

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR
KÖRNYEZET- ÉS FÖLDTUDOMÁNYI INTÉZET
TERMŐHELYISMERETTANI TANSZÉK

**TÁPANYAG-KÖRFORGALOM ÉS –UTÁNPÓTLÁS VIZSGÁLATA FÁS SZÁRÚ
ENERGETIKAI ÜLTETVÉNYBEN A KELET-CSERHÁTI ERDÉSZET TERÜLETÉN**

KÉSZÍTETTE: SZABÓ ORSOLYA
ERDŐMÉRNÖK HALLGATÓ

TÉMAVEZETŐK: DR. HEIL BÁLINT
DR. KOVÁCS GÁBOR

SOPRON
2011.

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS	- 3 -
IRODALMI ÁTTEKINTÉS	- 5 -
FÁS SZÁRÚ ENERGETIKAI ÜLTETVÉNYEK JELENTŐSÉGE.....	- 5 -
A FAHAMU, MINT TERMÉSZETES EREDETŰ TÁPANYAG - UTÁNPÓTLÓ ANYAG	- 6 -
TÁPANYAG-GAZDÁLKODÁS	- 8 -
LEVÉLFELÜLETI INDEX	- 9 -
ANYAG ÉS MÓDSZER	- 11 -
TÁPANYAG UTÁNPÓTLÁS ÉRTÉKELÉSE	- 12 -
VIZSGÁLATBA VONT FAJOK/FAJTÁK JELLEMZÉSE	- 14 -
VIZSGÁLATI MÓDSZEREK	- 16 -
EREDMÉNYEK	- 18 -
A DEJTÁRI KÍSÉRLETI TERÜLET TERMŐHELYI VISZONYAINAK JELLEMZÉSE	- 18 -
METEOROLÓGIAI ADATOK	- 28 -
EREDÉS VIZSGÁLAT	- 29 -
TÁPANYAGVIZSGÁLAT	- 30 -
LEVÉLFELÜLETI INDEX	- 32 -
DENDROMETRIAI MÉRÉSEK	- 35 -
KUTATÁSI IRÁNYOK	- 36 -
KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	- 38 -
ÖSSZEFOGLALÁS	- 39 -
SUMMARY	- 40 -
IRODALOMJEGYZÉK	- 41 -
MELLÉKLETEK	- 43 -

Bevezetés

Napjainkban a világ folyamatosan növvő energiaigénye, a gazdasági és energiapiaci helyzet, a fosszilis energiahordozók készleteinek csökkenése szükségessé tette, hogy globális szinten is kiemelt feladatként kell kezelni a megújuló energiahordozók használatát. Ezen problémákra kínál lehetséges megoldást a dendromassza alapú energianyerés. [17.]

A biomassa-tüzelésű hőerőművek, apríték tüzelésű berendezések illetve a pelletelőállítás alapanyagigénye következtében a jövőben a szükséges nyersanyagok jelentős részét - az erdőgazdálkodásból származó fakihozatal mellett – a rövid vágásfordulójú fatermesztésnek kell előállítania. [7.]

Hazánkban ez idáig mintegy 3.700 ha energetikai célú fás szárú ültetvény valósult meg többkevesebb sikerrel. Mivel szinte minden tekintetben újszerűnek ítéltjük meg ezt a termesztés technológiát, így rengeteg kutatást indítottak útjára. [6.]

A feltételezések szerint Magyarországon a fás növények nagyobb mennyiségű biomassa produkciójának limitáló faktora a talaj tápanyag-ellátottsága, illetve a csapadék. [4.] Fontos meghatározni ezen területek mikro- és makro-tápelemeinek körforgalmát, melyek ismeretében megtudjuk a hozamra befolyással bíró elemeket és azok hatásának mértékét. Az eredmények már alapját képezhetik az egyes fafajokra, fajtákra tápanyagigény-receptek készítésének. Az elemzések eredménye alapján kidolgozásra kerül a vizsgált fafaj/fajtákra vonatkozó korszerű tápanyag-utánpótlási technológia. [6.]

A hagyományos erdőgazdálkodási gyakorlatban csak igen szerény, szűk keretek között történik tápanyag utánpótlás, holott ez Európa számos országában már az alkalmazott termesztéstechnológia szerves részét képezi.

A rövid vágásfordulójú faültetvények tápanyag-igénye termőhelytől függően jelentős eltéréseket mutathat. Ez abból adódik, hogy 2-3 évente nagy mennyiségű fatömeg - ásványi anyagokkal együtt - kerül kitermelésre az adott területről. Ezt a kívánt hozam elérése érdekében pótolni kell. [18.]

A tápanyag utánpótlásnak számos módja ismert, ezek elsősorban a termőhelyi adottságoktól, a növényfajoktól és a termesztéstechnológiától függenek. Ilyenek a melioratív meszezés és/vagy fahamu kijuttatása savanyú termőhelyeken, a szerves trágyák hiányában a szennyvíziszap/szennyvíziszap-komposzt alkalmazása.

A fahamu, igen gazdag, számos a növények számára fontos tápanyagban. Erősen lúgos kémiai tulajdonságainak köszönhetően alkalmas savanyú kémhatású talajok melioratív kezelésére.

Mivel a jelentős mikro- és makrotápelemekkel ellentétben nitrogént nem tartalmaz, így azt szerves trágyával javasolt pótolni.

Kutatásunkban vizsgáljuk az energetikai célú faültetvények tápanyag-körforgalmát, majd a szükséges tápanyag-utánpótlás technológiai lépéseit, ill. hatását a talajra és a növényzetre. Mivel a fahamu kis mértékben tartalmaz csak nitrogént, ezért az elemarányok megtartása végett ennek kiegészítése szerves trágyával történik.

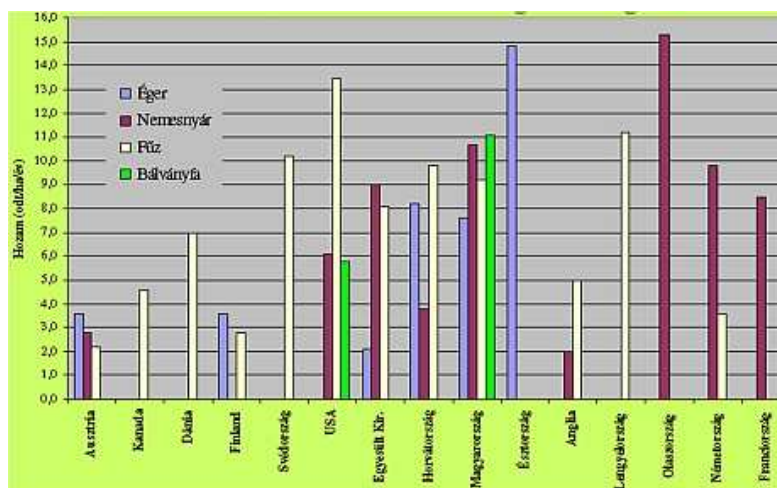
Célunk, hogy a kutatási eredmények felhasználásával, elemzésével meghatározzuk a gyakorlatban alkalmazható természetes anyagokkal történő tápanyag utánpótlás technológiáját, és felmérjük a hozamra gyakorolt hatását.

Javaslatot teszünk a hagyományos erdőgazdálkodás, az ültetvényes faanyagtermesztés és energetikai célú, rövid vágásfordulójú ültetvények területén történő alkalmazásokra.

Irodalmi áttekintés

Az energetikai faültetvények olyan telepített célültetvények, melyek elsődleges célja a gyors és nagy mennyiségű dendromassza-termelés és az energetikai felhasználás. [4.]

A rövid vágásfordulójú apríték- és faanyagtermelés a mezőgazdasági növénytermesztés egy speciális ágazata: választott fafajokkal/fajtákkal - többnyire mezőgazdaságilag hasznosított területeken - folytatott sarjerdő gazdálkodást jelent. A nagy fahozam eredményeképpen körülbelül három évenkénti betakarításból származó apríték különböző fűtőművekben kerül felhasználásra. [21.]



1. ábra: Rövid vágásfordulójú faültetvények hozamai [13.]

Maximális használata - termőhelytől függően - durván 30 év, az utolsó betakarítást követően az állományt teljes mértékben fel kell számolni.

Az erdőgazdálkodási tevékenységekhez képest itt betakarításkor a törzsek száma nagyobb, viszont a tö-, illetve mellmagassági átmérő, valamint az egyes törzsek fatömege lényegesen kisebb. [7.]

Fás szárú energetikai ültetvények jelentősége

A nemzetgazdasági célkitűzések elérésének biztosításához kiemelt kormányzati törekvésként jelenik meg az Új Széchenyi Terv Zöldgazdaság-fejlesztés című fejezetében a mező- és erdőgazdasági eredetű megújuló energiaforrások hatékony felhasználásának növelése, a hazai energiaellátás biztonságának fokozása és forrásainak elérhetősége. Ezen túl

a fenntartható fejlődés és a fosszilis energiaforrások kiváltása, a környezet- és természetvédelem szempontjainak figyelembevételével.

A 2011. január 6-án elfogadott Nemzeti Cselekvési Terv szerint a kormány a rendelkezésére álló eszközökkel nemcsak az alapanyag-termelést, hanem azok termelők által történő elsődleges feldolgozását, a helyben történő felhasználást is ösztönözni kívánja. Az országos szintű megújuló energiaforrás felhasználás (közepes és nagyobb villamos erőművek) mellett kiemelten fontos a helyi, lokális alkalmazások (önkormányzatok és intézményeik) elterjesztése. [8.]

A növekvő megújuló energia igények kielégítéséhez 2020-ig becslések szerint évi 7,8 – 8 millió tonna/év biomassa mennyiség szükséges. Ennek előteremtéséhez a jelenlegi erdőállományokra, új erdőtelepítésekre, az ezekből kikerülő tűzifára, mezőgazdasági melléktermékekre, lágyszárú energianövényekre és fás szárú energiaültetvényekre, melléktermékekre és hulladékokra kell támaszkodni. Ennek a mennyiségnek a jelentős része Magyarország állami- és magánerdőiben rendelkezésre áll, jelenleg évente 2,5-3 millió tonna erdei fát hasznosítunk erőműi és lakossági energiatermelésre. [20.]

Átlagos családi ház	2600	m ³ földgáz/év
Földgáz fűtőértéke	34	MJ/m ³
Energiafogyasztás	88400	MJ/év
Földgáz egységára	3,216	Ft/MJ + ÁFA
Éves földgáz költség	284295	Ft + ÁFA
Tervezési hozam	10	atro tonna/ha/é
Fa fűtőértéke	18500	MJ/atro tonna
Energia termelés	185000	MJ/év/ha
Családi házak száma	2	db
Gázkiváltás értéke	594 960	Ft/év + ÁFA

2. ábra: Mire elég 1 ha nyár ültetvény? [13.]

A fahamu, mint természetes eredetű tápanyag - utánpótló anyag

A fatüzeléssel és a mezőgazdasági termények betakarításával jelentős mennyiségű tápanyagot vonunk ki ökoszisztémáinkból. A fahamu alkalmazásával ezeket juttathatjuk vissza, biztosítva a termőföld fenntartható hasznosítását.

A fenntartható gazdálkodás szellemében a hamuban található értékes tápanyagokat kívánatos visszajuttatni a természetes elemkörforgalmakba a gazdálkodás során. Kémiai tulajdonságainak köszönhetően alkalmas savanyú kémhatású talajok melioratív kezelésére.

