bálákban 25% nedvességtartalom mellett, sűrűbb bálákban 18% nedvesség-tartalomnál tárolható.

Feldolgozás és felhasználás

A költségmegtakarítás leghatékonyabb módja, ha a növény feldolgozása és hasznosítása amennyiben lehetséges, a farmon, az előállítás helyén történik. A kínai nád felhasználásának végső célja, hogy az egész növény szilárd tüzelőanyagáá tömöríthető legyen. A tömörítés alatt a pelletálás, a brikettálás és a bálakészítés értendő. A „tömörítvények” kétféle célból készülhetnek, szállításra és/vagy közvetlen tüzelésre. Ezek a szilárd tüzelőanyagok (energiatartalom – $18,1 \text{ MJ kg}^{-1}$) alkalmasak nagyobb kapacitású tüzelőberendezések üzemeltetésére is. A szilárd tüzelőanyagok elégethetők kisebb családi házakban, „fűtő közösségekben”, ipari termelést hő-ellátó rendszerekben, regionális és nemzeti energiaellátó erőművekben. A *Miscanthus Handbook* szerint az energianövény főleg fosszilis energiahordozók kiváltását célozza meg, ezért egy könnyen értelmezhető összehasonlítást közöltek. E szerint 20 tonna *Miscanthus* fűtőértéke 12 tonna jó minőségű szénnel vagy 8000 liter olajjal egyenértékű. Egy tonna (száraz anyag) elégetése során pontosan 1,67 MWh energia szabadul fel.

Alternatív felhasználási területekként számításba jöhetnek még a papír alapanyag, geotextil és bútoralapanyag gyártás is.

Termesztésre alkalmas területek



25. ábra. A kínai nád optimális termőhelyei (3.365.000 ha)

4. A szántóföldi energianövény- termesztés értékelése

4.1. Az értékelés lehetséges rendszere

A különböző szántóföldi energianövényeket a területi eloszlás, a termesztési sajátosságok alapján külön-külön értékelve, arra a megállapításra jutottam, hogy a potenciális növényeink energetikai jelentőségük alapján történő megítélése csak e két különböző kategória összehasonlító értékelése révén lehetséges. Ezekon kívül, mivel az energetikai termesztés szempontjából legfontosabbnak tartott kritérium, a „0”-ás CO₂-mérleg tekinthető az energia célú növénytermesztés sarokpontjának, ezt sem lehet elhanyagolnunk egy alapvető minősítő rendszer összeállításánál.

A CO₂ tényezőt az európai szakirodalom a csökkentett CO₂-emisszió költségtényezőjeként, vagy az elkerülhető CO₂ bekerülési költségeként veszi figyelembe. A számításának, illetve a növényenkénti érték megállapításának menete pedig a következő:

1. a nettó CO₂-elkerülés nagyságának meghatározása (azaz a fosszilis energiahordozóval összehasonlítva, egy 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);
2. a biomassa eredetű energiatermelési költségből ki kell vonnunk a megtermelt energia értékét, fosszilis energiahordozó egyenértékben;
3. ha a kettes pontban kapott értéket elosztjuk az első pontban kiszámított tényezővel, akkor megkapjuk az adott növényre vonatkozó „elkerülhető CO₂ -bekerülési költséget”.

Minél alacsonyabb „elkerülhető CO₂-bekerülési költséggel” jellemezhető egy energianövény, annál rangosabb helyet foglal el, azaz értékesebbnek tekinthető energetikai termesztés szempontjából. A fent említett szakirodalom négy különböző Európai Unió tagországban végzett vizsgálatok összesített eredményei alapján számolt energianövényenként „elkerülhető CO₂-bekerülési költséget”. Úgy gondoltam – az EU-s tagságot szem előtt tartva – hogy az itt alkalmazott termelési és bevételi költségarányok hazánk mezőgazdaságára vonatkozóan is elfogadhatóak lesznek a jövőben, így az értékelési rendszerembe torzítás nélkül beépíthetők. Annak érdekében, hogy a terméshozamok is megfeleljenek az Unió elvárásoknak – a braunschweigi Federal Agricultural Research Center által javasolt – az energianövényekkel szemben támasztott, minimálisan elvárható terméshozamszinteket alkalmaztam. Ezek termésszintek ugyan kissé magasabbak, mint a hazánkban eddig hagyományos termesztésben elért átlagos hozamok, de arányaikban mégis párhuzamba állíthatók.

Az analitikus szakirodalmi vizsgálatok és az általam elkészített agroökológiai térképek elemzése alapján tehát megállapítottam, hogy energianövényként számításba vehető legfontosabb szántóföldi növények értékelése a következő tényezők összehasonlítása alapján végezhető el reálisan:

- a fajlagos energetikai hozamok (*Hozam*),
- a termesztésére alkalmas terület mérete a növényi rotáció függvényében (*Terület faktor*)
- a növények termesztése révén elért „CO₂-elkerülés költségtényezőjének” nagysága, 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 mennyibe kerül.

A fajlagos energetikai hozamot minden növény esetében a jellemző energiahordozó(k)ra: alkohol (l/ha), olaj (kg/ha), biogáz (m³/ha), szilárd tüzelő anyag (sz.a. t/ha); egy éves időtartamra hektáronként határoztam meg, majd az értékeket MJ- ra számoltam át. Az így kapott értékszámokat ezután indexáltam, így ezek „Energetikai hozam indexként” szerepelnek a számításokban. Azonban az energetikai-hozam értékek és indexek is csak energetikai növénycsoportonként hasonlíthatók össze, mivel a különböző enrgiahordozók energiaegyenértéke más és más.

Az adott energianövény termesztésére hazánkban alkalmas területnagyságot az előző fejezetben részletezett módszerek alapján számítottam. Mivel a növények egy tenyészidőszakban való termesztetőségi volumenét termesztéstechnológia szempontjából a vetésváltás határozza meg leginkább, e tényező bevonását is szükségesnek tartottam az értékelésbe. Növényenkénti vetésváltásra meghatározott értékeket (vetésváltó faktorokat) a 47. táblázat tartalmazza. Ezeket a következő módszer alapján számítottam: pl. a *cukorcirok* esetében, a növény három évig maradhat termesztésben ugyanazon a táblán, negyedik évben le kell váltani. Ez négyéves ciklust jelent, ami teljes termőterület vonatkozásában évente 75%-os kihasználást feltételez. A vetésváltó faktor ezért itt 0,75.

Mivel az értékelési tényezők jelentőségüknél fogva különböző súllyal szerepelnek, legfontosabb tényezőként a terméshozamot 3-as szorzóval, a területi jellemzőket pedig 2-es szorzóval láttam el. A CO₂-elkerülés költségtényezője azonban negatív korrelációval számítandó (minél magasabb annál kedvezőtlenebb), ezért ezt egyszeres szorzóval az előbbiekből kivontam. Az is könnyen belátható az említett kategóriarendszereket sem lehet az értékelés szempontjából ugyanakkora jelentőségűnek tekinteni, a különböző tényezők 1-től 10-ig terjedő indexálása után kaphatunk csak egymáshoz hasonlítható mutatókat.

