

Nyugat-magyarországi Egyetem
Erdőmérnöki Kar
Környezet- és Földtudományi Intézet

Fás szárú energia-ültetvényekben alkalmazható fafajok és fajták hozamvizsgálata

Konzulensek:

Dr. Kovács Gábor egyetemi docens

Dr. Veperdi Gábor egyetemi docens

Készítette:

Győri Barbara

IV. évf. Környezetmérnök Bsc szakos hallgató

Kardos Bendegúz Gábor

IV. évf. Erdőmérnök szakos hallgató

Sopron

2011

BEVEZETÉS 3

Az energiaültetvény kérdés aktualitása 3

IRODALMI ÁTTEKINTÉS 5

Megújuló energiaforrások..... 6

A biomassa és kiválasztásának okai 6

Fás szárú biomassa és a kiválasztásának okai 7

Miért nem lágy szárú biomassa? 8

Fás szárú biomasszák..... 8

Fás szárú rövid vágásfordulójú energiaültetvényekről..... 10

Nyár jellemzése 11

Miért ANC (Alasia New Clones) Nemesnyár? 12

Területkiválasztás..... 13

A fajták kiválasztása..... 14

Hozambecslés..... 14

ANYAG ÉS MÓDSZER 15

Növényi mintavétel 15

Talajmintavétel..... 20

Talajvizsgálat..... 20

MÉRÉSI EREDMÉNYEK..... 21

Levéltömeg-arány kiszámítása 21

Tömeg meghatározása a tőkerület függvényében 23

Hektáronkénti éves biomassa-produktum..... 25

Két éves biomassa-produktumok összehasonlítása..... 27

<i>Éves biomassza-termékek áttekintése a három adatsor alapján.....</i>	<i>28</i>
<i>4 éves intervallumban vizsgált összevont hozamok.....</i>	<i>30</i>
<i>5 éves egyedek hozamának vizsgálata.....</i>	<i>31</i>
KÖVETKEZTETÉSEK, ÉS JAVASLATOK.....	33
ÖSSZEFOGLALÁS.....	34
SUMMARY	35
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	36
MELLÉKLETEK	37
IRODALOMJEGYZÉK	39

Bevezetés

Az elmúlt (és főleg az előttünk álló) évek drasztikus energiahordozó árnövekedési, valamint környezetvédelmi célkitűzések miatt egyre nagyobb figyelmet kell szentelni az alternatív, ezen belül a megújuló energia-hordozók felhasználása iránt. Mind a nagyobb (erőművek, fűtőművek), mind a kisebb, helyi (kertészetek, telephelyek, intézmények, lakosság) felhasználók keresik a viszonylag olcsón, jó hatékonysággal megtermelhető és tervezhető mennyiségben, minőségben előállítható energia-hordozókat. (*Afforest-Győri-Kert 2007*)