A biomassza égetés során az éghető alkotórészek – szén, hidrogén és a hidrogénvegyületek – elégnék, ellenben a nem éghető anyagokkal, amik mineralizálódott alkotóelemek, és ezek visszamaradnak a hamuban. Az égés minőségétől és a nehézfém csapadéktól függően változik a hamu károsanyag-tartalma. A faanyagban a biokémiai folyamatok valamint, a környezeti hatások eredményeképpen szervesetlen anyagok is találhatóak.

A fahamu fő összetevői: a kalcium, a kálium és a magnézium vegyületei. A kalcium mennyisége a száraz fára számítva 800-1100 ppm érték körül mozog, a káliumé 200-1000 ppm, a magnéziumé pedig 100-200 ppm között várható. [13.]

A többi elem koncentrációja 50 ppm alatt van a fa anyagában, ezért nyomelemeknek nevezzük őket. A 12 legfontosabb nyomelem a Ba, Al, Fe, Zn, Cu, Ti, Pb, Ni, V, Co, Ag, Mo. A mikroelemek feldúsulását a környezet, beleértve a környezetszennyezés is befolyásolja. [9.] Ezek vízzeloldható állapotban vannak, ezért könnyen felvehetők a növényzet számára. [7.]

Kémhatása erősen lúgos, pH-értéke 10-13 közötti, a termőföldre kiszórva azonban lúgossága nagyon gyorsan kiegyenlítődik, így mértékkel alkalmazva, nem kell tartani a talaj ellúgosodásától. [3.]

Komponens	Összetétel (%)
SiO ₂	31,8
Al ₂ O ₃	28
Fe ₂ O ₃	2,34
CaO	10,53
MgO	9,32
K ₂ O	10,38
Na ₂ O	6,5

1. táblázat: A fahamu kémiai összetétele [24.]

A talajok kémhatása befolyásolja a növények életfolyamatait és a talajban található szervezetek tevékenységét. Az erősen elsavanyodott talajokból fontos tápelemek lúgozódtak, mosódtak ki. Ezen túl a savanyodással a nehézfémek mobilizálódhatnak, és bekerülhetnek a talajoldatba, talajvízbe, valamint a táplálékláncba. A lúgos hamu alkalmazása semleges irányba mozdítja el a talaj kémhatását, így korlátozza, illetve megszünteti a talaj savanyodását. [5.]

Lényeges belátni, hogy a fahamu felhasználásával csökken a biomassza erőművekben keletkező hulladék mennyisége, minimalizálva ezzel a környezeti veszélyeket. A

mezőgazdaságban alkalmazott nagy energia igényű műtrágyák kiváltása további előnyökkel is jár a környezet számára.

A fahamunak és a szerves trágyának együttes alkalmazása során várhatóan a fahamuból gyorsan feltáródó szerves tápanyagok feleslegben lévő része egyből meg is tud kötődni a szerves trágya nagy mennyiségű aktív kötőhelyein, s onnan időben kiegyenlítve, nagyobb arányban hasznosulva juthat végül a talajoldatba, s onnan a növényi gyökerekbe.

A nagyobb pórustérben kedvezőbb feltételeket találnak a talajállatok, így nőhet a mineralizáció sebessége, tehát a szerves anyagokból az elemek ásványi, növények által közvetlenül felvehető állapotba alakulása.

A szerves anyaggal a talajba juttatott tápelemek abszolút mennyiségén felül egyben megnő a talaj adszorpciós képessége is, azaz további tápelem-ionok megkötésére is sor kerülhet a talaj szerves anyagához kapcsolódóan. A nagyobb adszorpciós felület pedig nagyobb puffer kapacitást is jelent, vagyis a talaj ellenállóbb lesz a külső behatásokkal szemben. Különösen jelentős lehet ez a hatás olyan homoktalajok esetében, mint a dejtári kísérleti területé. A trágyázással a talajba jutó nagy adszorpciós felületű szerves anyagok ezért jelentősen javítják a homoktalaj tápanyag- és vízgazdálkodását. A talajok adszorpciós komplexeiben történő változás már középtávon, egy-két éven belül nyomon követhető.

Tápanyag-gazdálkodás

A nyárok tápanyagigénye általában nem túl jelentős, viszont a rövid vágásfordulójú ültetvények esetében más a helyzet. Ha belegondolunk, hogy a 2-3 évente esedékes letermeléssel mekkora mennyiségű fatömeget (tehát ásványi anyagokat is) viszünk el az adott területről, akkor beláthatjuk, hogy a hozamok fenntartása érdekében ezeket pótolnunk kell.

A tápanyagok visszajuttatását a lombhullást követő tárcsázással - november vége, december vagy a kora tavasz - végzünk el. [15.]

A fahamu hatásairól a legtöbb kutatást eddig Skandináviában végezték idáig, de már vannak eredmények Németországból, Svájcól és a balti államokból is.

ezen alapján, ahol a C/N arány több, mint 30, ott alacsony vagy közepes a nitrogén mennyisége. Ilyen esetben a fahamu alkalmazása csökkenti a növekedést, de ahol a N tartalom magas - C/N kevesebb, mint 30 - ott a területre kijuttatott hamu a növekedésre

pozitívan hatott. Ez a hatás különösen érzékelhető fiatalabb erdőkben, mivel azon fák jobban reagálnak a hiányzó tápelemek pótlására. [10.]

Egy amerikai kutatás szerint a csigolyafűz (*Salix purpurea*) hajtások tápanyagtartalma közel hasonlóan mutatkozott a fahamuval kezelt és kontroll parcellákon, viszont az avar tápanyagtartalma jelentősen magasabb volt Ca tekintetében.

Egy közönséges lucfenyő (*Picea abies*) állományban végzett kísérletben a fahamuval kezelt terület fáinak tűleveinek magasabb volt a koncentrációja P, K, és Ca elemekben, viszont ez az eredmény csak öt év mutatkozott.

Vöröslevelű juhar (*Acer rubrum*) csemeték esetében is jelentkezett változás hamuval való tápanyag-utánpótlás során. Megnövekedett a levelek K és Na koncentrációja. [11.]

Levélfelületi index

Egy növényállomány párologtató felületéről a levélfelület nagysága alapján kapjuk a legjobb információt. Értékét a talajfelszín méretéhez viszonyítva adhatjuk meg, és levélfelületi indexnek (LAI = leaf area index) nevezzük. Ez a dimenzió nélküli szám fajonként a fejlettségi állapottól, a termesztés módtól, az állománysűrűségtől, a tápanyag-ellátottságtól, a vízellátottságtól stb. függ. A lombkorona szint intercepciót nagyban befolyásolja a levélfelületi index, mely a növényzet teljes levélfelületének a lefedett területhez viszonyított aránya m^2/m^2 -ben kifejezve. Számításának módja:

$$LAI = T/t$$

- T=levélfelület nagysága (m^2)
- t=a növényállomány alatti tenyészterület nagysága (m^2).

Meghatározására már számos módszer született:

1. *Lenyomatos módszer:* A legősbibb eljárás a levélfelület mérésére. Az eljárás során meg kell rajzolni mm-papírra a leszakított levelek kontúrvonalát és ezen a lenyomaton, kell elvégezni a felület meghatározását.
2. *Számításos módszer:* A mérendő levél alakját be kell azonosítani egy matematikailag könnyen közelíthető geometriai alakzattal, amelynek területét ki tudjuk számítani lineáris paraméterekkel (pl.: szélesség, hosszúság).
3. *Összehasonlítás módszere:* A mérés előtt etalonokat kell használatba venni. Az eljárás során össze kell hasonlítani az etalonnal a meghatározandó felületeket.

4. *Közvetlen meghatározás:* Erre példa Anderson (1981) módszere, mely halszem optikás fényképezőgépet alkalmazott, s az elkészült felvételen kiszámolta az égbolttakarás arányából az erdő LAI-t.
5. *Közvetett módszer:* Ha rendelkezünk sugárzásmérő műszerrel, és ismeretünk van a direkt- és diffúz sugárzás behatolási törvényeiben.
6. *Automatikus levélfelület-mérő alkalmazása:* Egy elektronikusan működő mérőeszközt jelent, amivel pontosan lehet elvégezni a méréseket és nem szükséges leszakítani a leveleket.
7. *Tömegmérési eljárás:* A levél felülete a következő egyenlettel írható le:

$$F=m \times b$$

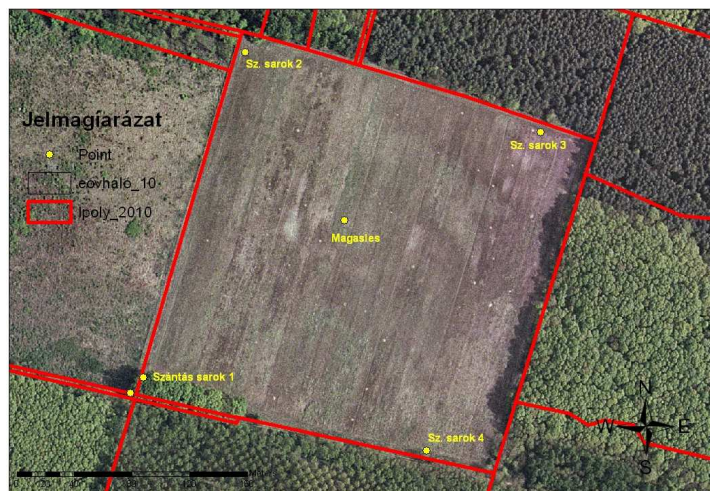
- m = a levél tömege
- b = empirikus együttható.

Általánosságban a magas, idős és örökzöld tűlevelű fajoknak van a legnagyobb, melyet a keményfás lombhullató-, majd a cserje, félcserje és fűfajok követnek. Az erdei fajok LAI értéke általában 5 – 15 közötti, de 40 – 50 közötti értékeket is megfigyeltek idős lucfenyves – erdeifenyves állományokban a Sziklás-hegységbe. [16.]

A megfigyelések azt sugallják, hogy nemesnyár ültetvényeken is egyszerű és általános kapcsolatokat lehet megbecsülni a fiatal, nagy sűrűségű állományok egyes tulajdonságai és levélfelületei között. [2.]

Anyag és módszer

A fentiekben már vázolt kutatási program gyakorlati megvalósítását üzemi kísérleti területen végezzük el. Ehhez az Ipolyerdő Zrt. Dejtári Csemetekertjének 5 ha-os területét vettük igénybe.



3. ábra: Dejtár, kísérleti terület

2011 tavaszán kijelöltük a kísérleti parcellákat latin-négyzet elrendezésben, háromszoros ismétlésben. Az energetikai célú faültetvényeket a gyakorlatban alkalmazott és leginkább bevált technológia alapján kívántuk megvalósítani.

A kísérletben szereplő nemesnyár fajták az AF2, Monviso és Pannonia, amelyek ma a legnagyobb biomassza hozamot adó energetikai ültetvényekre szelektált fajták, valamint a hazai „Dékány” fehér fűz fajta.

Az ültetés hagyományos 25-30 cm nagyságú dugványokkal történt 3 x 0,5 m-es hálózatban. Egyes parcellákban pedig 2 m-es karódugványt 3 x 1 m-es hálózatban telepítettünk. Az ismétlések száma három. Az ültetvény tápanyag-utánpótlása 5 t/ha fahamuval és szerves trágya kiegészítéssel valósult meg.