A felsorolt tényezőket az előzőekben említettek szerint súlyozva, a különböző szántóföldi növényeket energetikai hasznosíthatóságuk alapján tehát egy indexszámmal jellemeztem (47. táblázat). Az indexet ECT indexnek neveztem el, amelyet az „Energetikai Célú Termesztés” szóösszetételből rövidítettem. Az ECT index kiszámításának módját pedig a következőképpen határoztam meg:

$$\text{Növény}_{ECT\text{alkohol,olajsz,biomassza,biogáz}} = \frac{(3 \times \text{hozamindex}) + (2 \times \text{területindex} - \text{CO}_2\text{költség})}{6}$$

47. táblázat. Energianövények „ECT index” számításának kiinduló táblázata

Növény/ Növény- csoport	Terület mill. ha (A)	Vetésforgó faktor(B)	Területi fakt.inex (AXB)	Energetikai hozam index	CO ₂ elekerülés ktg.indexe	ECTIndex (0- 10)
Alkohol-növények						
burgonya	0,43	0,25	0,3	3	5,6	0,67
cikória	0,57	0,5	0,96	3,2	5,9	0,94
cukorrépa	1,11	0,25	0,9	7,2	7,57	2,64
cukorcirok	2,77	0,75	7	6,9	2,4	5,38
csicsóka	1,19	0,75	2,82	3,4	5,15	1,78
kukorica	2,06	0,75	5,2	3,7	3,12	3,06
búza	3,89	0,75	9,7	2,8	2,7	4,18
Olaj-növények						
napraforgó	3,3	0,2	5,2	6,5	5,75	4,03
repce	0,23	0,25	0,47	5,6	5,06	2,11
csillagfűt	1,79	0,25	3,75	3,9	4,89	2,39
szója	0,7	0,25	1,38	3,5	4,24	1,50
Szilárd biomassza növények						
nádképu csenkesz	1,8	0,8	3,38	3,7	0,3	2,93
óriás keserűfű	3,13	0,7	5,14	6,28	9	3,35
kender	2,8	0,7	4,6	4	0,33	3,48
zöld pantlikafű	1,7	0,8	3,2	6,57	3,85	3,71
kínai nád	3,36	0,76	5,98	7,29	8,01	4,30
szudánifű	3,27	0,75	5,75	6,74	5,98	4,29
angol perje	2,43	0,8	4,5	4,28	3,5	3,06
búza	3,98	0,75	6,8	2,8	2,17	3,31
Biogáz növények						
nádképu csenkesz	1,8	0,8	4,1	5,28	1,17	3,81
angol perje	2,43	0,8	5,5	5,5	2,9	4,10
cukorcirok	2,77	0,75	5,9	4,5	7	3,05
kukorica	2,06	0,75	4,4	4,77	8,8	2,39

Az ECT index számításának kiindulási táblázatából jól követhetők a növényekre vonatkozó jellemzők, és azoknak egymáshoz viszonyított változásai. Mivel az eredményül kapott indexszámok csak felhasználás szerinti beosztásban, energetikai növénycsoportonként mérvadók, a csoportok közötti összehasonlítás nem ad reális képet.

Az ECT index alapján értékelt legfontosabb energianövények, illetve növényi sorrendek felhasználási kategóriák szerint a következők (48. táblázat): *olajnövények* közül –

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

48. táblázat. Az energetikai növénycsoportonként megállapított ECT indexek

Növény	Index	Növény	Index
Alkohol-növények		Szilárd biomassza növ.	
1. cukorcirok	5,38	1. kínai nád	4,30
2. búza	4,18	2. szudánifű	4,29
3. kukorica	3,06	3. zöld pántlikafű	3,71
4. cukorrépa	2,64	4. kender	3,48
5. csicsóka	1,78	5. óriás keserűfű	3,35
6. cikória	0,94	6. búza	3,31
Olaj-növények		Biogáz növények	
1. napraforgó	4,03	1. angol perje	4,10
2. csillagfűrt	2,39	2. nádképvű csenkesz	3,81
3. repce	2,11	3. cukorcirok	3,05
4. szója	1,50	4. kukorica	2,39

A szántóföldi energianövényeket tehát területi-, hozam-jellemzők valamint CO₂ emisszió csökkentő hatásuk alapján értékelve a 48. táblázatban látható sorrendiség jellemzi. A különböző növénycsoportok első soraiban feltüntetett növényfajok legfontosabb közös tulajdonsága, hogy termesztésüknek hazánkban gyakorlatilag nincsenek területi korlátai. A magas energetikai hozammal termeszthető gumós növények háttérbe szorulásának fő okaként pedig, egy a hagyományos növények termesztésben még nem alkalmazott szempont, a magas termelési költségekhez képest relatíve kicsi CO₂ megkötő képesség nevezhető meg.

Hazánk potenciális energianövényeit értékelve, energiacsopontonként található egy-egy kiugróan jelentősnek ítélt energianövény. Az alkohol-növények között kiugróan magas értékekkel szereplő cukorcirok, a tüzelő-alapanyag előállításban kiemelkedő kínai nád, szudánifű vagy az olajnövények között legjelentősebb napraforgó termesztése sem oldható meg monokultúrában. Különösen az alkohol- és olajnövények esetében szükséges a megfelelő növényfaj választékkal dolgozni annak érdekében, hogy gazdálkodásunk hosszabb távon fenntartható legyen. Így egy-egy növény csoporton belüli kiemelésének gyakorlati szempontból nincs jelentősége, energetikai növénytermesztés az energetikai növénycsoportokon belül meghatározott növények konzekvens termesztésével valósulhat csak meg.

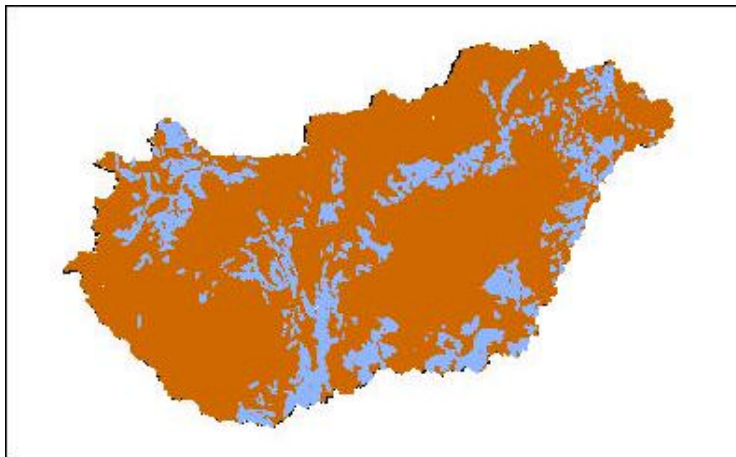
4.2. A növények területi eloszlása alapján kijelölhető speciális termesztési körzetek

Az energianövények speciális felhasználása szükségessé teszi, hogy termesztésükkel növénycsoportonként foglalkozzunk. Ez azt jelenti, hogy az adott termőhelyen úgy állítsuk össze a vetésszerkezetet, hogy lehetőleg azonos véghasznosítású növények kerüljenek termesztésre. Ezt egyrészt a tárolás, feldolgozás, másrészt a szükséges speciális technológiai berendezések, illetve a felhasználás indokolja. Ezért az egyik legfontosabb kérdésnek az energianövények termesztése kérdéskörön belül azt tartom, hogy melyek azok a termesztési körzetek, amelyek alkohol előállításra alkalmas, olajtartalmú vagy szilárd biomassa növények termesztésére – a megfelelő vetésszerkezet kialakítása mellett – megfelelőek.

A kérdéskör vizsgálatát az alkalmazható vetésszerkezet és az ökológiai igények összevetésének kidolgozásával kezdtem. Minden egyes növény esetében meghatároztam az optimális elő- és utóveteményeket, illetve a termesztéshez kapcsolódó specifikumokat.

Ennek felhasználásával energianövény-csoportonként határoztam meg a kijelöléshez szükséges feltételeket, majd a növényenkénti eloszlás-térképek alapján termesztési körzeteket jelöltem ki.

Az ún. alkohol-növények közül – melyek a kiválasztás alapján a következők: *cukorcirok, cukorrépa, burgonya, csicsóka, kukorica, búza, rozs, tritikálé, búza, zab, árpa, cikória, angol perje* – a térképen kék színnel jelölt területeken válogathatók össze – optimális vetésszerkezetet kialakítva, minimum négy különböző alkohol-növényt feltételezve – „alkoholnövényt termesztő ültetvények” (23. ábra). Alkohol-növények termesztési körzetnagysága: **1 024 553 hektár** az általam alkalmazott *Fuzzy-modell* kijelölése alapján.



26. ábra. Alkoholnövény-termesztő körzetek hazánkban (világossal)

Lássuk tehát, hogyan alakulhat az energianövényeink egymásutánisága, ha az alkohol-növénycsoporthoz tartozó növényeinknek szeretnénk, a nekik megfelelő elő- és utónövényeket alkalmazva, úgymond „alkohol-növényes vetésszerkezetben” termesztetni. A 49. táblázat egy lehetséges változatot tartalmaz az összeállításra. Az optimális elő- és utónövényekre vonatkozó ajánlásokat az előző fejezet tartalmazza, melyet úgy állítottam össze, hogy a hagyományos növénytermesztés szempontjai mellett, figyelembe vettem az energianövényekre vonatkozó specifikumokat, termesztési sajátosságokat is.