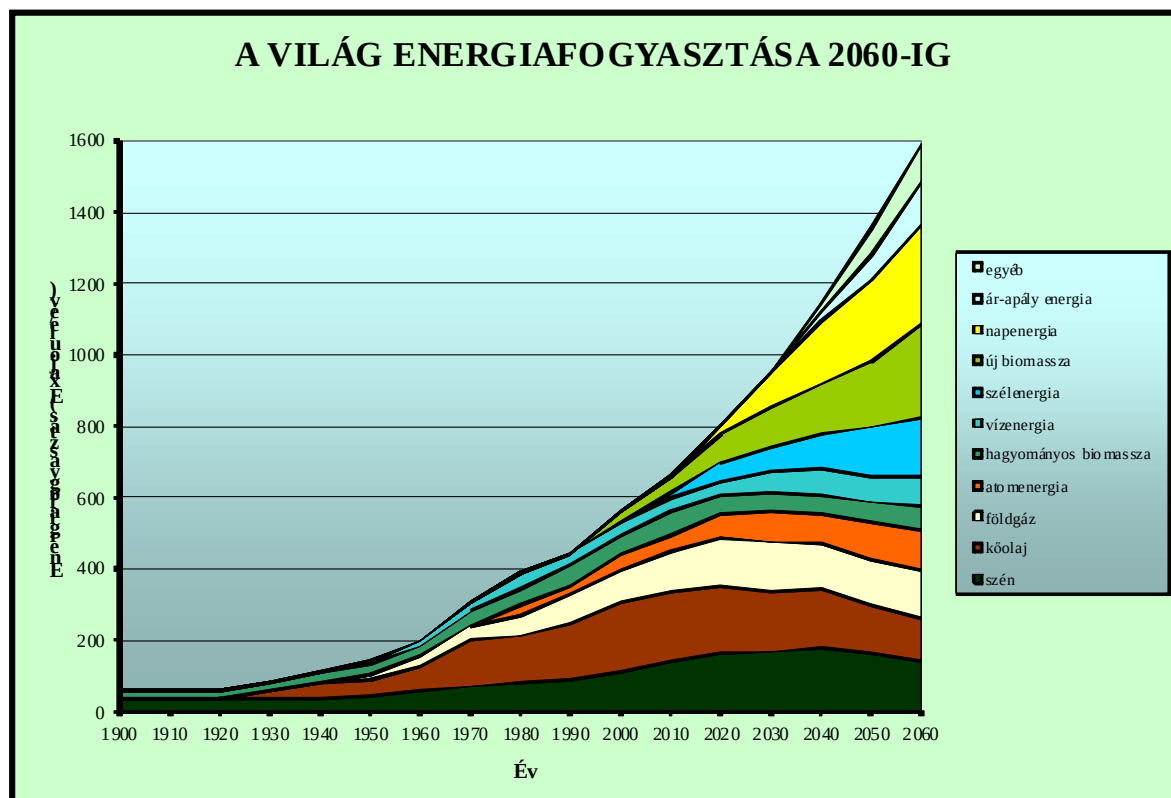
Az energiaültetvény kérdés aktualitása

A primer energiahordozók nemzetközi piacától való kiszolgáltatottság csökkentése, illetve ezzel összefüggésben az önfenntartási potenciál növelése kiemelt jelentőségű nemzetgazdasági feladat. Jelenleg az ország fűtési célú energiafelhasználásának közel 80 %-a földgáz alapú, viszont a megújuló energiaforrások közül a biomassa előállítás és felhasználás vonatkozásában hazánk nagy lehetőségekkel rendelkezik. Ausztria az ország energiaszükségletének 78,1%-át nyeri jelenleg újratermelődő energiaforrásokból. Szomszédunk példája alapján talán nem lehetetlen feladat hazánk számára sem a jelenlegi 3,6%-os mutatóról az uniós csatlakozási célkitűzések között vállalt **12%-ra növelni a részarányt 2015-ig**, viszont ez együtt jár majd a területhasználatok jelentős átalakításával is. (*Jung L. 2005.*)

Az ország összterületének közel fele, 4,5 millió hektár szántóföld, de csak 3,48 millió hektárnyi területen támogatott a gazdálkodás e formája, mivel közel **1,8 millió hektár 17 AK alatti**, rossz minőségű szántó, ahol a művelés gazdaságtalan. Az energetikai ültetvények a rossz minőségű szántókon kiválóan nevelhetők. Mivel telepítésüket az EU is támogatja, az 1,8 millió hektárnyi szóban forgó területet ezen a módon ismét jövedelmezően művelhetnék a gazdák. (*Horváth J. 2009.*)

A támogatás következtében az energia ültetvények telepítése iránt nagy az érdeklődés, ezért mindenképpen indokolt feladat, annak a szempontrendszernek a kidolgozása, ami alap-

ján eldönthető, hogy mely területeken javasolható tájvédelmi szempontból is az energia ültetvények telepítése.



1. táblázat: Fosszilis és megújuló energiaforrások részesedése a világ energia- fogyasztásából

A fosszilis tüzelőanyagok használata korlátozott mennyiségük miatt nem alkalmasak arra, hogy egy fenntartható energiagazdaság rájuk épüljön. A megoldás a megújuló energiaforrások hasznosítására történő áttérés.