A kísérleti ültetvény vázrajzát az I. számú melléklet tartalmazza.

A vázrajzon látható kezelésenkénti elrendezési módszert latin négyzetnek nevezik. A latin négyzet egy $n \times n$ -es táblázat, amelynek soraiban és oszlopaiban n különböző elem szerepel oly módon, hogy ezek mindegyike minden sorban és minden oszlopban pontosan egyszer fordul elő. Ez az elrendezés fontos szerepet játszik olyan kísérletek tervezésénél,

amelyekben bizonyos hatások együttes alkalmazásai képezik a vizsgálat tárgyát. Biztosítja az összes lehetséges kombináció kiválasztását és a kísérlet mellékhatásainak kiszűrését.

Kísérletünk esetében az ültetvény ilyen módú kialakítása lehetőséget ad a termőhelyi különbségek kiküszöbölésére, mivel a terület különböző pontjain más talajvízállással találkozunk.

A parcellák egészének latin négyzetes elrendezésére a gépekkel való művelés miatt nem volt lehetőség, így azt csak a kezelésen, ill. kontrollterületen belül alkalmaztuk.

Tápanyag utánpótlás értékelése

A fahamu összetétele és az elemek élettani hatásokra gyakorolt szerepének ismertetése

A hamu területre történő kijuttatásához és az engedélyekhez, szükség van az anyag pontos elemtartalmának ismeretére. A méréseket akkreditált laborban végezték el. Az eredmények a jelenlegi határértékekkel kerülnek összehasonlításra, így világossá válik, hogy a hamu milyen előkészítése szükséges a továbbiakban. A táblázat tartalmazza a legfontosabb elemeket, a hamu származásával pontosított elemtartalmat, illetve a jelenleg érvényben lévő határértékeket.

Minta eredete		Elemtartalom a fahamuban	Határérték 36/2006. FVM
Ca	[%]	24,55	in. 10 0
Mg	[%]	2,06	min. 1,0
Al	[%]	0,83	max. 0,54
K ₂ O	[%]	11,77	min. 4,0
P ₂ O ₅	[%]	2,44	min. 1,0
Cr	[mg/kg]	11	max. 100
Ni	[mg/kg]	44	max. 50
Pb	[mg/kg]	34	max. 100
Co	[mg/kg]	2	max. 50
As	[mg/kg]	0	max. 10
Hg	[mg/kg]	0	max. 1
Cd	[mg/kg]	1	max. 2

2. táblázat: A balassagyarmati Dr. Kenessey Albert Kórház és Rendelőintézet biomassza alapú tüzelőberendezésében keletkező fahamu átlagos összetétele [12.]

A fás szárú ültetvényben alkalmazott szerves trágya jellemzői

A kísérleti területen a fahamuval történő, ásványi tápanyag-utánpótlás kiegészítéseként szerves trágya kijuttatására került sor, hektáronként 40.000 kg mennyiségben. A szerves trágyáknak, mint termésmnövelő anyagoknak a kijuttatásával, tápanyagtartalmi vizsgálatával kapcsolatban a „36/2006. (V. 18.) FVM rendelet a termésmnövelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról”, valamint annak módosítása, a 10/2010. (II. 4.) FVM rendelet ad útmutatást.

Ezen rendeletek alapján a kijuttatott szerves anyag összetételét laboratóriumi mérésekkel meghatároztuk, melyek eredményeit a *II. számú melléklet* táblázata tartalmazza.

A vizsgálatok eredményeinek értékeléséhez figyelembe kell vennünk, hogy a szerves trágya 40 t/ha mennyiségét 2,5 t/ha fahamuval kombináltan juttattuk ki.

A két anyag keverékéből készült tápanyag-utánpótló szer összetétele ezek alapján megfelelőnek tekinthető a vonatkozó törvényi előírásoknak. A szerves anyag tartalom ugyanis ásványi műtrágyánál nem előírás, illetve a Mg és K mennyisége a fahamuval kombináltan szintén teljesíti a törvényi minimum előírásokat.

A dejtári kísérleti terület homoktalaja humuszban szegény, ezért itt a felvehető *nitrogén* mennyisége a növényi növekedést korlátozó tényező. A tápanyag-utánpótlással megnövelhető a felvehető *nitrogén* mennyisége a talajban, ami közvetlenül pozitív hatással jelentkezhet a növényzet növekedésében. A kijuttatott fahamu/szerves trágya keverékben mind a *nitrogén* abszolút mennyisége, mind a C/N arány kedvező, ami várhatóan pozitív hatással lesz az ültetvény kezelt parcelláiban a növények növekedésére.

A kijuttatott *kálium* mennyisége mintegy 310 kg K_2O /ha, ami döntően a fahamuból származik. A kálium megfelelő mennyiségének biztosítása segítheti a növények szénhidrát-anyagcseréjét, a keményítő képzését és lebontását. A kísérleti terület igen nagy lombfelülettel rendelkező nyár fajtáinál különösen jelentős szerepe van a szénhidrátok vándorlásának elősegítésében a növény egyéb részei felé. Ezen kívül a növényi fehérjék képzésében is fontos elemként funkcionál.

A *foszfor* mennyisége a kijuttatott szerves trágyában 73 kg P_2O_5 /ha, ami nagyságrendileg megfelel a gyakorlatban alkalmazott istállótrágya illetve szennyvíziszap kezelések foszfortartalmával. A foszfor szükséges a megfelelő idejű éréshez, növekedéshez, gyökérképződéshez, szárszilárdság kialakulásához, betegség-ellenállósághoz. Előnyösen befolyásolja a növények vízgazdálkodását is, ami a dejtári homoktalajon különösen fontos.

Kalciumból hektáronként mintegy 765 kg-ot tartalmazott a kijuttatott fahamu/szerves trágya keverék. Ennek a mennyiségnek mintegy 80%-a a fahamuból származott. A magas kalciumtartalom azért alapvetően fontos a nagy növekedési erélyű fás energiaültetvény növényeinek táplálásában, mert a Ca^{2+} -ionok felvételét egyes kationok (NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+}) gátolják. Emellett az olyan savanyú talajok esetében, mint a kolloidokban szegény dejtári kísérleti terület homokja, az Al^{3+} , Mn^{2+} és Fe^{3+} toxikus mennyiségének növények általi felvételét a kalcium gátolni képes.

Magnéziumból 79 kg/ha mennyiséget juttattunk ki. A fahamuban mintegy kétszeres mennyiségben volt ez a tápelem, mint a szerves trágyában. A növényzet számára szükséges magnézium mennyiségét a talaj magnézium tartalma alapján önmagában nem meghatározható, mert ezen tápelem hasznosulását több más tényező is befolyásolja. A dejtári kísérleti terület savanyú homoktalajáról általánosan elmondható, hogy a növényi magnézium-háztartás szempontjából e pH-tartomány kedvezőtlen, így a magnéziumnak kombinált trágyázással való kijuttatása várhatóan szintén pozitív hatással lesz a növényi növekedésre.

Látható tehát, hogy a növények által legnagyobb mennyiségben igényelt tápelemek szempontjából a fahamu/szerves trágya keverék igen kedvező összetételűnek számít. Hatására az eredetileg tápanyagban szegény humusztalajon a növények növekedése jelentős mértékben felgyorsulhat a tápanyag-utánpótlással érintett parcellákban.

Vizsgálatba vont fajok/fajták jellemzése

Pannónianyár (Populus x euramericana cv. Pannonia, nőivarú)

Magyarországra Kopeczky Ferenc nyárnemesítőnek köszönhetően került, Sárvára. Egyenes, hengeres törzse villásodásra nem hajlamos. Sima kérge a törzs alján parásodó, gyengén rozsdavörös színű. Keskeny koronája hasonlít az óriásnyáréhoz. Ágai finomak, hegyesszögben állnak a törzshöz. Koronája keskeny, ezért kisebb növőtér is elegendő számára, akár egyéb fafajokkal is jól elegyíthető. Rozsdagombára nem, a barna levélfoltosodásra kissé érzékeny. A kéregfekély és a kései fagyok nem károsítják.

AF2 (Populus x canadensis, hímivarú, 1994)

Olasz származású klón (ALASIA New Clones). Törzsformája egyenes, hengeres, ágai hegyes szögben állnak a törzshöz, különösen a korona csúcsához közel dominánsak. Vegetációs időszaka április elejére esik, és viszonylag későn hullajtja le leveleit teljesen. A talajok fizikai

féleségével szembeni igénye alacsony, homoktalajoktól agyagig mindenhol jól nő. Különösen gyors kezdeti növekedése miatt elsősorban energiaültetvények létesítésére alkalmas, 2 vagy 4-5 éves vágásfordulóval. Rozsdásodással és barna levélfoltosodással szembeni ellenállósága kielégítő, *Marssonina* okozta levélfoltossággal és *Dothichiza populea* okozta kéreg-fekéllyel szemben jó ellenállóképességet mutat.



4. ábra: 2 hónapos AF2 karódugvány

Monviso (Populus x generosa X Populus nigra, nőivarú, 1991)

Olasz származású klón (ALASIA New Clones). Törzse enyhén csavarodott, sok ágat képez, melyek főleg a korona csúcsánál dominánsak. Vegetációs időszaka mintegy másfél két héttel az AF2 után kezdődik, leveleit pedig kb. ugyanennyi idővel hamarabb hullajtja le teljesen. Termőhellyel szemben támasztott igénye alacsonyabb, jól képes alkalmazkodni a tápanyagban szegényebb, gyengébb vízellátottságú talajokhoz. Szintén gyors kezdeti növekedése miatt főleg fás szárú energiaültetvényekben alkalmazható, 2 vagy 5 éves vágásfordulóval. Károsítókkal szembeni ellenálló képessége általánosa kiváló, csak a vértetűvel szemben nevezhető mindössze közepesnek.

Salix alba 'Dékány'

A fajta magyarországi nemesítésű, szakirodalmi leírása jelenleg elég szűkös, a források leginkább közvetlenül a fajta előállítójához vezetnek vissza. Az ő ismertetése alapján a fajta jól tűri a szárazságot, vetélytársaival ellentétben fa alakú és gyors növekedésű. Már az engedélyezett fajták listáján szerepel, így energiaültetvények létesítésére e fajtaival támogatás igényelhető. Faalakúságának köszönhetően 2, vagy 4-6 éves vágásfordulóval is alkalmazható, utóbbi esetben hengeres fa előállítására.



5. ábra: 2 hónapos Fehér fűz „Dékány”

Vizsgálati módszerek

Talajvizsgálat, termőhelyfeltárás

Még az ültetés előtt termőhelyvizsgálatot tartottunk, mi szükséges volt a kijuttatandó tápanyag-utánpótló anyagok mennyiségének, valamint a vízháztartás meghatározásához. A terület 2 pontján talajfúrással vettünk mintákat és végeztünk helyszíni, majd laboratóriumi talajvizsgálatot.

Eredés vizsgálat

Az ültetést követő 2. héten terepbejárást végeztünk a dugványok megeredésének vizsgálatához. 4 kategóriát állítottunk fel: 0 – nem eredt meg, 1 – egészséges rügyek, 2 – kissé megeredt, 3 – teljes eredés. Ezen szempontok alapján minden parcella 2 sorát felvételeztük, majd statisztikailag kiértékeltek.