49. táblázat. Lehetséges „alkohol-növényes vetésszerkezet”
Forrás: saját kutatás

Növény és sorrend	Időtartam	Hasznosítás	Évi szántóterület arány
Kukorica	2 év	alkohol	11%
Őszi búza	2 év	alkohol	33%
Cikória	1év	alkohol	11%
Cukorcirok	2 év	alkohol	33%
Csicsóka	2 év	alkohol	11%

Az általam készített modell kijelölése alapján pedig az alábbi tájak javasolhatók alkohalnövény-kultúrák termesztésére: Mezőföld, Duna menti síkság, Tolna-Baranyai dombvidék, Bácskai síkvidék, Dráva menti síkság, Kisalföld, Körös-Maros köze, Berettyó-Körös vidék, Nyírség, Felső-Tiszavidék, Észak-Alföldi hordalékkúp, Belső-Somogy.

A megnevezett tájegységeken nyílik tehát leginkább lehetőség az alkohol-növények termesztésére, ha a természetendő fajokat az alkohol-növények energetikai növénycsoport növényei közül választjuk meg. Természetesen az egyes növények a kijelölésektől eltérő területek is termesztethők, mivel a közös jellemzők alapján történő területi szelekció sok növény esetében jelentős területcsökkenést eredményezett.

Ugyanezzel az eljárással határoztam meg az optimális hozamokkal számításba vehető olajnövény-termesztő területeket is. Mivel az ide sorolható növények száma mindössze négy: repce, szója, napraforgó, csillagfűrt, a területek leválogatását adott termőhelyen minimum két növény termesztetőségére szorítottam le. A modellem által kijelölt területek nagysága ezáltal is mindössze **410 578 ha** lett.

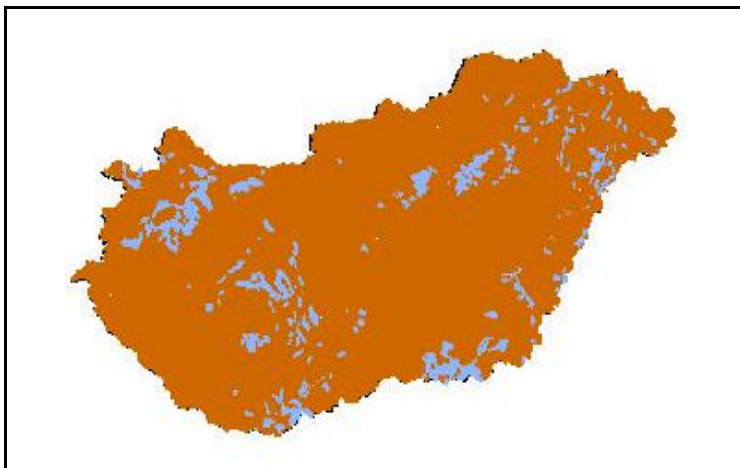
A napraforgó és repce termesztése során, a hosszú rotációs periódus alkalmazása miatt igen nehéz lenne olyan vetésforgót alkalmazni, amelyben csak olaj-növények szerepelnek. A mindössze négy olajnövény, illetve a potenciális termőhelyek csak igen „szűk” lehetőségeket biztosítanak. Az elővetemény- és utónövény-táblázatok felhasználása szerint, az olajnövények termesztésére például a következő vetésszerkezet állítható össze (50. táblázat). Ez is csak azokon a területeken alkalmazható, ahol mind-egyik növény termesztése javasolt A modell szerint, az így kijelölhető terület nagysága hazánkban néhány ezer hektár mindössze. (A táblázatból kitűnik, hogy nem olajnövényként a búza kapott helyet a az egyik lehetséges vetésszerkezetben.)

50. táblázat. "Olajnövényes vetésszerkezet"

Növény és sorrend	Időtartam	Hasznosítás	Évi szántóterület arány
Napraforgó	1 év	olaj	25%
Szója	1 év	olaj	25%
Őszi búza	1 év	alkohol, olaj	25%
Repce	1 év	olaj	25%

Középtájak szerint a következő körzetekben alakíthatók ki – legalább két olajnövény alkalmazásával – olajnövényes vetésszerkezetek: *Marcfal medence, Komárom-Esztergomi síkság, Mezőföld, Tolna-Baranyai dombvidék, Dráva menti síkság, Felső-Tiszavidék, Dél-Nyírség* (50. ábra)

A szilárd biomassa növények nagy száma már eleve nagy területi lefedettséget feltételez. Ezt tovább fokozza az ide tartozó növények viszonylag jó ökológiai tűrőképessége, és egyszerű természetűsége. Szinte mindegyik növény vetésszerkezetben összeegyeztethető, így a kijelölésükkor alkalmazott legalább négyes összeegyeztethetőség nem volt igazi szempont. Az elvégzett elemzést követően a modell **1.990.500 ha** alkalmas termőhelyet jelölt meg, mely a 28. ábrán látható részleteiben, és tulajdonképpen három nagytájat teljes egészében lefed (*Alföld, Kisalföld és Dunántúli dombtság.*)



27. ábra. Olajnövény-termesztő körzetek hazánkban (világossal)

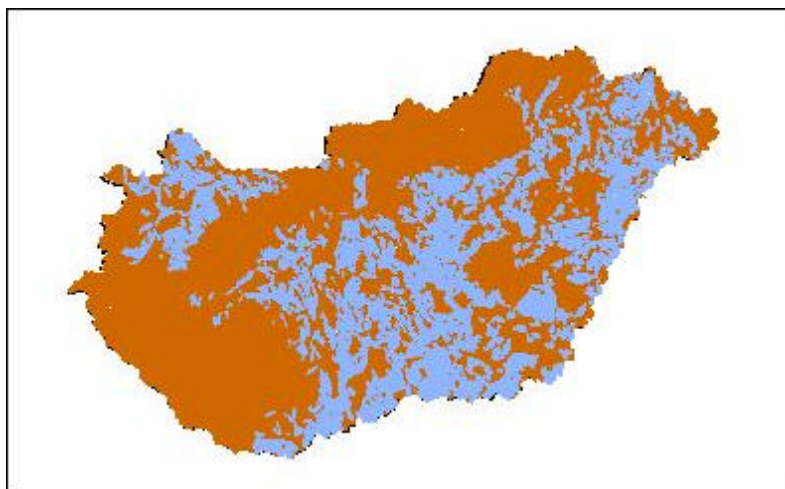
Az olaj- és alkohalnövényes vetésszerkezetekhez hasonló, szilárd biomassa vetésszerkezet kialakítása, az előzőekben elmondottak szerint már sokkal könnyebben kivitelezhető. A nagy számú növény tág lehetőségeket biztosít számunkra, így a szelekció során fokozott figyelmet fordíthatunk a technológiai folyamatok összeegyez-

tethetőségére és a költségek minimalizálásra is. A szilárd biomassza-termesztő körzetekben lehetséges vetésszerkezet – többek között – a következő lehet (51. táblázat).

51. táblázat. "Szilárd-biomasszanövényes vetésszerkezet"
Forrás: saját kutatás

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 növényvel 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.