Megújuló energiaforrás: olyan energiaforrás, amely természeti folyamatok során folyamatosan rendelkezésre áll, vagy újratermelődik (nap-, szél-, vízenergia, biomassza stb.). (Környezetvédelmi Lexikon) Be kell látnunk, hogy az idő haladtával egyre több energiára lesz szükségünk és ennek jelentős hányadát a megújuló energiaforrásokból, kell fedeznünk. (1. táblázat) (Károlyi A.2008)

Irodalmi áttekintés

Fás energetikai ültetvény fogalma, jellemzői

Energiaerdő: erdőgazdálkodási művelési ágba tartozó, de speciális céllal létesített és üzemeltetett erdő. Hagyományos erdők átminősítésével, illetve energiafa-termesztés céljára történő telepítéssel jön létre. Az energiaerdőre érvényesek az erdőtörvény előírásai, de az üzemtervezéskor a lehető legnagyobb tömeghozamok elérése céljából a gyorsan nöövő, sarjazzatható fafajokat kell előnyben részesíteni, és az optimális mértékűre kell csökkenteni a vágásérettségi kort. Az erdőművelés és a fakitermelés a hagyományos erdészeti technológiákkal és technikákkal folyik. Az energiaerdőben csak energiafa (tűzifa, faapríték) termelése folyik.

Energetikai faültetvény: a mezőgazdasági ültetvénygazdálkodási művelési ágba sorolandó, energiafa termesztésére létesített faültetvény. Az energetikai faültetvényre nem érvényes az erdőtörvény. Sík- vagy dombvidéken, jó termőhelyeken, nagyüzemi körülmények között a gépi betakarításra alkalmas terepviszonyok mellett (kombájnolható terület) létesítik. (SULYOK ET AL. 2007)

A faültetvények jó termőképességű területeken létesülnek, a szántóföldi gazdálkodás terepviszonyai mellett, tehát olyan területen, amelyen mezőgazdasági tevékenység folyt (vagy folytatható), de a mezőgazdasági termék iránti kereslet hiányzik (túltermelés), vagy a termelésbiztonság kicsi (időszakonként belvíz- vagy árvízkárok stb.), ezért a terület a szántóföldi hasznosításból kikerült, és rajta gazdaságos dendromassza-termelés folyhat.

Az energetikai faültetvények célültetvények, rajtuk viszonylag gyorsan és nagy mennyiségű dendromasszát termesztünk energiatermelés céljára. Az ilyen ültetvény jellemzői teljes mértékben eltérnek a hagyományos erdők vagy a fatermesztési célt szolgáló ültetvényerdők (faültetvények) jellemzőitől.

Megújuló energiaforrások

Az olcsó energiahordozókra épülő gazdaság időszakának végével, és az éghajlatváltozás felgyorsulása miatt felmerült az igény a világban, hogy a hagyományos gazdasági modellt alternatív gazdasági modellekkel váltsák fel. „Egy fenntartható jövőt megalapozó gazdasági modellben az energiatakarékosság, az energiahatékonyság, a megújuló energiaforrások fokozott felhasználása és a saját erőforrások előtérbe helyezése meghatározó jelentőséggel bírnak.” (Nemzeti Cselekvési Terv)

Az Európai Parlament és Tanács RED irányelve Magyarország számára 2020-ra, jogilag kötelező módon, minimum 13%-ban határozta meg a megújuló energiaforrásból előállított energia bruttó végső energiafogyasztásban képviselt részarányát. A Nemzeti Cselekvési Terv reális célkitűzésként a kötelező minimum célszámot meghaladó, 14,65%-os cél elérését tűzte ki 2020-ra.

A biomassa és kiválasztásának okai

Magyarországon kiválóak az agroökológiai adottságok, hogy versenyképesen állítsunk elő biomasszát. A mezőgazdaság képes az élelmezési és takarmányozási szükségletet meghaladó többlettermelésre, mely biomassa előállításra fordítható.

Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve szerint a kormány a biomassa előállítást nem csupán energetikai kérdésnek tekinti, hanem mint a vidék multifunkcionális fejlesztésének egyik eszközét látja benne. Ennek megfelelően a nagy kapacitású erőművekkel szemben a kis-közepes erőművek támogatását tervezik, melyek lokális, térségfejlesztési hatással rendelkeznek. A Cselekvési Tervben célként jelölik meg, hogy a megtermelt biomassa a keletkezési helyhez közel kerüljön felhasználásra. Mindezekkel azt a célt kívánják elérni, hogy a biomassa energetikai hasznosításának haszonélvezői a mezőgazdasági, és az erdészeti szektor legyenek.

Emellett kiemelten fontos célok a pozitív energiamérleg biztosítása, és a környezetterhelés mellőzése is.

Fás szárú biomassza és a kiválasztásának okai

A Nemzeti Cselekvési Terv keretein belül végzett kutatás szerint középtávon legalább egymillió hektárnyi szántóföldi területen nem élelmiszeripari célú, alternatív hasznosítási formát kell keresni. A hasznosítási forma megváltoztatását indokolja az is, hogy az érintett szántóterületek egy része kedvezőtlen termőhelyi adottságú, melyeken gazdaságosan nem lehet élelmiszeripari célú növénytermesztést folytatni, de energetikai termelésre megfelelők. A különféle fás szárú energianövények a hagyományos élelmiszernövényekhez képest sokszor szélesebb tolerancia-spektrummal rendelkeznek, és bizonyos feltételek teljesülése mellett a kedvezőtlenebb termőhelyi adottságú területeken is rentábilis gazdálkodást biztosíthatnak, pozitív gazdasági, társadalmi és energetikai hatásokat eredményezve.”

„ A fás szárú energiaültetvények telepítésével bővíthető az energetikai biomassza kínálat, mely kibővíti az erdészeti forrású biomassza kínálatot, illetve az új kultúrák lehetőséget teremthetnek a termőhelyi feltételekhez jobban igazodó kultúrahasználatra.”

(Nemzeti Cselekvési Terv)

A rövid vágásfordulójú fás szárú energiaültetvények már versenyképessé váltak a fosszilis energiahordozókkal, hála a nagy hozamú fajtáknak, és a rohamosan fejlődő technológiának.

Ezek segítségével átlagosan 1000 Ft/GJ körüli áron lehet eltüzelésre alkalmas biomasszát előállítani, míg a kőszén ára 800-1000 Ft/GJ, a földgázé 2400 Ft/GJ, a tartályos gázé 5000Ft/GJ. A jelenlegi tendenciát alapul véve a szénhidrogének ára tovább fog nőni, így a fás szárú biomassza még versenyképesebb lesz.

Emellett fontos érv még a fás szárú biomassza mellett, hogy az eltüzelésre használt berendezések nagyrészt hazai termékek. A fatüzelés során a később elhasznált összes primer energia nagyjából 10%-át kell importálnunk a fás szárú biomassza eltüzeléséhez. Felesleges és káros az importra fordított pénz energiahordozókra költeni, ha azokat gazdaságosan ki tudjuk váltani hazai energiahordozókkal.

A fás szárú energiaültetvények segítségével, hazai munkaerővel és főként hazai alapanyagokból évi 180-200 milliárd forint termelési értéket lehetne előállítani az élelmiszertermelésbe nem bevont 1 millió hektár mezőgazdasági területen. Ebből az összegből körülbelül

50 milliárd forint bevétele származna az államnak adók és járulékok formájában. Ekkora területen évente átlagosan 40 ezer munkavállalót lehetne állandóan, vagy időszakosan foglalkoztatni. Ezzel jelentősen csökkenne a munkanélküliség hazánkban. Ez pedig újabb költségcsökkentés lenne az állam számára, mert a segélyezésből átkerülnének az értéktermelésbe.

Miért nem lágyszárú biomassza?

A lágyszárú növények tüzeléstechnikája még nem kiforrott. Kevés erre alkalmas berendezés van, és azok is rendkívül drágák. Ezzel szemben a faszárú növények eltüzelésének technológiája már kiforrott, és hazánkban is több erőmű van, amely erre alkalmas.