6. ábra: Terepi eredés vizsgálat

Tápanyagvizsgálat

A meghatározáshoz minden kezelési forma minden egyes parcellájából levélmintákat vettünk, amit szárítószekrényben tároltunk, majd ledaráltunk.

Nitrogén % - a kénsavval roncsolt mintákból titrálással határoztuk meg a nitrogén mennyiségét

Összes foszfor - kénsavas feltárást követően adott hullámhosszon fotométer segítségével állapítjuk meg.

Elemtartalom vizsgálat – Teflonedényes feltárással kapott mintákból atomabszorpciós eljárással meghatározzuk az összes Ca, összes Mg, összes Fe, összes Mn, összes Cu, összes Zn és Na mennyiségét.

Kálium – atomemissziós módszerrel lángfotométer segítségével határozzuk meg. [1.]

Levélfelületi index

Kísérleti területen átlagfák összes levelét begyűjtöttük, ebből bizonyos mennyiséget bescanneltünk. A Pixel Counter nevű program segítségével megmértük a képek fekete képpontjainak területét, majd tömegarányosítással meghatároztuk az átlagfa, majd 1 hektár levélfelületét, végül a dimenzió nélküli index értéket.

Dendrometriai mérések

Folyamatos famagasság, tő- és mellmagassági átmérő mérések, a hosszabbtávú következtetések levonása érdekében.



7. ábra: Terepi felvételezés

Eredmények

A dejtári kísérleti terület termőhelyi viszonyainak jellemzése

A vizsgált mintegy 6 ha-os területen 2 fúrásponthoz vettünk talajmintákat. Elkészítettük a helyszíni leírást, valamint az egyes szintekből vagy rétegekből laboratóriumi vizsgálatok céljára mintát vettünk.

A laboratóriumi vizsgálatokat a Magyar Szabványban rögzítettek alapján végeztük.

A talajvizsgálatok módszere

A laboratóriumba beszállított talajminták elemzését a Magyar Szabványban rögzítettek szerint végeztük:

- pH (H₂O): elektrometriásan, 1 / 2,5 talaj / folyadék arány mellett; szabvány szerint;
- pH (KCl): elektrometriásan, 1 / 2,5 talaj / folyadék arány mellett; szabvány szerint;
- CaCO₃: Scheibler-féle kalciméterrel; szabvány szerint;
- y₁ hidrolitos aciditás: Ca-acetát oldattal készített kirázatból szabvány szerint;
- y₂ kicserélhető aciditás: KCl oldattal készített kirázatból szabvány szerint;
- K_A Arany-féle kötöttségi szám: szabvány szerint;
- H% humusztartalom: nedves égetéssel FAO-módszer szerint.

1. sz. talajszelvény

Talajszelvény helye: Dejtári külső csemetekert

Talajszelvény GPS koordinátái: 48°02.065 É, illetve 019°12.254 K

Tengerszint feletti magasság (GPS mérés alapján): 138 m



8. ábra: 1. sz. talajszelvény

0 – 25 cm A_{sz}-szint, barna színű, gyengén humuszos, homokos szerkezetű, laza, gyökerekkel közepesen átszőtt, homok fizikai féleségű szint, lefelé fokozatos átmenettel;

25 – 50 cm AB-szint, barna színű, gyengén humuszos, homokos szerkezetű, laza, gyökerekkel közepesen átszőtt, homok fizikai féleségű szint, lefelé fokozatos átmenettel;

50 – 80 cm B-szint, sárgásbarna színű, humuszban szegény, homokos szerkezetű, laza, gyökerekkel gyéren átszőtt, homok fizikai féleségű szint, lefelé fokozatos átmenettel;

85 – 120 cm C-szint, sárgásbarna színű, humuszmentes, szerkezet nélküli, laza, gyökérmentes, homok fizikai féleségű, vasrozdákat, vassorsókat tartalmazó szint.

Termőhelymeghatározás módja:
(SZL)

Talajszelvény helyszíni- és laboratóriumi vizsgálata
1

Tengerszint feletti magasság:

-150 m

3

Fekvés:	Sík (SIK)	1
Domborzat:	Sík (SIK)	1
Lejtés:	Sík (SIK)	1
Klíma:	Kocsánytalan-tölgyes-cseres klíma (KTT-CS)	
	3	
Hidrológia:	Időszakos vízhatású (IDŐSZ)	
	4	
Genetikai talajtípus:	Rozsdabarna erdőtalaj (RBE)	
460		
Fizikai talajféleség:	homok (H)	3
Termőréteg teljes vastagsága:	80 cm	
Termőréteg redukált vastagsága:	80 cm közepes mélységű (KMÉ)	3
Humuszforma:	mull	
	-	
Termőhely minősítése:	Természetközeli erdők termőhelye (TTH)	
	1	
Alapkőzet:	Homok (H)	13
Talajvíz mélysége:	120 cm	
Erózió foka:	mentes	1
Talajhiba:	-	
Termőhelytípus változat:	<i>kocsánytalan tölgyes-cseres klímájú, időszakos vízhatású, rozsdabarna erdőtalaj, homok fizikai féleséggel és közepes mélységű termőréteggel</i>	

Talajvizsgálati jegyzőkönyv

1. sz. talajszelvény

s.sz.	szint	Váz	pH		CaCO ₃	össz. só	Fenol.	y ₁	y ₂	K _A	hy	Mechanikai összetétel				Hu- musz	AL-P mg/ 100g talaj	AL-K mg/ 100g talaj
			H ₂ O	KCl								Dh	Fh	I	A			
												%	%	%	%			
1.	0-25	0	6,5	5,4	0	0	0	4,89	0	36	2,43	-	-	-	-	1,1	13,0	6,9
2.	25-50	0	6,3	5,1	0	0	0	5,06	0	31	2,11	-	-	-	-	0,7	17,2	4,3
3.	50-80	0	6,7	6,2	0	0	0	0	0	26	0,75	-	-	-	-	0,2	13,8	4,2
4.	80-120	0	7,1	6,4	3	0	0	-	-	24	0,43	-	-	-	-	-	12,5	5,5

3. táblázat

Vizsgálati módszerek:

pH_(H₂O): elektrometriásan, 1/2,5 talaj/folyadék arány mellett - MSZ-08-0206/2-1978,

pH_(KCl): elektrometriásan, 1/2,5 talaj/folyadék arány mellett - MSZ-08-0206/2-1978,

CaCO₃: Scheibler-féle kalciméterrel, szabvány szerint

Összes só, fenolftalein lúgosság: szabvány szerint

y₁ hidrolitos aciditás, y₂ kicserélhető aciditás: szabvány szerint

K_A% - Arany-féle kötöttség, szabvány szerint

H % - Nedves égetéssel, FAO-módszer szerint, humusztartalom: szén-tartalomból számolva

A terület domborzata sík, de a terület É-i irányban enyhén lejt, a két szélé között mintegy 1 méteres szintkülönbség alakul ki. Az 1. szelvényt a terület alacsonyabb, északi negyedében jelöltük ki, így kb. a terület felét jellemzi.

A talaj vizes oldatban mért kémhatása a teljes vizsgált mélységben semleges volt ($\text{pH}(\text{H}_2\text{O})=6,5-7,1$). A szelvény felső szintjeiben gyenge kilúgozódást tapasztalhatunk. A KCl-os pH értékek határozottan, 1,1-0,7 egységgel alacsonyabbak, ami gyenge rejtett savanyúságra utal. A talaj kémhatása a tápanyagok feltáródása, a tápanyaggazdálkodás szempontjából optimális.

A pH-nak megfelelően a felső talajszintekből a kilúgozás hatására a könnyen oldható sók, így a szénsavas mészsavak is lemosódtak, így már csak 80-120 cm mélységben, a talajvíz feletti kapillárisan telített zónában található mindössze 3% mészsav.

Szódas és összes só nincs jelen a talajszelvényben, szikesedési folyamatoknak nincs jele.

Az Arany-féle kötöttség alapján a talaj fizikai félesége homok. Az ilyen talaj az esővizet gyorsan beereszti, de benne hamar a mélybe szivárog, csak kevés vizet tart vissza. A vízgazdálkodási fokot kevésbé a közép-mély termőréteg, sokkal inkább a talajvíz szintje határozza meg. A talajban a 80 cm mélységtől megjelenő rozsdafoltok, valamint a 100-120 cm-től megjelenő glejes foltok egész évben jól jelzik a magas talajvízszintet, melynek szintje az április végi mintavételkor 120 cm volt. Ez igen kedvező a kísérleti fás szárú energiaültetvény szempontjából.

A talaj mintegy 80 cm mélységig tartalmaz humuszt, de csak kis mennyiségben (1,1-0,2%). A talajművelés következtében a korábbi zárt erdőállomány alatt kialakult humusz a felső 50-60 cm-ben eloszlott, szintje egyenletesen alacsony. A tápanyag-ellátottság a humuszos szint vastagsága és a humusztartalom alapján közepes, ezt megerősítik a további tápanyagvizsgálatok (ld. az alábbiakban).

A talaj AL-oldható P tartalma az egész szelvényben 12,5-17,2 mg/100 g talaj, ez gyengén közepes foszfor-ellátottságot jelez. Az AL-oldható K-tartalom 4,2-6,9 mg/100 g talaj, ami viszont alacsony káliumtartalmat jelent.

Talajhibát a termőrétegben nem találtunk.

2. sz. talajszelvény

Talajszelvény helye: Dejtár külső csemetekert

Talajszelvény GPS koordinátái: 48°01.866 É, illetve 019°12.137 K

Tengerszint feletti magasság (GPS mérés alapján): 139 m



9. ábra: 2. talajszelvény

- | | |
|--------------|--|
| 0 – 25 cm | A _{sz} -szint, szürkésbarna színű, közepesen humuszos, homokos szerkezetű, laza, gyökerekkel közepesen átszőtt, homok fizikai féleségű szint, lefelé fokozatos átmenettel; |
| 25 – 60 cm | AB-szint, világos szürkésbarna színű, gyengén humuszos, homokos szerkezetű, laza, gyökerekkel közepesen átszőtt, homok fizikai féleségű szint, lefelé fokozatos átmenettel; |
| 60 – 110 cm | B ₁ -szint, sárgásbarna színű, humuszmentes, homokos szerkezetű, laza, gyökerekkel gyéren átszőtt, agyagos homok fizikai féleségű szint (kovárványos), lefelé fokozatos átmenettel; |
| 110 – 145 cm | B ₂ -szint, sötétsárga színű, humuszmentes, homokos szerkezetű, laza, gyökerekkel gyéren átszőtt, homokos vályog fizikai féleségű szint, a felület kb. 10%-án vasrozsdákkal, lefelé fokozatos átmenettel; |
| 145 – 200 cm | C-szint, sötétsárga színű, gyengén humuszos, szerkezet nélküli, laza, gyökerekkel gyéren átszőtt, |

homokos vályog fizikai féleségű,
50% vasrozsdat tartalmazó szint.