28. ábra. Szilárd biomasszanövény-termesztő körzetek hazánkban (világgal)

(A vizsgálatok során a vizsgált terület nagysága 9.291.000 ha, az átlagos táblaméret pedig 650,8 ha volt)

Összefoglalóan tehát, az energianövény-csoportok kialakításának meghatározó szerepe lehet annak eldöntésében, hogy a különböző energianövények milyen egymásutániságban és hol termesztethők a termőhely szerint optimális terméshozamokat feltételezve. Az ipari növények, illetve zöldség és gyümölcsfélék termesztésénél általános szempontként figyelembe vett termesztési körzetek megvalósítása elsősorban a

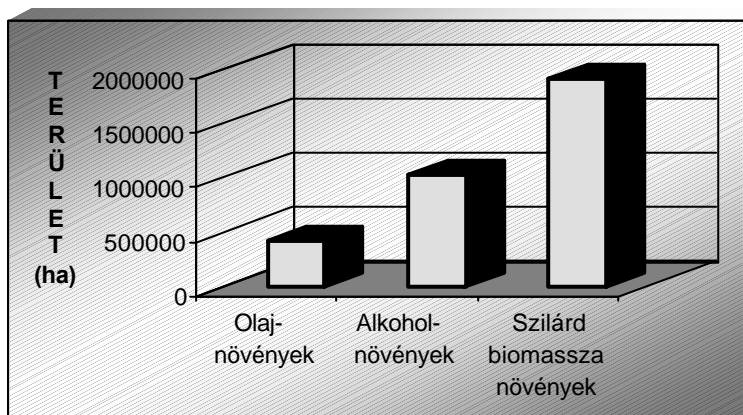
logisztikai tényezők és feldolgozás követelményének tekinthető. Energianövények esetében az ökológiai adottságokhoz simuló, a véghasznosítást figyelembe tartó területiség kijelölése a cél, mivel növényeink közül nem egyedileg, hanem növénycsoportonként valósítható meg leginkább a gazdaságos termesztés. A hasonló hasznosítású növények termesztése költséget és technológiai beruházást csökkentő tényezőként jelentkezik a gazdálkodás során. Az előbbieken túl mégis kijelenthető, hogy az élelmiszer célú termesztéshez viszonyítva az energianövények alkalmazása növeli az adott mezőgazdasági termőhely diverzitását, melyet az elmúlt évek alatt, a mono- és bikultúrás termesztés általánossá válása erőteljesen degradált.

Az ECT index alapján értékelt energianövények, illetve növénycsoportok felhasználási kategóriák szerinti fontossági sorrendje a 52. táblázatban látható, amely alapján szántóföldi növényeink energetikai termesztésben való esetleges részvétele is körvonalazódik.

52. táblázat. Az ETC indexek alapján megállapított növényi sorrend energetikai növénycsoportonként a legfontosabb növények esetében

Növény és sorrend	
I. Alkohol-növények	II. Szilárd biomassa növ.
1. cukorcirok	1. kínai nád
2. búza	2. szudánifű
3. kukorica	3. zöld pántlikafű
4. cukorrépa	4. kender
5. csicsóka	5. óriás keserűfű
6. cikória	6. búza
III. Olaj-növények	IV. Biogáz növények
1. napraforgó	1. angol perje
2. csillagfűrt	2. nádkéjú csenkesz
3. repce	3. cukorcirok
4. szója	4. kukorica

Az energianövényenként optimális hozamokra elkészített területi eloszlástérképek, valamint a termesztendő növények termesztéstechnológiai feltételeinek elemzése alapján megállapítható, hogy a magyarországi agroökológiai adottságokat figyelembe véve, az optimális termesztési feltételeket biztosító energetikai növénytermesztési körzetek nagysága (az energetikai vetésszerkezet alkalmazása esetén) **olaj-növényeknél 410 600 ha-ra, alkohol-növények esetén 1 025 000 ha-ra, szilárd biomassza-növényeknél pedig 1.990.500 ha-ra tehető** hazánk mezőgazdasági művelésre alkalmas területein (29. ábra).



29. ábra. A különböző felhasználási csoportok termőterületeinek alakulása

(Az energetikai növénytermesztésre alkalmas területek kijelölését, a hasznosítás szerinti növénycsoportok energianövényeinek területi leválogatása alapján úgy végeztem, hogy az olajnövényes csoportból legalább kettő, alkohol- és szilárd biomassza-növények közül pedig minimálisan négy különböző energianövény termesztésére legyen lehetőség a kiválasztott termőhelyeken.)

4.3. Következtetések, javaslatok

A következő fejezetben összefoglalóan szeretném áttekinteni vizsgálati eredményeimen alapuló, gyakorlati alkalmazásra és a további kutatások célkitűzéseire vonatkozó javaslataimat. Ezen túl arra is vállalkozom, hogy a témához kapcsolódó szakirodalom részletes áttekintésére alapozva az általam ugyan nem vizsgált, de az egyéb tudományterületeket is érintő részletekről áttekintést adjak. Mindezt teszem azért, mert az energetikai növénytermesztés a mezőgazdaság igen szűk, de jelentős tématerülete sajnos hazánkban elég hiányosan művelt.

- A gazdasági kérdések tárgyalása között – amellyel csak érintőlegesen foglalkoztam – a legfontosabb megválaszolásra váró kérdés, hogy mekkora a megújuló „növényi energia” nettó gazdasági értéke, illetve hogyan, mi módon határozható meg. Az azonban bizonyos, hogy a növényekből származó energia előállításának költségei mellé, költségcsökkentő tényezőként, az energianövények termesztése következtében fellépő, CO₂-emisszió csökkenés, illetve egyensúly fenntartás gazdasági, társadalmi értéke, valamint az energetikai termesztés bevezetése következtében fellépő munkahelyteremtés, kiegészítő szolgáltatások, vidéki munkaerő foglalkoztatása, gazdasági és társadalmi hasznának meg kell jelennie. **A társadalmi hasznosságot figyelembe véve tehát, nem az a kérdés, hogy gazdaságos-e az energianövények termesztése, hanem az, hogy milyen eszközökkel tehető gazdaságossá.**

- A kérdéskör társadalomtudományi háttéréhez hozzátartozik, hogy a szakmai élet minden szintjén általános informátlanság jellemző a témát illetően. Kutatásaink alapján világossá vált számomra az is, hogy hazánk növénytermesztési gyakorlata még kezdeti szinten sem „fogadta be” az energetikai termesztés elvi és gyakorlati létezését, illetve még az alapvető definíciók ismeretei is hiányoznak a témakört érintően. A megkérdezett szakemberek véleményét összegezve megállapítható, hogy pozitív elmozdulás az új termesztési eljárás irányába az esetleges agrárpolitikai változásoknak, az EU integrációnak, a feldolgozó, felhasználói háttér kialakításának, illetve a megfelelő szakemberek megjelenésének a feltétele.
- Az „energia-termesztési” kontextusban, a vetésforgók összeállításának fontossága is sokkal élesebben vetődik fel, mivel az azonos véghasznosítású növények száma, pl. olajnövények esetén igen kevés. Ezekből a növényekből megfelelő vetésszerkezetet összeállítani fokozottan nehéz szakmai kihívás. Az energianövény-csoportok kialakításának meghatározó szerepe lehet annak eldöntésében, hogy a különböző energianövények milyen egymásutániségben és hol természetők a termőhely szerint optimális terméshozamokat feltételezve.

Az energianövények termesztésével kapcsolatos vizsgálódásaim során megállapítottam, hogy többek között a következő, a témával kapcsolatban még feltáratlan területekre kell további fokozott figyelmet fordítani:

- Génmanipulációs kísérletek. Az energia célú növénytermesztés során tehát megváltozik a végtermék hasznosítása, amely több vonatkozásában más igényeket támaszt a termesztés folyamatával szemben is. Nem cél az előírt élelmiszer vagy takarmány minőség előállítása, a végtermék összetétele nem kell, hogy a táplálkozási szabványoknak megfeleljen. Ezért úgy gondolom, hogy a génmanipulációs eredmények gyors felhasználásának tág lehetőséget biztosíthat a terület. Itt gondolok többek között arra, hogy a növényi végtermékek (pl. olaj) megfelelő molekuláris összetételének kialakítása – mely genetikai úton a legegyszerűbb – energianövények esetén szükségzerű az „optimumok” eléréséhez. Lehetőséget ad továbbá arra is, hogy olyan erősen szennyezett földterületeken folytassunk növénytermesztést, ahol élelmiszer előállítás nem lehet cél. Ez oly módon tehető meg, hogy közben termesztett növényeinkkel nehézfémektől, vagy egyéb szennyező anyagoktól szabadítjuk meg a talajt. Így nemcsak energiát állítunk elő, hanem a környezet szennyező tényezőket is kiküszöbölhetjük. Ezek a lehetőségek a génmanipuláció alkalmazásával mindennapi gyakorlattá válhatnak anélkül, hogy a humán szférát bármilyen károsodás érné.
- Alternatív energiahordozók tárolása. Fontos kérdésként vetődik fel az energiahordozókkal kapcsolatban, hogy milyen energiasűrűséggel rendelkeznek. A megújuló energiahordozók esetében pedig még fokozottabban jelenik meg ez a kérdés. A folyékony és szilárd bio-energiahordozók tárolása relatíve nehézkes, de sokkal jobban megoldható, mint a szél- vagy napenergiái esetében, azonban kevésbé hatékony a hagyományos, fosszilis energiahordozókhoz képest. A dolgozat több fejezetében is szó esett arról, hogy mind a növényi eredetű olaj-, alkohol- vagy szilárd biomassa-tüzelőanyag kisebb energiasűrűségű, mint a már megszokott hagyományos formák. Ennek következtében, többek között nagyobb mennyiséget kell felhasználni ugyanakkora teljesítmény eléréséhez, üzemanyag-

ként való felhasználás esetén ez nagyobb üzemanyagtartály kialakítását is szükségessé teszi. Alkohol esetében nem probléma, de a bio-olajnál fontos kérdés a tárolhatóság időtartama is. Mint az étolajok esetén, a biodízelnél is fellép az avasodás, mely végzetes szerkezeti hibákat okozhat a molekulaszervezetben, így módon csökken az energiahordozó hatásfoka, felhasználása korlátozódik. Az így elkészített üzemanyagot tehát légmentes, kis tárolóegységekben kell tárolni. A tüzelőanyagként felhasználásra kerülő növényekből származó apríték és szecska esetében is szükséges – a nagyobb térfogat csökkentése végett – egy bizonyos fokú koncentráció. Az esetek többségében alkalmazott pelletálás és brikettálás külső energia-bevitelt igénylő, drága folyamatok, mégsem tekinthetők tökéletes megoldásnak. Csak száraz, nedvességtől teljesen elzárt helyen tárolhatók, mivel minimális nedvesség hatására is alakváltozást szenvednek, szerkezetük megváltozhat.

- Szakemberképzés. Az általam elvégzett felmérések és tréningek eredményei egyértelműen rámutatnak arra, hogy megfelelő felkészültségű szakemberek nélkül elképzelhetetlen az energetikai termelés meghonosítása Magyarországon. Az ide vonatkozó szakirodalom magyar nyelven való hozzáférhetőségét mind mezőgazdasági, vidékfejlesztési, mind műszaki, gazdasági vonalon biztosítani kell. Hiábavaló a próbálkozás akkor, ha csak egy-egy szegmens emelünk ki a témakörön belül, mivel a kérdéskör komplexitása miatt, ez csak az egységes, és minden lehetőségre kiterjedő megoldások révén kezelhető.
- Műszaki háttér kialakítása. Ebből a szempontból hazánk igen szerencsés helyzetben van, mivel a biomassza és az ide tartozó szántóföldi energianövényekből származó energiahordozók kutatása, lényegében csak erre a területre terjed ki. Sok új eredmény született, főleg a növényolajok üzemanyagként vagy tüzelőanyagként való felhasználása vonatkozásában. A brikettálási, pelletálási technológiák illetve a biogáz hasznosítás területén pedig kiemelkedők eredményeink. Azonban kimaradt a kutatásokból a különböző terméstechnológiai eljárások adaptációjának feltérképezése, illetve összehasonlítása a hagyományos módszerekkel.
- Nagyon nagy lehetőség nyílik továbbá a nehézfém szennyezéssel sújtott területek energianövényekkel történő különböző szintű kármentesítésére is. Erre teremtett precedenst a közelmúltban megtörtént sajnálatos természeti katasztrófa, amely a Tisza és Szamos folyókat mérgező, toxikus anyagokkal és nehézfémekkel árasztotta el. A vízi élővilág megsemmisülése mellett, a mezőgazdasági művelés alatt álló területek is hosszú időre alkalmatlanná váltak élelmiszer vagy takarmány előállítására. Azonban ezeken a területeken – minden különösebb nehézség nélkül – lehetőség nyílik növényalapú tüzelőanyag előállítására.

Összességében tehát kijelenthető, a mezőgazdaság és az energiaellátás korszerűsítését Magyarországon, az energianövény-termelés nagyban elősegítheti, továbbá jelentősége a környezetgazdálkodásban is számottevő lehet. Mindezek mellett azonban az is nyilvánvalóvá vált számomra, hogy igazán komoly eredmények – a témakör összetettségéből adódóan – csak a növénytermesztési, műszaki, gazdasági, gazdaságpolitikai szakemberek szoros együttműködése esetén érhető csak el.

5. Felhasznált irodalom

- Anon, G. (1996) Miscanthus-Its Future as a UK Crop. Proceedings of a 1-day meeting of the Institution of Agricultural Engineers, 1996. Silsoe, UK
- Antal, J. (2000a) Burgonya. In: *Növénytermesztők zsebkönyve*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest p. 121-123.
- Antal, J. (2000b) Cukorrépa. In: *Növénytermesztők zsebkönyve*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 137-140.
- Antal, J. (2000c) Csicsóka. In: *Növénytermesztők zsebkönyve*, Mezőgazdasági Kiadó Budapest p. 136.
- Antal, J. (2000d) Napraforgó. In: *Növénytermesztők zsebkönyve*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 192-194.
- Antal, J. (2000e) Szója. In: *Növénytermesztők zsebkönyve*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 159-160.
- Aso, T. (1977) Studies on the germination of seeds of *Miscanthus sinensis* Anderss. Scientific report, Yokohama National University, Section II, Biological and Geological Science 23, 27-37.
- Ángyán, J. – Menyhért, Z. (1997) Alkalmazkodó növénytermesztés, ésszerű környezetgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, p. 147-185.
- Badler, W., – Kohout, L. (1980) Fuzzy power sets and Fuzzy implication operators, *Fuzzy Sets and Systems* 4:13-30.
- Baert, J.R.A. (1991) Cultivation and breeding of root chicory for inulin production. Proc. 1st Europ. Sym. Industrial Crops and Products, Maastricht, Netherlands
- Baert, J.R.A. (1993) The potential of inulin chicory as an alternative high income crop. Proc. of EC workshop on the production and impact of specialist minor crops in the rural community. Brussels, Belgium
- Balletti, A. – Petrini, C. (1991) Varietal experimentation on sweet sorghum: result of seven years of trials in different localities of emilia romagna region. In: *Biomass for energy, Industry and Environment*, 6th E.C. Conference, Athen
- Barcsák, Z. – Baskay-Tóth, B. – Prieger, K. (1978) Gyeptermesztés és –hasznosítás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 88-90.
- Barótfi, I. (1996) Alternatív energetika II., Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Környezet és Tájgazdálkodási Szak, Gödöllő, p. 53-61.
- Barótfi, I. (1998) A biomassza energetikai hasznosítása. In: *Energiagazdálkodási sorozat* (9), Energiaközpont Kht., Budapest, p. 24.
- Bartolelli, V. – Mutinati, G. (1992) Economic convenience of vegetable oils as combustible. In: *Biomass for Energy and Industry*, 7th E.C. Conference, Florence.
- Beke, J. – Vas, A. (1995) Hőtechnika a mezőgazdaságban és az élelmiszeriparban. Tankönyvkiadó, Budapest, 1995
- Bellido, L.P. (1984) World Report on Lupin. Proc 3rd Intern. Lupine Conf. La Rochelle, France, p. 466-487.
- Biewinga, E.E. – van der Bijl, G. (1996) Sustainability of Energy Crops in Europe. Centre for Agriculture and Environment. Netherlands, Utrecht p. 50-55.
- Blaschek, H.P. (1995) Recent Developments in the ABE fermentation. Workshop on Energy from Biomass and Wastes. Dublin Castle, Ireland p. 28.
- Bodson, J.C., Mahieu, J., Chapelle J. et al. (1991) Incidence of cultural methods on the extension and on the yields of sweet sorghum in European high latitudes. 6th E.C. Conference, Athen