Ennek következtében jelenleg a faszárú biomasszára folyamatos a kereslet, míg a lágyszárúra egyelőre még nem. (Rénes János, www.energyforest.eu)

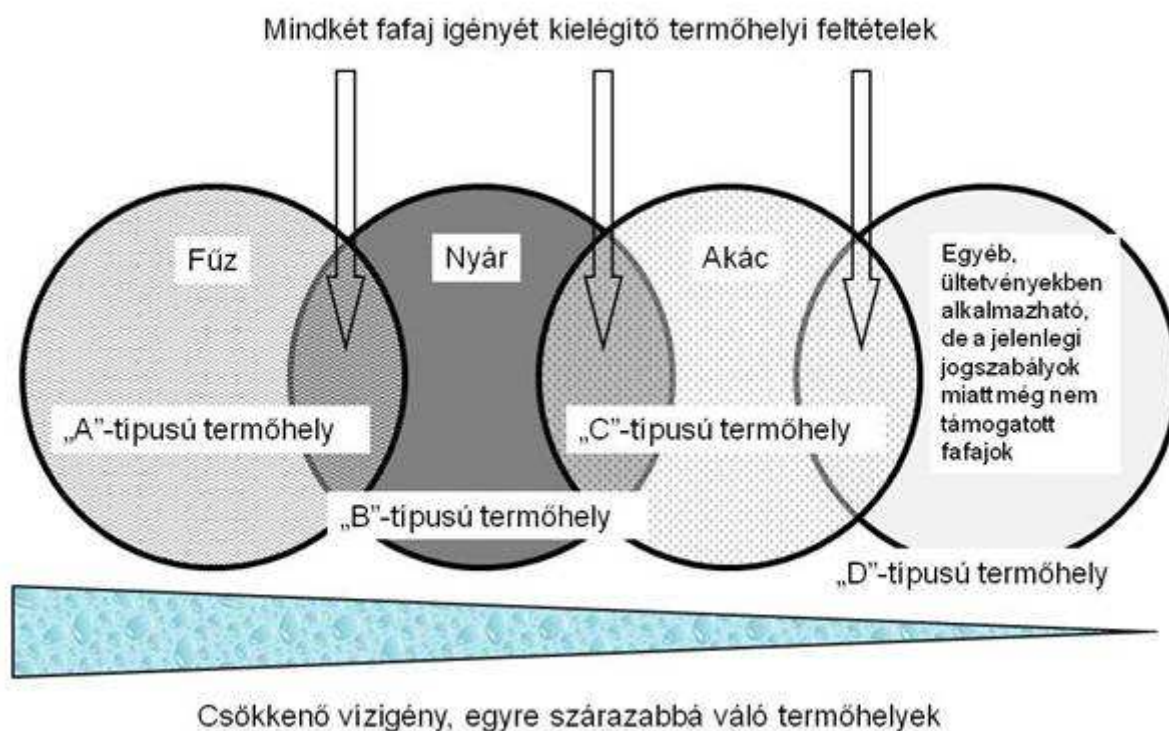
Faszárú biomasszák

Hazánkban a jelenlegi jogszabályok alapján az ültetvényekben alkalmazható és támogatható fafajok az akác, a fűz és a nyár. (Dr. Kovács Gábor) Ezek mellett kísérleti jelleggel létesültek már zöldbuják, bálványfa, ezüstfa, pusztaszil ültetvények is.

Az akác, a fűz és a nyárok termőhelyi igényük alapján elkülönülnek egymástól. A fűz a legvízigényesebb, majd ezt követik a nyárok, végül a leginkább szárazságtűrő az akác.

Az akác telepítése száraz termőhelyen javasolható, ahol nincs többletvíz. Más ültetvényekben alkalmazható fafajok képesek az akácnál szélsőségesebb körülményeket is elviselni, de ezek alkalmazását a jogszabály (72/2007. (VII.27.) FVM rendelet) jelenleg még nem engedélyezi.

Az eltérő termőhelyi igény természetesen nem jelenti azt, hogy ne lenne olyan terület, amely több fafaj telepítésére is alkalmas lenne.