Termőhelymeghatározás módja: (SZL)	Talajszelvény helyszíni- és laboratóriumi vizsgálata 1	
Tengerszint feletti magasság:	-150 m	3
Fekvés:	Sík (SIK)	1
Domborzat:	Sík (SIK)	1
Lejtés:	Sík (SIK)	1
Klíma:	Kocsánytalan-tölgyes-cseres klíma (KTT-CS) 3	
Hidrológia:	Időszakos vízhatású (IDŐSZ) 4	
Genetikai talajtípus: 470	Kovárványos barna erdőtalaj (KBE)	
Fizikai talajféleség:	homok (H)	3
Termőréteg teljes vastagsága:	110 cm	
Termőréteg redukált vastagsága:	110 cm mély (MÉ)	4
Humuszforma:	mull -	
Termőhely minősítése:	Természetközeli erdők termőhelye (TTH) 1	
Alapkőzet:	Homok (H)	13
Talajvíz mélysége:	180 cm	
Erózió foka:	mentes	1
Talajhiba:	-	
Termőhelytípus változat:	<i>kocsánytalan tölgyes-cseres klímájú, időszakos vízhatású, kovárványos barna erdőtalaj, homok fizikai féleséggel és mély termőréteggel</i>	

Talajvizsgálati jegyzőkönyv

2. sz. talajszelvény

s.sz.	szint	Váz	pH		CaCO ₃	össz. só	Fenol.	y ₁	y ₂	K _A	hy	Mechanikai összetétel				Hu- musz	AL-P mg/ 100g talaj	AL-K mg/ 100g talaj
			H ₂ O	KCl								Dh	Fh	I	A			
												%						
1.	0-25	0	5,4	4,3	0	0	0	8,83	1,48	34	2,12	-	-	-	-	1,0	26,3	7,1
2.	25-60	0	7,0	6,5	6	0	0	0	0	29	1,04	-	-	-	-	0,9	19,5	5,7
3.	60-110	0	6,3	4,9	0	0	0	4,13	0	32	1,07	-	-	-	-	0,3	12,9	9,5
4.	110-145	0	6,4	4,8	0	0	0	4,54	0	29	0,87	-	-	-	-	0	15,8	5,3
5.	145-200	0	6,3	5,1	0	0	0	3,28	0	28	0,81	-	-	-	-	0	16,0	5,5

4. táblázat

Vizsgálati módszerek:

pH_(H₂O): elektrometriásan, 1/2,5 talaj/folyadék arány mellett - MSZ-08-0206/2-1978,

pH_(KCl): elektrometriásan, 1/2,5 talaj/folyadék arány mellett - MSZ-08-0206/2-1978,

CaCO₃: Scheibler-féle kalciméterrel, szabvány szerint

Összes só, fenolftalein lúgosság: szabvány szerint

y₁ hidrolitos aciditás, y₂ kicserélhető aciditás: szabvány szerint

K_A% - Arany-féle kötöttség, szabvány szerint

H % - Nedves égetéssel, FAO-módszer szerint, humusztartalom: szén-tartalomból számolva

2. szelvény

A 2. szelvényt a terület magasabban fekvő, északi negyedében jelöltük ki, a terület mintegy 1 méterrel magasabb térszintű felét jellemzi.

A talaj vizes oldatban mért kémhatása a feltalajban savanyú ($\text{pH}(\text{H}_2\text{O})=5,4$), a szántott réteg alatt végig semleges ($\text{pH}(\text{H}_2\text{O})=6,3-7,0$). A szelvény felső szintjében kifejezett kilúgozódást tapasztalhatunk, lejjebb – vélhetően a felszínhez közeli talajvízszintnek és a vízmozgást fékező kovárványhatásnak köszönhetően – ez a kilúgozódás gyengébb. A KCl-os pH értékek határozottan, 1,6-0,5 egységgel alacsonyabbak, ami rejtett savanyúságra, vagyis szintén kifejezett kilúgozásra utal. A talaj kémhatása a tápanyagok feltáródása, a tápanyag-gazdálkodás szempontjából optimális.

A pH-nak megfelelően a felső talajszintből a kilúgozás hatására a könnyen oldható sók, így a szénsavas mész is lemosódtak. A 25-60 cm között megtalálható mész eredhet a vízzel telített kapilláris zóna felszínközeli só-mozgásaiból, másrészt lehet, hogy a korábban csemetekertként üzemelő területen tápanyag-utánpótlást, esetleg meszeztést végeztek.

Szóda és összes só nincs jelen a talajszelvényben, szikesedési folyamatoknak nincs jele.

Az Arany-féle kötöttség alapján a talaj fizikai félesége homok, az alsóbb talajszintekben homokos vályog. A 60-110 cm közötti szint fizikai félesége agyagos homok, benne kovárványcsíkok figyelhető meg. A homokos feltalaj az esővizet gyorsan beereszti, benne hamar a mélybe szivárog, csak kevés vizet tart vissza. A mélybe szivárgást azonban a kovárványcsík kedvezően lassítja, a nedvességet és tápanyagokat ez a szint visszatartja.

A vízgazdálkodási fokot a homok fizikai féleség mellett a kovárványhatás, a mély termőréteg, valamint jelentős mértékben a felszínhez közeli talajvíz szintje határozza meg. A talajban a 110 cm mélységtől megjelenő rozsdafoltok jól jelzik a magas talajvízszintet, melynek szintje az április végi mintavételkor 180 cm volt. Ez igen kedvező a kísérleti fás szárú energiaültetvény szempontjából.

A talaj mintegy 110 cm mélységig tartalmaz humuszt, de csak kis mennyiségben. A talajművelés következtében a korábbi zárt erdőállomány alatt kialakult humusz a felső 50-60 cm-ben eloszlott, szintje egyenletesen alacsony. A tápanyag-ellátottság a humuszos szint

vastagsága és a humusztartalom alapján közepes, ezt megerősítik a további tápanyagvizsgálatok (ld. az alábbiakban).

A talaj AL-oldható P tartalma az egész szelvényben 12,9-26,3 mg/100 g talaj, ez közepes foszfor-ellátottságot jelez. Az AL-oldható K-tartalom 5,3-7,1 mg/100 g talaj, ami viszont alacsony káliumtartalmat jelent.

Talajhibát a termőrétegben nem találtunk.

Meteorológiai adatok

Hely	T közép	Absz. min	Absz. max	Max. hőingás	Havi csapadék	Csap. nap
Balassagyarmat május	15,5 °C	-2,2 °C	30,2 °C	22,5 °C	34,3 mm	13
Balassagyarmat június	19,6 °C	7,6 °C	32,6 °C	18,3 °C	62,4 mm	15
Balassagyarmat július	19,8 °C	7,3 °C	35 °C	20,3 °C	76,0 mm	19
Balassagyarmat augusztus	21,3 °C	8,1 °C	35,6 °C	21,1 °C	7,1 mm	5
Balassagyarmat szeptember	18,1 °C	3,1 °C	32 °C	22,7 °C	2,0 mm	4
Balassagyarmat október	9,9 °C	-6,5 °C	26,6 °C	22,4 °C	11,7 mm	7

5. táblázat: Balassagyarmat 2011. évi meteorológiai adatai az ültetvény létesítésének kezdetétől [19.]

A táblázat az idei év adatait tartalmazza az ültetés idejétől napjainkig. Szembetűnő adat a júliusi 76 mm-es csapadékmennyiség, illetve az azt követő hónapok csapadékos napjainak alacsony száma.

Az terület erdőtervi adataihoz képest a májusi abszolút minimum hőmérséklet, a júliusi nagy mennyiségű csapadék, illetve a szárazabb és magasabb átlaghőmérsékletű augusztus, szeptember és október mutatnak eltérést.

Az ültetés idején, májusban a több éves átlagnak megfelelő csapadékviszonyokkal találkozunk, viszont a hőingás mértéke már nagy problémákat jelentett. A talaj menti fagyok veszélyeztették az ültetvény megeredését, egészségi állapotát.

A nyári nagyobb, átlagostól eltérő csapadék látványosan kedvezett az ültetvénynek, viszont az azt követő meleg és csapadékmentes hónapok már kevésbé. A gyengébb, rosszabb vízfelvevő-képességű egyedek a vízhiány és a meleg következtében elszáradtak.

Eredés vizsgálat

A már fent említett módon, minden parcellában 2-2 sort számláltunk meg 4 kategóriába sorolva.

0	1	2	3	Összesen:
20,80%	9,40%	15,10%	54,70%	100%

6. táblázat: Eredési kategóriák százalékos eloszlása

Az összesítő táblázat jól szemlélteti, hogy a dugványozás után 2 héttel a szaporítóanyag 1/5-e nem indult eredésnek. A dugványok 54%-a már nagy méretű, egészséges leveket hozott, 15%-uk, csak kisebb leveleket viselt magán és közel 10% volt az, ahol még nem pattant meg a rügy, viszont bizakodásra adtak okot.



10. ábra: Példa a 4. kategóriára

Az eredési vizsgálatot a fajtákra is elvégeztük:

Fajták	Százalék
1. AF2	78,07%
2. MON	92,61%
3. AF2/KD	96,83%
4. PAN	80,50%
5. Fűz	61,93%

7. táblázat: Egyes fajták százalékos eredési adatai

Eszerint a karódugványok mutatták a legjobb megeredési százalékot, őket a Monviso követte. A fűz nem szolgáltató bízató eredményekkel és sajnos a későbbi száraz klimatikus viszonyok miatt sem növekedett aránya.

A meteorológiai adatokból kitűnik, hogy az idei évben alacsonyabb volt az átlagos minimum hőmérséklet, mint általában. Ez azt jelenti, hogy ilyen viszonyok között az AF2 és a Monviso volt az életképesebb fajta.

Statistica programmal vizsgálatot végeztem, hogy van-e szignifikáns eltérés a kezelések és az eredési értékek között?

Univariate Tests of Significance for Var2 (Spreadsheet5)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	286074,1	1	286074,1	740,8643	0,000000
"Var1"	1611,2	3	537,1	1,3909	0,255051
Error	21623,6	56	386,1		

11. ábra: Eredési erély és tápanyag-utánpótlás statisztikai értékelése

Az eredményből látszik, hogy nincs szignifikáns eltérés a különböző tápanyag-utánpótló kezelések és az eredések mértéke között ($p > 0,05$).

Tápanyagvizsgálat

A III. számú melléklet a levélmintákból végzett laboratóriumi vizsgálatok eredményeit foglalja össze. Az idő rövideje és a labor elfoglaltsága miatt idáig csupán a Monviso és AF2 fajták mérése történt meg. A tápanyag-utánpótlással érintett területek 1-30-as sorszámot viselik és szürkés árnyalattal színezettek. A kontroll parcellák 30-60 közötti értéket és lilás színt kaptak a táblázatban.

A táblázatból jól látszik, hogy egyértelműen magasabb értékeket mutatnak a tápanyaggal kiegészített parcellák. A legnagyobb eltérést az összes foszfor, a vas, a mangán, a réz és a cink ellátottság mutatja.

A fahamuval, illetve a szerves trágyával kezelt területek között viszont még nem tapasztalható eltérés.

A kiugróan magas kalcium értékekre jelenleg még nem találtunk választ.

Vizsgáltam a fajták közötti szignifikáns eltérést.

Univariate Tests of Significance for Var2 (Spreadsheet8)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	103,7019	1	103,7019	501,3965	0,000000
"Var1"	0,2600	1	0,2600	1,2570	0,275503
Error	4,1365	20	0,2068		

12. ábra: Fajták és tápanyag-tartalom közti összefüggés értékelése

Több tápanyagra is elkészítettem az elemzést, így a program szerint nincs szignifikáns eltérés a fajták és a tápanyag-tartalmak között. A képen a N%-ra készített értékelés látható.

Számításokat végeztem, arra keresve a választ, hogy a tápanyag-utánpótlást melyik fajta hasznosította jobban, azaz melyiknél volt nagyobb arányú eltérés a trágyázott és a kontroll parcella között.