- Bonari, E., Mazzoncini, M. and Peruzzi, A. (1995) Effects of conventional and minimum tillage on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) in sandy soil. *Soil and Tillage Research* 33:2, p. 91-108.
- Bócsa, I. (1966) A kender. in: *A növénytermesztés kézikönyve II. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest* p. 684-690.
- Bócsa, I. – Manninger, G. (1981) A kender és a rostlen termesztése. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*, p. 111-116.
- Bramm A. – Batz, W. (1988) Topinambur. In: *Industriepflanzenbau: Produktions und Verwendungsalternative, Landwirtschaft und Forsten, Bonn*, p. 28-29.
- Bramm, A. – Batz, W. Eds, (1988) Hanf. in: *Industriepflanzenbau: Produktions- und Verwendungsalternativen, Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn* p.20-21.
- Bridges, T.C. – Smith, E.M. (1979) A Method for Determining the Total Energy Input for Agricultural Practices, *Transaction of the ASAE, Vol. 22., No.04., USA*, p. 781-784.
- Caruthers, S.P. (1998) NF-2000 Item: Crops – Crops for Industry and Energy in Europe, <http://www.nf-2000.org/secure/Crops/F623.htm>
- Christen, O. – Sieling, K. (1995) Effect of different preceding crops rotations on yield of winter oil-seed rape. *Journal of Agronomy and Crop Science – Zeitschrift für Acker und Pflanzenbau* 174(4): p. 265-271.
- Csák, Z. (1966) A burgonya. in: *A növénytermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest* p. 449-451.
- Dambroth, M., (1984) Topinambur-eine Konkurrenz für den Inustriekartoffelanbau? *Der Kartoffelbau*, 5. Jg. 11: 450-453.
- Dhellemmes, C. (1987) Agronomy of chicory. In: *Coffe. Vol.5, Related Beverages, Clarke, R.J. und MacRae, R., Elsevier, London* p. 179-191.
- El Bassam, N. (1994) *Miscanthus* – Stand und Perspektiven in Europa. Forum für Zukunfts-energien – Energetische Nutzung von Biomasse im Konsenz mit Osteuroa, Int. Tagung Marz 1994, Jena p. 201-212.
- El Bassam, N. (1996) Auswirkungen einer Klimaveränderung auf den Anbau von C₄ Pflanzenarten zur Erzeugung von Energieträgern. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 8: p. 159-163.
- El Bassam, N. (1996) Auswirkungen einer Klimaveränderung auf den Anbau von C₄ Pflanzenarten zur Erzeugung von Energieträgern. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 8: p. 169-172.
- El Bassam, N. (1996) Cereals. In: *Renewable Energy, REU Technica Series 46, Roma*, p. 155.
- El Bassam, N. (1996) Renewable energy – Potential energy crops for Europe and Mediterranean region, *FAO, Rome* p. 76.
- El Bassam, N. (1996) Renewable energy – Potential energy crops for Europe and Mediterranean region, *FAO, Rome* p. 164-164.
- El Bassam, N. (1996) Sunflower. In: *Renewable Energy, REU Technica Series 46, Roma*, p. 124-126.
- El Bassam, N. – Dambroth, M. (1992) A concept of energy plant's farm. *Biomass for Energy, Industry and Environment*, 6th E.C. Conference. *Athen* p. 34-41.
- El Bassam, N., Dambroth, M. und Rühl, G. (1987) Die Zuckerhirse – eine neue Rohstoffbasis für die Zuckerindustrie. In: *Landbauforschung Völknerode*, 37. Jahrgang 1987, Heft 4:201-206.
- El Bassam, N., Dambroth, M., and Jacks, I. (1996) The utilization of *Miscanthus sinensis* as an energy and industrial raw material. *Natural Resources and Development*, Vol. 39, p. 85-93.
- Elsbett, K. (1991) Die Elsbett-Motortechnologie. *Symposium Biokraftstoffe für Dieselmotoren. Esslingen.*
- FAO (1997) *Production Year Book 1996. FAO, Rome* p. 27-36.
- Farkas, F. (1993) A növényi olajszármazékokkal működtetett biodízel motorok üzemeltetésének főbb kérdései. *Doktori disszertáció, GATE Gödöllő, 1993*
- Fernandez, J., Curt, M. D. and Martinez, M. (1991) Water use efficiency of *Helianthus tuberosus* L. „Violet de Rennes” grown in drainage lysimeter. In: *Biomass for Energy, Industry and Environment*, 6th E.C. Conference, *Athen*
- Feuerstein, U. (1995) Erzeugung standortgerechter zur Ganzpflanzenverbrennung geeigneter Gräser für die Nutzung als nachwachsende Rohstoffe. *GFP-Project F 46/91 NR-90 NR-026, Deutsche Saatveredelung Lippstadt – Bremen GmbH*
- Feurstein, U. (1995) Erzeugung standortgerechter zur Ganzpflanzenverbrennung geeigneter Gräser für die Nutzung als nachwachsende Rohstoffe. *GFP-Project F 46/91 NR-90, NR-026, Deutsche Saatveredelung Lippstadt – Bremen*

- Fontana, A., – Guiraud, J.P. (1992) Inulin –containing crops: improvement of fermentation economics through co-products valorization. In: Biomass for Energy and Industry, 7 th E.C. Conference, Florence
- Franke, W. (1985) Inulin liefernde Pflanzen. In: *Nutzpflanzenkunde 3 unveränderte Auflage*. Georg Thieme Verlag Stuttgart – New York
- Franke, W. (1985) Inulin liefernde Pflanzen. *Nutzpflanzenkunde*, 3. Auflage, George Thieme Verlag, Stuttgart p. 109-111.
- Gasztonyi, K. (1979) Az élelmiszerkémia alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 377-379.
- Gawel, N., Robacker, C. and Corley, W. (1987) Propagation of *Miscanthus sinensis* through tissue culture, *Hortscience* 22.
- Gibson, J.G. (1986) Hints for propagating ornamental grasses, azaleas and junipers. *American Nurseryman* 164, p. 90-97.
- Goering, C. – Daugherty, M.J. (1982) Energy accounting for eleven vegetable oil fuels. *Transactions of the ASAE*, 25(5): p. 129-1215.
- Graef, M. – Vellguth, G. (1994) Fuel from sugar beet and rape seed oil – mass and energy balances for evaluation. In: Biomass for Energy and Environment, Agriculture and Industry, 8th E.C. Conference, Vienna
- Grassi, G. – Bridgewater, T. (1992) Biomass for energy and environment, agriculture and industry in Europe, A strategy for the future. Commission of the European Communities, Directorate General for Science Research and Development, Luxemburg p. 58-59.
- Grassi, G., Moncada P. and Zibetta, H. (1992) Sweet Sorghum. Commission of the European Communities, Brussels, p. 69.
- Gross (1993) „Warum der 00-Raps so interessant für uns ist...“. Arbeitsheft. Verband Deutscher Oelmühlen, Bonn
- Guiraud, J.P. (1983) Inulin hydrolysis by an immobilized yeast-cell reaktor. *Enzyme Microb. Technol.* 5, p. 185-90.
- Haase, E. (1988) Pflanzen reinigen Schwermetallböden. *Umwelt*, 7-8: p. 342-344.
- Heath, M.C. – Bullard, M.J. et al. (1994) A comparison of the production and economics of biomass crops for use in agricultural or set-aside land. *Aspects of applied biology* 40, p. 505-515.
- Herger, G., Kowalewski, A. und Güttler, J. (1990) Untersuchungen über die Möglichkeiten eines feldmabigen Anbaus von Knöterich-Arten mit fungiziden und insektiziden Eigenschaften und Entwicklung von Anbau-, Pflege-, Ernte- und Aufbereitungsverfahren. Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Darmstadt
- Hoffman, G. (1993) Der Anbau von Topinambur: Alternative oder botanische „Kuriösität“? *Neue Landwirtschaft* 12/93. Bonn
- Hoffmann, W., Mudra, A. and Plarre, W. (1985) Lupinen in: *Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen*, Bd. 2. Parley, Berlin, p. 185-196.
- Hondelmann, W. (1996) Die Lupine – Geschichte und Evolution einer Kulturpflanze. *Landbauforschung Völkenrode*, Sonderheft p.162.
- Honemeier, B., Adam, L., Gottwald, R., Haas, F., Nilson, J. (1993) Ölfrüchte – Empfehlungen zum Anbau in Brandenburg. Druckhaus Schmergow GmbH, Potsdam
- Höppner, F. – Menge-Harmann, U. (1994) Anbauversuche zur Stickstoffdüngung und Bestandesdichte von Faserhanf. *Landbauforschung Völkenrode*, 44. Jahrgang 1944, Heft 4, p. 314-324.
- Hsu, F.H. (1988) Effects of water stress on germination and seedling growth of *Miscanthus*. *Journal of Taiwan Lifestock Research* 21, p. 37-52.
- I'só, István (1966) A csicsóka. In: *A növénytermesztés kézikönyve I.*, Mezőgazdasági Kiadó Budapest p. 509-511.
- Ingram, L.O., Bothast, R.J., Doran, J.B. Herbert, P. (1995) Genetic Engineering of Bacteria for the Conversion of Lignocellulose to Ethanol. Workshop on Energy from Biomass and Wastes. Dublin Castle, Ireland p. 17.
- ITABIA (1998) Annual report 1997 – Biogas, Conclusions and Recommendations, Roma, Italy, <http://www.energ.polimi.it/ITABIA>
- Iwaki, H., Midorikawa, B. and Hogetsu, H. (1964) Studies on the productivity and nutrient element circulation in Kirigamine grassland, Central Japan. II. Seasonal Change in standing crop. *Bot. Mag. Tokyo* 77: p. 918.