1. ábra: Az egyes fajok eltérő ökológiai igényei (Kovács G. 2010)

Ugyanígy igaz az is, hogy vannak olyan termőhelyek is, amelyek csak néhány faj számára megfelelőek, és olyanok is, amelyek egyáltalán nem alkalmasak ültetvények létrehozására. Ilyenek a szikesek, a lápok, vagy a felszínig erősen köves-kavicsos talajok. Ültetvények telepítésére alkalmatlanok a felszíntől 50cm-en belül talajhibás talajok is.

Sok termőhely ugyan alkalmas ültetvények létrehozására, de gyenge víz és tápanyag-gazdálkodás miatt csak gyenge hozamra lehet számítani. Ilyenek a futóhomok, karbonátos és vékony humuszkarbonátos talajok, valamint a ranker és erubáz talajok is.

Azonos termőhelyi adottságok mellett a hozamot a növények genetikai adottságai határozzák meg. Ebben fontos szerepe van a származási helynek, illetve annak ökológiai adottságainak. A legjelentősebb a levélfelület nagysága, a vegetációs periódus hossza, valamint a fotoszintézis intenzitása. Mátyás Csaba professzor kutatásai szerint az északról délre hozott származások vegetációs ideje rövidebb, mint a délről északra telepített származásoké. A keletről nyugatra történő telepítés növedék kiesést, rosszabb törzsalakot és a gombafertőzések nö-

vekedését eredményezi. A nyugatról keletre hozott származások a szárazságra érzékenyek, ami hazánk egyre szárazodó klímája miatt egyértelmű hátrányt jelent. A délről északra telepítés intenzívebb növekedést, nagyobb koronát illetve levélméretet, erőteljesebb ágfeltisztulást, viszont rosszabb törzsalakot valamint fagyérzékenységet eredményez. A fentiekből megállapítható, hogy fatömeg-produktum tekintetében a legkedvezőbb a délebbi származások telepítése.

Fás szárú rövid vágásfordulójú energiaültetvényekről (Berki D. 2010)

A fás szárú energiaültetvények jogilag nem az erdőtörvény hatálya alá tartoznak, hanem szántóföldi növénytermesztésbe soroltak, telepítésüket 200 ezer Ft/hektár összeggel támogatja az állam.

Fás szárú energiaültetvényekbe tágtűrésű, gyorsan növvő fás szárú növényeket telepítenek, majd a helyi körülmények alapján meghatározott vágásforduló szerint gyökérnyaki metesszéssel aratnak. A sarjadzásból adódóan évente exponenciálisan nő a sarjak száma. Egy adott ültetvény 10-15 éven át művelhető, majd ezt követően kell eldönteni, hogy a területre újból ültetvény kerül-e. Az ültetvény felszámolása esetén a terület mindenféle komplikáció nélkül ismét szántóként hasznosítható.

Az ültetvény felszámolása és az újratelepítés esetén, tehát csak évtizedekkel mérhető ritmusban kerül sor a földfelszín bolygatására.

A Győri - Kert Kft első sorban a különböző nyár fajtákat, fehér akácot alkalmaz, mert ezek a fafajok sarjzathatóak legjobban töről tapasztalataik szerint. Léteznek hosszú vágásfordulóval művelt ültetvények, amelyeken 4-8 éves vagy még nagyobb időközönként termelik le a faanyagot. Itt a két éves, azaz rövid vágásfordulóval dolgoznak, ugyanis megvannak hozzá az adottságok, és nagyobb hozamra lehet szert tenni. A töről sudarasan hajtó ágakat csak két évig hagyják nőni, utána learatják és faaprítékként dolgozzák fel. Ez a késztermék jelenti a már említett erőművek égetési forrását, azonban alapanyagként is továbbítható fafeldolgozó üzemek számára.