	N%	ö P (g/kg)	ö Ca (mg/kg)	ö Mg (mg/kg)	ö Fe (mg/kg)	ö Mn (mg/kg)	ö Cu (mg/kg)	ö Zn (mg/kg)	Na mg/l	K mg/l
MON	49,25%	46,20%	18,29%	-5,66%	-3,62%	21,82%	3,77%	46,01%	59,06%	0,16%
AF2	58,79%	67,85%	41,79%	45,55%	46,98%	66,86%	50,82%	74,25%	78,20%	48,26%

8. táblázat: Fajták tápanyagfelvétele

A táblázatból megtudhatjuk, hogy az AF2 fajta tápanyagfelvétele minden elem tekintetében jobb volt, nagyobb arányúak az eltérések a kontroll és a kezelt parcellák között. Érdekes a Monviso tekintetében a magnézium és a vas oszlopa, mi szerint itt a kontroll parcellákban nagyobb volt az elemtartalom, mint a kezelt területen.

A tápanyag-ellátottság az irodalomban megjelenítettekkel összehasonlítva kielégítőnek mondható. Megközelíti, vagy a tápanyaggal utánpótlott részen meg is haladja azokat. [23.]

Az tápanyag-ellátottság értékelése minden szempontból bizakodásra ad okot. További vizsgálatok tárgyát kell majd képeznie a kimaradt fajták tápanyag-tartalmának, -felvételi képességének és a tápanyag-utánpótlás helyességének.

Levélfelületi index

A levélfelületi index számításának eredményeit a következő táblázat foglalja magában. A számok szemmel láthatóan elmaradnak az irodalmi hivatkozásban megadottaktól. Ez annak köszönhető, hogy az ott szereplő értékek idősebb, zárt állományokra vonatkoznak, esetünkben viszont egy 4 hónapos ültetvény tulajdonságai adták a számítások alapját. Ilyen szemszögből vizsgálva már megállapítható, hogy az 1,0 feletti értékek igen pozitív eredményként könyvelhetők el.

Ssz./Fajta	LAI
1. AF2	0,607906
2. MON	0,808513
3. AF2/KD	1,413899
4. PAN	0,509729
6. AF2	0,528734
7. MON	0,676844
8. AF2/KD	0,69308
9. PAN	0,335394
11. MON	1,331646
12. AF2	0,757601
14. PAN	0,43286
15. AF2/KD	0,716938
16. MON	1,111784
17. AF2	0,677544
19. PAN	0,491696
20. AF2/KD	2,014482
22. AF2	1,192851
23. MON	1,100795
24. AF2/KD	1,294135
25. PAN	0,867355
27. AF2	0,603183
28. MON	2,164422
29. AF2/KD	1,707079
30. PAN	0,941863

32. PAN	0,578816
33. AF2/KD	1,828511
34. MON	0,909103
35. AF2	0,735975
37. PAN	1,495815
38. AF2/KD	1,228078
39. MON	1,434782
40. AF2	0,632127
41. AF2/KD	0,993519
42. PAN	0,392684
44. AF2	0,966066
45. MON	1,039723
46. AF2/KD	1,583078
47. PAN	0,945152
49. AF2	0,922921
50. MON	0,620158
51. PAN	0,326679
52. AF2/KD	0,480312
53. MON	0,56537
54. AF2	1,194468
56. PAN	0,707791
57. AF2/KD	1,211854
58. MON	0,52464
59. AF2	0,700458

9. táblázat: Levélfelületi index értékek

A IV. számú melléklet egy összesítő táblázatot tartalmaz, mely alapján összevethetőek a fajták, tápanyag-utánpótlási módszerek, a fatömeg, famagasság, és tőátmérő értékek.

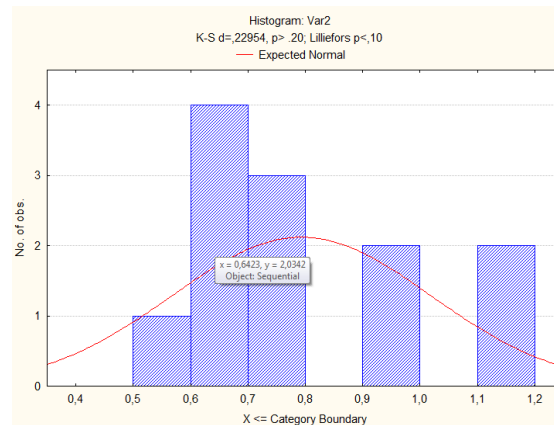
Elvégeztem a különböző fajták levélfelületi indexeinek statisztikai értékelését. Az ábrákon látható az elemszám, az átlag, a medián, a módusz, az összeg, a minimális és maximális értékek, a minták

szórása és a variációs koefficiens. Ezt a táblázatot az elemek eloszlásának diagramja követi. A kiértékelést a *Statistica* programmal készítettem.

AF2

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet5)									
	Valid N	Mean	Median	Mode	Frequency of Mode	Sum	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Coef.Var.
Var2	12	0,793319	0,718217	Multiple	1	9,519834	0,528734	1,194468	0,225690	28,44877

13. ábra: AF2 fajta leíró statisztikája

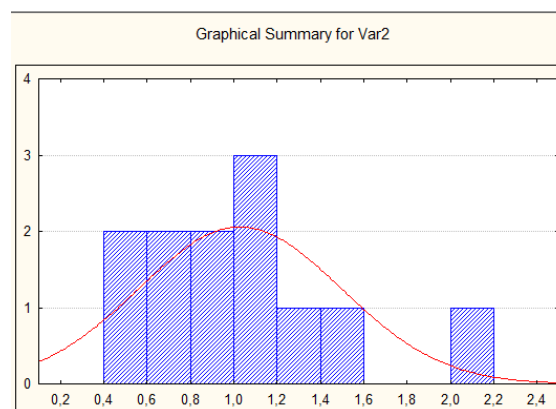


14. ábra: AF2 fajta eloszlási hisztogramja

Monviso

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet10)									
	Valid N	Mean	Median	Mode	Frequency of Mode	Sum	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Coef.Var.
Var2	12	1,023982	0,974413	Multiple	1	12,28778	0,524640	2,164422	0,465222	45,43261

15. ábra: Monviso fajta leíró statisztikája

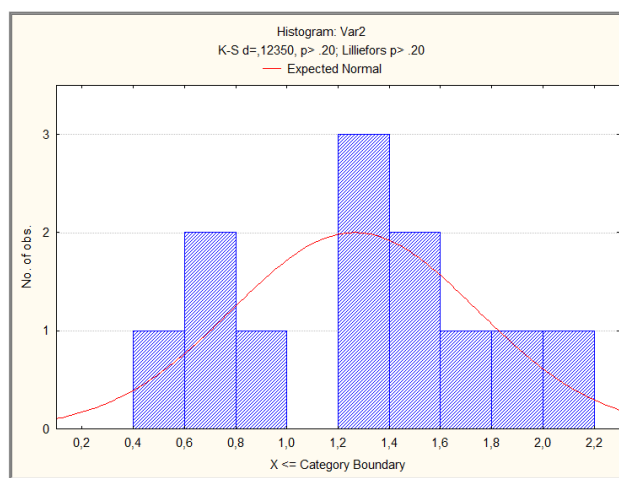


16. ábra: Monviso fajta eloszlási hisztogramja

Karódugvány

Descriptive Statistics (Spreadsheet8)										
Variable	Valid N	Mean	Median	Mode	Frequency of Mode	Sum	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Coef.Var.
Var2	12	1,263747	1,261106	Multiple	1	15,16496	0,480312	2,014482	0,478631	37,87397

17. ábra: Karódugvány leíró statisztikája

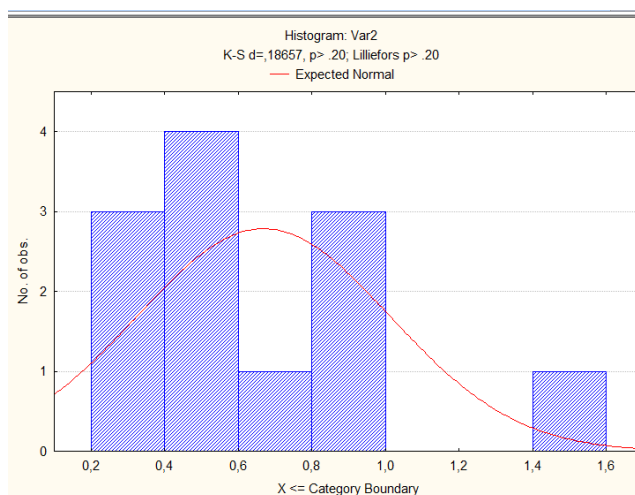


18. ábra: Karódugvány fajta eloszlási hisztogramja

Pannónia

Descriptive Statistics (Spreadsheet11)										
Variable	Valid N	Mean	Median	Mode	Frequency of Mode	Sum	Minimum	Maximum	Std.Dev.	Coef.Var.
Var2	12	0,668819	0,544273	Multiple	1	8,025833	0,326679	1,495815	0,343870	51,41450

19. ábra: Pannónia fajta leíró statisztikája



20. ábra: Pannónia fajta eloszlási hisztogramja

Az átlag értékekből látszik, hogy a várt eredményt kaptuk, mi szerint a karódugványok levélfelületi indexe a legmagasabb. A második legnagyobb értéket a Monviso adta, amit a karódugvány 23%-kal haladt meg. A legkisebb index a Pannónia fajtáé, ami 52,92%-a a legmagasabb értéknek.

Univariate Tests of Significance for Var1 (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	42,18452	1	42,18452	202,8959	0,000000
"Var2"	0,09630	3	0,03210	0,1544	0,926307
Error	9,14814	44	0,20791		

21. ábra: Tápanyag-utánpótlás és LAI értékelése

Ahogy az ábrán is látható, nincs szignifikáns eltérés a különböző kezelések és a levélfelületi index között ($p > 0,05$).

A kezelt, illetve kontroll parcellák közti csekély különbség vélhetően abból adódik, hogy a kezeletlen területen közelebb volt a talajvíz szintje a talajfelszínhez, mint a kezelt területen.

Dendrometriai mérések

A terepi felvételezéskor famagasságot és tőátmérőt mértünk, a fatömeget pedig számítással kaptuk. Statisztikai kiértékelésnek vetettem alá a famagasság és a tápanyag-utánpótló kezelések kapcsolatát.

Univariate Tests of Significance for Var2 (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2408905	1	2408905	264,0959	0,000000
"Var1"	10608	3	3536	0,3876	0,762507
Error	355732	39	9121		

22. ábra: Tápanyag-utánpótlás és famagasság értékelése

A kapott eredmény alapján nem mondható el, hogy lenne szignifikáns eltérés a kezelések között a famagasságok tekintetében ($p > 0,05$).

Hasonló statisztikát végeztem el a tápanyag-utánpótlás és a fatömeg kapcsolatáról.

Univariate Tests of Significance for Var2 (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	27074198	1	27074198	34,14841	0,000001
"Var1"	113865	3	37955	0,04787	0,985913
Error	30920725	39	792839		

23. ábra: Tápanyag-utánpótlás és fatömeg kapcsolatának értékelése

Ismét az a következtetés vonható le, hogy nincs szignifikáns eltérés a különböző kezelések között a fatömeg figyelembevételével sem.