- Janiak, B. (1996) Giant knotweed. Potential energy crops for Europe. FAO REU Technical Series 46. 1996, Rome p. 64-66.
- Janovszki, J. (1995) Zöld pántlikafű. In: *Szarvasi fűfajták*. Öntözési Kutató Intézet, Szarvas p. 24-26.
- Jozsa, L. (1982) The effect of nutrient supply on the productivity of Sudangrass and Sorghum. Sorghum Newsletter, 25 London
- , L. (1981) Kukoricatermesztés szilázsnak. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest p. 55-57.
- Kajdi, F. – Udvardi, P. (1998) A szója fajták mennyiségi és minőségi tulajdonságainak változásai különböző termesztéstechnológiai beavatkozások eredményeként. Keszthely, Pannon Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar, Georgikon Napok PATE 1998
- Karus, M. – Leson, G. (1995) Nova-Institute, Cologne Germany. cited in: *Textilforum* 2/95, p. 26.
- Kevey, B. (1987): Adatok Magyarország flórájának és vegetációjának ismeretéhez IV. – Botanikai Közlemények 74: 93-100.
- Kilpatrick, J.B., Heath, M.C., Speller, C.S. (1994) Establishment, growth and dry matter yield of *Miscanthus sacchariflorus* over two years under UK conditions. COST Workshop.
- Kiss A. S., Galbács Z., Galbács G., Belea A. (1998) A rozs és árpa magvak ásványi összetételének fajonkénti változása Study of mineral composition of rye and barley species Proc. The 3rd Symposium on Analytical and Environmental Problems, SZAB, Szeged, p. 119-122.
- Knoblauch, F., Tychsen, K. and Kjeldsen, J.(1991) *Miscanthus sinensis giganteus*. Landsrug Gron Viden 85, p. 6. Danish Research Service for Plant and Soil Science, Institute of Landscape Plants, Hornum, Denmark
- Kocsis, K. (1988) International collaboration for decentralized energy supply of rural areas, in: *International Agrophysics* 4 (3), Kluwer Academic Publisher, Budapest, p. 263-284.
- Kocsis, K. (1995) Környezetbarát energiatermelés és felhasználás az agrárgazdaságban, „Agro-21” Füzetek, 1995/6.szám. Gödöllő, p. 10-19.
- Kolb, W., Hotz, A. and Kuhn, W. (1990) Investigation relating to the productivity of perennial grasses for the production of energy and raw materials. Rasen-Turf-Gazon 4, p. 75-79. Inst. Of Viticulture and Horticulture, Würzburg
- Kowalewski, A. – Herger, G. (1992) Investigations about the occurrence and chemical nature of the resistance inducing factor in the extract of *Reynoutria sachalinensis*. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, 57/2b, p. 449-456.
- Kusterer, B. – Wurth, W. (1995) Ergebnisse der Landessortenversuche mit ausdauernden Gräsern 1994. Information für die Pflanzenproduktion – Forchheim p. 34-36.
- Láng István (1985) A biomassa hasznosításának lehetőségei, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 10-15.
- Láng István (1984) A Biológiai eredetű anyagok (biomassa) hasznosításának távlati lehetőségei, Komplex Bizottság jelentése – MTA, Budapest p. 120-122.
- Larson, E.D. – Williams, R.H. (1995) Biomass Plantation Energy Systems and Sustainable Development. In: *Energy as an Instrument for Socio-Economic Development*. New York p. 91-106.
- Lechtenberg, V.L., Jonhson, K.D., Moore, K.J. (1981) Management of coolseason grasses for biomass production. Agronomy Abstracts. 73rd annual meeting, American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA
- Lawson, P. (1995) Firs Year Report AIR3-CT1671 – Integrating Energy Crops with Niche Energy Markets in Rural Areas. Energy Technology Support Unit, Oxfordshire, p. 137.
- Marosvölgyi, B. – Berze, Gy. (1994) Die energetische Verwertung von forstlicher Biomasse in Ungarn. In: Environmental Aspects of Production and Conversion of Biomass for Energy, REUR Technical Series 38. Freising, Germany, p. 198-200.
- Marosvölgyi, B., Kovács, J., Kürtösi, A. (1999) A biomassa energetikai hasznosításának lehetőségei, XXIII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, MTA-Agrár-Műszaki Szakbizottság, Gödöllő, p.18.
- Mastrolilli, M., Katerji, N., Defilippis, R. (1992) Sweet sorghum biomass productivity in the Mediterranean area. In: *Biomass for Energy and Industry*, 7th E.C. Conference, Florence
- Mediavilla, V., Lehmann, J., Meister, E., Hopt, I. (1995) Energiegras/Feldholz – Energiegras. Jahresbericht 1995. Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern.
- Meijer, W.J. – Mathijssen, E.W. (1991) Inulineproductie via aardpeer of cichorei. In: *Agrobiologische Thema's CABO-DLO*. Deel 4: Gewasdiversifikatie en Agrificatie. Hrsg.: Meijer und Vertregt. Vageningen, Netherlands.