Összehasonlítottam a különböző fajták átlagos tőátmérőit, magasságát és fatömegét. Minden tekintetben a karódugvány bizonyult kiemelkedőnek. A legalacsonyabb értékeket a Pannónia mutatta. Az AF2 és Monviso közül tőátmérőben az AF2 adott magasabb számot, a másik két vizsgált szempontban a Monviso szerepelt jobban. A Pannónia nyár fatömege a karódugványénak 97,62 %-a.

Feltételezhető, hogy ahhoz, hogy a tápanyagtöbbletet hasznosítani tudják a fák, megfelelő vízellátottság is kell. Tehát feltételezhetően ez a karódugványok esetében jelentősebb, könnyebben tudott vizet felvenni, így nagyobb arányban mutatkozik meg a különbség.



24. ábra: Terepi felvételezés

A meteorológiai adatokból kitűnik, hogy az idei évben szárazabb volt a nyár, ami a homoktalajon kedvezőtlenebb vízháztartást eredményezett. Ez azt jelenti, hogy ilyen szárazabb viszonyok között az AF2 és a Monviso volt az életképesebb fajta.

A 2. mintavételkor megfigyeltük, hogy a homoktalaj tetején a felső 10-15 cm porzott, de lejjebb már nedvesebb volt a talaj. Ezen elképzeléstől vezérelve a jövőben érdemes lenne TDR vagy pF-szondákkal a különböző talajrétegek, -mélységek nedvességtartalmát monitorozni.

Kutatási irányok

A kutatásban érdemes a hozzáférhető modern technikák kísérleti felhasználásával is foglalkozni.

Ilyen lehetőség a levélfelület index hatékonyabb, gyorsabb mérésére a quadrokopterrel történő repülés. A távirányítású eszközre digitális fényképezőgép, vagy hőkamera szerelhető, mivel akár több 100 méter magasságból is lehetséges fotó, illetve videofelvétel készítése.



25. ábra: A quadrokofter repülés közben

Az ültetvény vízfelhasználásának pontos, napi szintű vizsgálatára automata regisztrációs talaj kutak telepítése a jövőbeli cél. Ezek a talajba telepítve, egy regisztrációs berendezéssel ellátva meghatározott időszakonként több ezer adat tárolására képesek.

Mint már említésre került, a talaj vízháztartásának mérésére javasolt még TDR, vagy pF-szondák telepítése.

Következtetések és javaslatok

A dolgozatomban bemutatott vizsgálatok, a kiértékelte eredmények bizakodásra adnak okot a hosszabb távú munkát tekintve.

Jelenleg a tápanyag-utánpótlás és a faegyedek mért tulajdonságai között nem mutatkozott összefüggés. Ez betudható azon - az irodalmakban említett – tulajdonságnak, hogy az energiaültetvények az első évben még csak a növekedésbeli sajátosságaikat mutatják. [7.] Látványos átmérő- és hosszbeli gyarapodásuk mellett a tápanyag-utánpótlás eredményei csak a következő évben várhatóak.

Ezen túlmenően viszont az ültetvény egészségi állapota és a dendrometriai mérések eredményei igen biztatóak. A levélfelületi index, valamint a tápelem-tartalom értékek is megfelelnek az irodalmakban leírtaknak.

A dolgozatomban kiértékeléséből a fehér fűz teljesen hiányzik. Ennek oka az említett alacsony eredési erély, illetve az elszáradások magas aránya. Ezekből kifolyólag nem lehetett volna hiteles statisztikai kiértékelést végezni rajtuk.

Az terület legnagyobb problémája a vadkárosítás. Ez ellen szükséges megtenni a mihamarabbi óvintézkedéseket, vadásztársasággal való megegyezést, mivel több parcellát is 100%-ban károsított a területen rendszeresen megjelenő vadállomány.

A szélsőséges klimatikus viszonyokból kifolyólag javasolt egy meteorológiai mérőállomás telepítése, így még hitelesebb képet kapnánk a terület ilyen irányú jellemzőiről. Javasolt még a fent említett talajvíz szondák, illetve talajvíz kutak alkalmazása, az ültetvény körülményeinek minél jobb megismerése céljából.

A jövőben célunk az ültetvény további, még alaposabb, több tényezőre kiterjedő vizsgálata. Terveink között szerepelnek a folyamatos magasság és átmérő mérések, vízháztartás- és talajvizsgálatok, borítottság és egészségügyi felvételezések, az ültetvény károsítóinak számbavétele, tápelem-vizsgálatok, illetve különböző számítások elvégzése. Nem elhanyagolható az ültetvény folyamatos karbantartása sem, a gyommentes kép fenntartása.

Összefoglalás

Napjainkban folyamatosan növekszik az igény a biomasszából termel energia iránt, még akkor is, ha bonyolultak és költségesek az erőműi technikai módosítások.

Az erőművek egyre nagyobb mennyiségben vesznek fát, melyet energianyerés céljából elégetnek, ez fokozatosan maga után vonja az energiaültetvények területének növekedését is.

A növekvő dendromassza-tüzelés eredménye a hulladékként jelentkező fahamu mennyiségének gyarapodása.

A fatüzeléssel és a mezőgazdasági termények betakarításával jelentős tápanyagot vonunk ki ökoszisztémáinkból. A fás szárú energetikai ültetvényekre ez fokozottan igaz. A fahamu alkalmazásával ezeket juttatjuk vissza, biztosítva a termőföld fenntartható hasznosítását.

A fahamu kijuttatása kiegészíti számos tápelem körforgalmát, javítva ezzel a tápanyag-szolgáltató képességet. Kémiai tulajdonságainak köszönhetően alkalmas savanyú kémhatású talajok melioratív kezelésére, így alkalmazása során stabilizálódik a talajok szerkezete, javul annak kémiai állapota. Nő a talaj puffer képessége, aminek következtében a külső kedvezőtlen környezeti hatásokkal szemben ellenállóbb lesz. A mezőgazdaságban alkalmazott nagy energia igényű műtrágyák kiváltása további előnyökkel is jár a környezet számára.

2011 tavaszán a Kelet-Cserháti Erdészethez tartozó Dejtári Csemetekertben mintegy 5 ha-on hozunk létre kísérleti fás szárú energiaültetvényt. Vizsgáljuk a fahamuval történő tápanyag utánpótlás technológiai lépéseit, ill. hatását a talajra és a növényzetre. Mivel a fahamu kis mértékben tartalmaz csak nitrogént, ezért az elemarányok megtartása végett ennek kiegészítése szerves trágyával történik.

A folyamatos dendrometriai felvételezésekkel, talaj- és tápanyagvizsgálatokkal, egészségügyi állapotfelmérésekkel követjük nyomon az ültetvény fejlődését és teszünk javaslatokat az energetikai célú, rövid vágás fordulójú ültetvényeken, illetve a hagyományos erdőgazdálkodásban történő alkalmazásra.

Summary

Nowadays, the demand for energy production from biomass constantly is increasing, even if the technical solutions of the power-plant are complex and expensive.

The plants are buying trees in increasing quantity, generate energy by burning it and that's gradually rise the growth the area of the energy plantations. The result of the growing dendromass burning is the rising quantity of a waste, which is the wood ash.

The heating and the harvesting of agricultural crops are taking the major nutrients from the ecosystem. This is totally true for arboreal energy plantations. The use of wood ash returns them to the land, ensuring the sustainable use of the soil.

The spillages of wood ash supplement the cycling of many nutrients, thereby improving the nutrition service capability. Due to the chemical properties, wood ash is suited for acidic soils conditioning treatment, so the application is stabilizing the soil structure and improving the chemical status. The buffering capacity of the soil is increasing, as a result it will be more resistant against the external environmental influences. The agriculture, the replacement of the fertilizers also brings additional benefits to the environment.

In the spring of 2011 in the sapling garden in Dejtár, what belongs to Forestry of Kelet-Cserhát we created an about 5 ha of arboreal energy plantation. We search the technical steps of the nutrient supply with wood ash, and effects on soil and vegetation. Inasmuch as wood ash contains only slight nitrogen, thus the supplement of this happens with organic manure.

With the continuous dendrometry measurements, soil and nutrient monitorings, medical condition surveyings, we can trace the development of the plantation. We make proposals about the adaptation in the conventional silviculture and short-rotation energy plantations.

Irodalomjegyzék

- 1) BELLÉR, P. (1997): Talajvizsgálati módszerek. Sopron, 81. o.
- 2) CEULEMANS, R., PONTAILLER, J-Y., MAU, F., GUITTET, J. (1993.): Leaf allometry in young poplar stands: Reliability of leaf area index estimation, site and clone effects. Biomass and Bioenergy, Volume 4, Issue 5
- 3) CSIHA, I., KESERŰ, ZS., RÁSÓ J. (2007): Energetikai fafelhasználás során keletkező fahamu talajjavító hatásának vizsgálata - AEE-Kutatói Nap, Szeged
- 4) DOBOS, A., MEGYES, A., SULYOK, D. (2006): Fásszárú növények energetikai célú hasznosításának lehetőségei a Nyírbátori kistérségben. Debreceni Egyetem, Debrecen.
- 5) HEIL, B. (2000): C- und N-Dynamik sowie Elementgradienten in Böden temperater Waldökosysteme. Dissertation. Ber. Forschungsz. Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 167, Göttingen, Deutschland. ISSN: 0939-1347.
- 6) HEIL, B., KOVÁCS, G., BARKÓCZY, ZS. (2010): Fás szárú energia ültetvények kutatási feladatai. Alföldi Erdőkért Egyesület, Kutatói nap, 62-64.
- 7) LIEBHARD, P. (2009): Energetikai faültetvények. Cser Kiadó, Budapest. 76-79.
- 8) NEMZETI FEJLESZTÉSI MINISZTERIUM (2011): Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve 2010 – 2020: 169-172.
- 9) NÉMETH, K. (1997): Faanyagkémia. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- 10) ORAVEC, M. (2007): Optimalizácia a monitorovanie produkcie a energetického využitia lesnej dendromasy, NLC-LVÚ Zvolen, 95 strán
- 11) PARK, B. B., YANAI, R. D., SAHM, J. M., BALLARD, B. D., ABRAHAMSON, L. P. (2004.): Wood Ash Effects on Soil Solution and Nutrient Budgets in A Willow Bioenergy Plantation. Water, Air, & Soil Pollution, Volume 159, Number 1, 209-224.

- 12) ilex.eke.hu/PhD/fmk/nemethgabor/magyar.pdf (2010. 03.16.)
- 13) <http://www.galsandorkft.hu/energia.html> (2011. 10. 15.)
- 14) <http://www.energyforest.eu/images/ANC-Nemesnyar-Technologia.pdf> (2011. 10. 15.)
- 15) http://hu.wikipedia.org/wiki/Lev%C3%A9lfel%C3%BCleti_index (2011. 10. 16.)
- 16) http://www.fataj.hu/2009/10/282/200910282_DendromasszaAlapuEnergiatermeles.php
(2010. 03. 20.)
- 17) <http://erti.hu/fas-szaru-energetikai-faultetvenyek-tapanyagforgalmanak-es-tapanyagpotlasanak-vizsgalata.html> (2011. 10. 10.)
- 18) <http://metnet.hu/?m=napi-adatok&sub=2> (2011. 10. 23.)
- 19) http://www.biomasszaeromuvek.hu/mediamegjelenesek_olvas/92 (2011. március 18.)
- 20) http://www.petricks.hu/tevekenysegek_2.html (2011. 10. 15.)
- 21) <http://www.erti.hu/dl.php?kn=vpdf&tul=keseru&fn=03.pdf> (2010. 03. 16.)
- 22) http://www.fvm.gov.hu/doc/upload/200605/36_2006_fvm.pdf (2011. 10. 30.)
- 23) www.agriculturejournals.cz/publicFiles/06923.pdf (2011. 10. 30.)
- 24) <http://lejpt.academicdirect.org> (2010. 03. 17.)

Mellékletek

I. sz. melléklet: A fahamu kijuttatásának vázrajza

SZ AF2	SZ MON	SZ AF2 KD	SZ PAN	SZ FÜZ	FH+SZ AF2	FH+SZ MON	FH+SZ AF2 KD	FH+SZ PAN	FH+SZ FÜZ
FH+SZ AF2 KD	FH+SZ PAN	FH+SZ FÜZ	FH+SZ AF2	FH+SZ MON	FH+SZ AF2 KD	FH+SZ PAN	FH+SZ FÜZ	FH+SZ AF2	FH+SZ MON
FH+SZ FÜZ	FH+SZ AF2	FH+SZ MON	FH+SZ AF2 KD	FH+SZ PAN	FH+SZ FÜZ	FH+SZ AF2	FH+SZ MON	FH+SZ AF2 KD	FH+SZ PAN
K AF2	K MON	K AF2 KD	K PAN	K FÜZ	FH AF2	FH MON	FH KD AF2	FH PAN	FH FÜZ
K AF2 KD	K PAN	K FÜZ	K AF2	K MON	FH KD AF2	FH PAN	FH FÜZ	FH AF2	FH MON
K FÜZ	K AF2	K MON	K AF2 KD	K PAN	FH FÜZ	FH AF2	FH MON	FH KD AF2	FH PAN

Jelmagyarázat: K= kontroll; FH+SZ= fahamu/szennyvíziszap kombinált kezelés; AF2 = AF2 nemes nyár fajta; Monviso = Monviso nemes nyár fajta; PAN = Pannónia nemes nyár fajta; FÜZ = Salix alba 'Express' fűz fajta; KD = karódugvány

II. sz. melléklet

Vizsgált paraméter	Mérési módszer	Mért érték	Határérték szerves trágyára (36/2006. (V.18.) és 10/2010 (II.4.) FVM rendeletek alapján	Mértékegység
pH	MSZ-318-4:1979	6,05	6,5-8,5	-
Összes szárazanyag	MSZ-318-3:1979	16,80	Min. 50 m/m %	%
Összes szervesanyag (izzítási veszteség)	MSZ-318-3:1979	9,37	Min. 25 m/m %	%
Összes nitrogén	MSZ-318-18:1981	39917	min. 1 m/m % (min. 10000 mg/kg sz.a.)	mg/kg sz.a.
Összes foszfor	MSZ-318-19:1981	3995	min. 0,5 m/m % (min. 5000 mg/kg sz.a.)	mg/kg sz.a.
Összes kálium	MSZ-318-8:1986	3103	min. 0,5 m/m % (min. 5000 mg/kg sz.a.)	mg/kg sz.a.
Al	MSZ-21470-50:1998	12309		mg/kg sz.a.
As	MSZ-21470-50:1998	4,34	max. 10 mg/kg sz.a.	mg/kg sz.a.
B	MSZ-21470-50:1998	33,44		mg/kg sz.a.
Ca	MSZ-21470-50:1998	22790	min. 1 m/m % (min. 10000 mg/kg sz.a.)	mg/kg sz.a.
Cd	MSZ-21470-50:1998	1,91	max. 2 mg/kg sz.a.	mg/kg sz.a.
Co	MSZ-21470-50:1998	4,03	max. 50 mg/kg sz.a.	mg/kg sz.a.

Cr	MSZ-21470-50:1998	35,83	max. 100 mg/kg sz.a.	mg/kg sz.a.
Cu	MSZ-21470-50:1998	77,50	max. 100 mg/kg sz.a.	mg/kg sz.a.
Fe	MSZ-21470-50:1998	7928		mg/kg sz.a.
Hg	MSZ-21470-50:1998	<0,50	max. 1 mg/kg sz.a.	mg/kg sz.a.
Li	MSZ-21470-50:1998	7,95		mg/kg sz.a.
Mg	MSZ-21470-50:1998	4106	min. 0,5 m/m % (min. 5000 mg/kg sz.a.)	mg/kg sz.a.
Mn	MSZ-21470-50:1998	406		mg/kg sz.a.
Mo	MSZ-21470-50:1998	4,09		mg/kg sz.a.
Na	MSZ-21470-50:1998	777,90		mg/kg sz.a.
Ni	MSZ-21470-50:1998	37,80	max. 50 mg/kg sz.a.	mg/kg sz.a.
Pb	MSZ-21470-50:1998	49,19	max. 100 mg/kg sz.a.	mg/kg sz.a.
S	MSZ-21470-50:1998	4773		mg/kg sz.a.
Se	MSZ-21470-50:1998	4,79	max. 5 mg/kg sz.a.	mg/kg sz.a.
Ti	MSZ-21470-50:1998	45,98		mg/kg sz.a.
V	MSZ-21470-50:1998	19,24		mg/kg sz.a.
Zn	MSZ-21470-50:1998	441,90		mg/kg sz.a.

III. sz. melléklet

	N%	ö P (g/kg)	ö Ca (mg/kg)	ö Mg (mg/kg)	ö Fe (mg/kg)	ö Mn (mg/kg)	ö Cu (mg/kg)	ö Zn (mg/kg)	Na mg/l	K mg/l
7 MON	2,74	14,1355	11232	2464,40	239,7	274,5	4,1	94,5	157,7	16873
16 MON	0,97	13,1636	7964	1898,33	236,6	854,6	6,6	157,9	144,4	15950
2 MON	2,31	17,5773	6947	2197,80	239,0	828,1	6,5	126,5	633,9	13717
23 MON	1,95	9,8297	7116	2316,04	221,8	780,8	4,4	93,5	667,0	15513
28 MON		16,4237	11427	2098,69	212,7	176,2	5,5	26,4	127,2	16169
11 MON	2,59	17,4159	6832	1386,69	205,5	649,9	4,9	130,0	124,8	19055
34 MON	1,97	6,4048	7501	1860,89	183,7	220,5	4,3	51,6	127,6	13050
39 MON	2,42	11,9042	5932	2193,98	258,9	978,9	5,4	68,9	106,3	16195
45 MON	2,67	5,5179	7806	2349,10	247,1	335,7	5,7	39,4	146,5	17020
50 MON	2,70	5,5506	7768	2120,60	244,2	280,9	4,6	53,2	127,3	15676
53 MON	2,57	7,9084	6109	2081,12	231,4	513,7	5,3	68,6	106,7	15196
58 MON	2,34	10,3511	6981	2456,32	239,1	456,6	5,6	57,7	145,1	19987
1 AF2	2,92	21,0870	7807	2970,97	218,9	644,8	7,8	96,8	770,9	14902
6 AF2	2,18	14,3515	6951	2414,70	197,2	424,7	4,7	124,1	784,4	12735
12 AF2	2,08	16,5330	7640	2605,04	204,0	380,1	5,0	125,6	107,8	13959
17 AF2	2,12	10,8842	9527	2600,34	222,7	730,4	6,7	167,9	165,5	14126
22 AF2	1,96	10,5789	8011	2368,65	233,8	391,4	5,0	59,8	161,4	15314
27 AF2	2,00	19,7873	7770	2384,94	221,1	424,8	6,5	75,4	299,6	13890
35 AF2	1,41	6,8593	7807	2585,91	211,1	378,3	5,0	44,4	127,8	14689
40 AF2	2,08	13,1613	5158	2323,65	234,7	1575,5	7,7	71,1	144,9	15855
44 AF2	2,00	11,2161	5623	2353,44	237,1	486,0	6,0	47,1	105,4	14224
49 AF2	2,15	6,7940	7364	2335,76	236,8	261,6	6,2	58,4	107,0	16545
54 AF2	1,61	9,7127	10835	3436,80	210,0	362,8	4,8	31,9	173,5	12140
59 AF2	1,97	14,4468	8036	2543,69	280,2	673,2	8,3	63,0	145,4	16128

IV. sz. melléklet

Sorszám	Fajta	LAI	Kezelés	Átl. d0 (cm)	Átl. H (cm)	Átl. Fatömeg(g)
1	AF2	0,607906	SZT	1,86	161,93	243,33
2	MON	0,808513	SZT	1,82	165,33	263,33
3	KD	1,413899	SZT	3,82	371,67	2340,00
4	PAN	0,509729	SZT	1,47	120,33	140,00
6	AF2	0,528734	SZT	2,29	189,33	173,33
7	MON	0,676844	SZT	1,63	143,00	223,33
8	KD	0,69308	SZT	4,23	364,17	1420,00
9	PAN	0,335394	SZT	1,54	142,67	180,00
11	MON	1,331646	SZT	2,43	218,83	420,00
12	AF2	0,757601	SZT	2,09	166,23	236,67
14	PAN	0,43286	SZT	1,96	171,33	220,00
15	KD	0,716938	SZT	4,71	386,50	2020,00
16	MON	1,111784	SZT	1,99	194,17	380,00
17	AF2	0,677544	SZT	2,43	199,50	256,66
19	PAN	0,491696	SZT	1,85	169,17	226,66
20	KD	2,014482	SZT	4,81	392,83	2640,00
22	AF2	1,192851	SZT	2,43	200,00	400,00
23	MON	1,100795	SZT	1,87	188,00	353,33
24	KD	1,294135	SZT	4,94	396,67	2180,00
25	PAN	0,867355	SZT	1,87	187,50	356,66
27	AF2	0,603183	SZT	2,12	171,67	226,66
28	MON	2,164422	SZT	2,47	230,00	586,66
29	KD	1,707079	SZT	4,91	379,33	2790,00
30	PAN	0,941863	SZT	2,07	191,33	456,66
32	PAN	0,578816	K	1,72	168,00	246,66
33	KD	1,828511	K	5,03	413,33	2990,00
34	MON	0,909103	K	2,68	240,17	333,33
35	AF2	0,735975	K	2,85	248,67	316,66
37	PAN	1,495815	K	2,17	196,67	390,00
38	KD	1,228078	K	4,31	359,33	2020,00
39	MON	1,434782	K	1,62	156,17	373,33
40	AF2	0,632127	K	1,65	146,17	256,66
41	KD	0,993519	K	4,41	373,00	1850
42	PAN	0,392684	K	1,96	172,17	116,66
44	AF2	0,966066	K	2,54	217,00	323,33
45	MON	1,039723	K	2,66	206,33	496,66
46	KD	1,583078	K	5,30	402,00	1460
47	PAN	0,945152	K	2,22	174,17	453,33
49	AF2	0,922921	K	Vadrágott		
50	MON	0,620158	K	Vadrágott		
51	PAN	0,326679	K	Vadrágott		

52	KD	0,480312	K	3,90	328,33	850
53	MON	0,56537	K	Vadrágott		
54	AF2	1,194468	K	2,55	186,83	470
56	PAN	0,707791	K	Vadrágott		
57	KD	1,211854	K	5,09	384,67	2160
58	MON	0,52464	K	1,91	166	216,66
59	AF2	0,700458	K	1,94	167,33	236,66