- Meijer, W.J., Vanderwerf, H.M., Mathijssen, E. (1996) Constraints to dry matter production in fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). *European Journal of Agronomy*, 4(1): p. 109-117.
- Moncada, P. (1992) Biomass projects in Europe. In: *Biomass for Energy and Industry*, 7th E.C. Conference, Florence Italy
- Morozov, V.L. (1979) Productivity of tall herbaceous vegetation in the Far East. *Izvest. Sibir. Otd. Akad. Nauk SSSR, Ser. Biol. Nauk.* 2: p. 32-39. In: *Walter, H.* 1981. Über höchstwerte der produktion von natürlichen Pflanzenbeständen in N.O. *Asien Vegetatio* 44, p. 37-41.
- Moyer, J., Sweeney, D. and Lamond, R. (1995) Response of tall fescue to fertilizer placement at different levels of phosphorus, potassium, and soil pH. *Journal of Plant Nutrition*, 18(4): p. 729-746.
- Muellerwarrant, G.W., Young, W. and Mellbye, M.E. (1995) Residue removal method and herbicides for tall fescue seed production. 2. Crop tolerance. *Agronomy Journal*, 87(3): p. 558-562.
- Nelson, P. (1993) The development of the Lupin industry in Western Australia. *Proc. VII. International Conference*, Evora, Portugal, p. 187.
- Nielson, P.N. (1987) Vegetative propagation of *Miscanthus sinensis giganteus*. *Tidssk Planteavl* 91, p. 361-368.
- Nitske, W.R. – Wilson, C.M. (1965) Rudolph Diesel, pioneer of the age of power. *Univ. of Oklahoma Press* p. 122-123.
- Numata, M. (1975) Ecological Studies In Japanese Grasslands with Special Reference to the IBP Areas – Tokio JIBP Synthesis 13, p. 268
- Oegema, T. – Posma, G. (1994) Rapportage Analyse Biodiesel (Report on Analysis of Biodiesel). Institute of Environmental and System Analysis (IMSA) Amsterdam, p. 34-40.
- Olsson, R. (1994) A new concept for canary grass production and its combined processing to energy and pulp. In: *Pira Int./Silsoe Research Institute Joint Conference*, Non-wood fibres for industry, Bedfordshire United Kingdom
- Ortiz-Canavate (1994) Technical application of existing biofuels. In: *Application of Biologically Derived Products as Fuels or Additives in Combustion Engines*. Directorate-General XII, Science, Research and Development. EUR 15647 EN. p. 1-20, 52-67.
- Pahkala, K.A., Mela, T.J. and Laamanen, L. (1994) Mineral composition and pulping characteristics of several field crops cultivated in Finland. In: *Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry*, 8th E.C. Conference, Vienna
- Palz, W. (1995) Future options for biomass in Europe. *Workshop on Energy from Biomass and Waste*, Dublin Castle, Ireland p.2.
- Pecznik, P. (1999) Decreasing polluting flue gases emission by working out quality control systems of biofuels. *Small-Scale Biomass Burning International Seminar Hungary, Gödöllő*, p. 103.
- Pernkopf, J., Schrotmaier, J., and Wörgetter, M. (1988) Plant oil as fuel. A preliminary evaluation. *ÖKL Colloquium 1988*. p. 44-48.
- Pignatelli, V. – Barontini, P. (1992) Industrial valorization of agricultural biomass In: *Biomass for Energy and Industry and Environment*, 6th E.C. Conference, Athens
- Pimentel, D. (1983) Food Production and Energy Crisis, *Science*, Vol.182., USA p. 443-449.
- Plarre, W. (1989) *Lupinus ssp.* In: *Rehm, S. (Hrsg.): Spezieller Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen*. Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern, 2. Aufl., Bd 4. Ulmer, Stuttgart
- Poitrat, E. (1994) Energy balance of bioethanol and rape seed methyl ester. In: *Biomass for Energy and Environment, Agriculture and Industry*, 8th E.C. Conference, Vienna
- Rehm, S. – Espig, G. (1991) *The cultivated plants of the tropic and subtropics*. Verlag Joseph Margraf, Priese GmbH, Berlin p. 132-145.
- Rottmann-Meyer, L. and Schindler, R. (1995) *Nachwachsende Rohstoffe – Möglichkeiten und Chancen für den Industrie- und Energiepflanzenanbau*. 2.Auflage Landwirtschaftskammer, Hannover
- Ruiz-Altisent, M. (1994) Biofuels-application of biologically derived products as fuels or additives in combustion engines. Directorate-General XII, Science, Research and Development. EUR 15647 EN. p. 185.
- Rutherford, L. – Heath, M.C. (1992) The Potential of *Miscanthus* as a Fuel Crop. *Energy Technology Support Unit*, Harwell, Oxford, UK p. 125.
- Ruzsányi, L. (1990) A cukorrépa vízigénye és az öntözés hatása. *Növénytermelés*, 39.5. p. 423-429.
- Ruzsányi, L. (1992a) A kender. in: *Szántóföldi növénytermesztés*, Mezőgazda Kiadó, Budapest p. 676-690.

- Sági, F. (1998) Mezőgazdaságunk útja az Európai Unióba című témadokumentációs füzetek, 1. Füzet, 1988 Budapest
- Sator, C. (1979) Lupinenanbau zur Körnerproduktion unter besonderer Berücksichtigung der Gelben Lupine. Garten Organisch 3/79, p.74-77.
- Schuster, W.H. (1989) Sojabohne. In: *Rehm, S.: Spezieller Pflanzenbau in den Tropen and Subtropen*. Handbuch der Landwirtschaft, 2. Aufl., Bd. 4., Ulmer, Stuttgart
- Shakir, S. (1996) Flash pyrolysis: a technology to produce biofuels from *Miscanthus*. RENTEC – Technische Mitteilung p. 2-14.
- Shittenhelm, S. (1987) Topinambur – eine Pflanze mit Zukunft. Lohnunternehmer Jahrbuch 1987, p. 169-174.
- Sipila, K. (1994) Research into thermochemical conversion of biomass into fuels, chemicals and fibres. In: *Biomass for Energy and Environment*, Agriculture and Industry, 8th E.C. Conference, Vienna p. 113-115.
- Sipos, S. (1978) Vetésforgó és vetésváltás. In: *Földműveléstan*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 267-270.
- Soest van, L.J.M. Mastebroek, H.D. and de Meijer, E.P.M. (1993) Genetic resources and breeding: a necessity for the success of industrial crops. *Industrial Crops and Products*, Bruxelles 1: p. 283-288.
- Stout, B. A. (1981) Energy for the World Agriculture, FAO Agricultural Series, No.7. FAO, Rome, Italy p. 5-35.
- Sutor, P., Sturm, M., Hotz, A., Kolb, W. (1991) Anbau von *Miscanthus sinensis giganteus*. Germany Technical University, Sub Heft 8/91. Seite III. 10. Munich
- The Liquefied Biofuels Newsletter (1997) Information from the IEA-BA „Liquefied Biofuels Activity”. Weiselburg 2: p. 1-20.
- The Liquefied Biofuels Newsletter. (1997) BLT, Wieselburg, Austria. Vol.2.
- Thyll, S. (1996) Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 137-140.
- Van Soest, L.J., Mastebroek, H.D. and de Meijer, E.P. (1993) Genetic resources and breeding: a necessity for the success of industrial crops. *Industrial Crops and Products*, 1, p. 283-288.
- Vas, A. – Gergely, Z. (1998) A hidegen sajtolt repceolaj komplex felhasználása. Mezőgazdasági Technika, XXXIX. évf. Gödöllő
- Vellguth, G. (1991) Energetische Nutzung von Rapsöl und Rapsölmethylester. Dokumentation Nachwachsende Rohstoffe, FAL p. 17-21.
- Venturi, P., Huisman W. and Molenaar, J (1998) Mechanization and cost of primary production chains for *Miscanthus giganteus* in the Netherlands. *Agr. Eng. Research*, p. 209-215.
- Vetter, A. – Wurl, G. (1994) Möglichkeiten der Nutzung von Topinambur und weiteren Pflanzenarten als Festbrennstoff. In: Workshop on Environmental Aspects of Production and Conversion of Biomass for Energy. REUR Technical Series 38. p. 43-53.
- Villax, E. J. (1963) La Culture des Plantes Fourragères dans la région Méditerranéenne Occidentale. Inst. Nat. Rech. Agron., Rabat p. 110.
- Weiss, E.A. (1983) Oilseed crops. Longman, London, p. 86-124.
- Williams, R.H., Larson, E.D., Katofsky, R.E. (1995) Methanol and hydrogen from biomass for transportation, with comparisons to methanol and hydrogen from natural gas and coal. The Centre for Energy and Environmental Studies, Princeton Univ. p. 46-47.
- Wymazal, J. (1995) Constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic – State of the Art. *Water Science and Technology*, 32(3): p. 357-364.
- Yamasaki, S. (1981) Effect of water level on the development of rhizomes of three hygrophytes. *Japanese Journal of Ecology* 31, Tokyo, p. 353-359.
- Zadeh, L. A. (1975) „The calculus of Fuzzy restrictions”, in *Fuzzy sets and Applications To Cognitive and Decision Making Processes*, Academic Press, New York, p. 1-39.
- Zauner, E. – Kützel, U. (1986) Methane production from ensiled plant material. *Biomass* 10. Forcheim, p. 207-223.