Nyár jellemzése

Nyár (Populus sp.): Igen változatos termőhelyeken termesztethető. Talajigénye viszonylag tág körben mozog. A félszáraz és üde, levegős, tápanyagban gazdag talajokat kedveli. Nagy hozamok azonban csak jó tápanyag-ellátottságú, nagy vízkapacitású talajokon érhetőek el. Elviseli a nedvesebb talajokat és az időszakos vízborítást is. A belvizes területek az energetikai célú nyártermesztésre alkalmasak lehetnek, ha az egyéb termőhelyi adottságok is megfelelnek a nyárállomány igényeinek. A belvíz-veszélyeztetett területeken a nyárfatermesztés eredményességét leggyakrabban a talaj tömörsége, rossz szellőzése, az esetleges sófelhalmozódás és a pangó vízborítás kialakulása akadályozza. A termőterület beárnyékoltságát el kell kerülni, ezért ajánlatos nyílt területekre ültetni. Gyökerétől jól sarjad, sarjutódai a gyökereik révén érintkezésben maradhatnak talajvízzel, illetve a kapilláris zónával. Bizonyos körülmények között a hazai nyarak is alkalmasak energetikai ültetvények létesítésére, de erre a célra a keresztezéssel létrehozott, majd vegetatív szaporítás során szelektált és klónozott fajták a legalkalmasabbak. A hazai kísérletekben 4 éves vágásfordulóval 7-23 tonna/hektáros hozamot értek el. Feltételezve egy 15 t/ha/év átlaghozamot, olajegyenértékben ez a hozam 5t/ha-nak felel meg.

Klíma	A bükkös hegyvidéki erdőövezet kivételével az ország területe éghajlatilag kedvező a nyár számára
Hidrológiai adottságok	Vízigény: 650-680 mm/év Vízborítás: el kell kerülni a nyáron is vízborított, pangóvizes területeket (levegőzöttség fontos a felső 50 cm-es rétegben!) Talajnedvesség: jó vízraktározó és víztartó képességű, nagy mennyiségű, a növények számára könnyen hasznosítható vízkészlettel rendelkező talajok szükségesek Talajvízszint: ne legyen magasabban 50 cm-nél (optimális az „állandó vízhatás”: tavaszi legmagasabb állása 80-150 cm, alapvető a közvetlen kapcsolat a talajvízzel)
Fizikai talajféleség	Vályog
Talajtípus	Kiváló: láptalajok, öntés talajok, mocsári és réti talajok

	Megfelelő: agyagbemosódásos, kovárványos barna erdőtalajok Kevésbé alkalmas: humuszos homok, csernozjomok, sztyeppesedő réti szolonyec, mélyben sós réti talaj Alkalmatlan: váztalajok, erősen savanyú barna erdőtalaj, szoloncsákos, szolonyeces réti talaj
Talaj összes sótartalma	< 0.1%
Talaj tápanyagtartalma	megfelelő felvehető tápelem-készlet szükséges (elsősorban N) tápanyag-igénye nagy
Lejtésviszonyok	Kevesebb, mint 8%
Eketalp réteg problémája	El kell kerülni a gyökérszónában tömörödött altalajú talajokat

2. táblázat: A termőhely kiválasztás kritériumai nyár esetén

Miért ANC (Alasia New Clones) Nemesnyár?

A globális felmelegedés várható hatásaival az elmúlt években már találkoztak a hazai mezőgazdasági termelők. A kevés és egyenlőtlen eloszlású csapadék, a forró nyár kedvezőtlen hatása helyenként a hagyományos kultúrákban drasztikus hozamcsökkenést okozott, sok helyen betakarításra érdemes termés sem keletkezett. A hazánkra kidolgozott klímamodellek egyre melegebb és szárazabb nyarakkal számolnak, a csapadék eloszlása is várhatóan egyenlőtlenebb lesz (ritka, de akkor özönvízszerű esőzések).

Az energiaültetvények tíz évet jóval meghaladó élettartama szükségessé teszi, hogy a várható klímaváltozásnak leginkább megfelelő fajokat válasszuk ki telepítésre. 10-20 év távlatában a mai észak- vagy közép olasz éghajlatnak megfelelő időjárásra számíthatunk.

Az Alasia New Clones társaság ezen a területen nemesített energetikai célokra gyorsan növő nyár fajtákat (AF-2, AF-6, Monviso, Pegaso, Sirio), amelyekből már ipari méretű ültetvények tapasztalata is rendelkezésre állt. Kézenfekvő volt, hogy érdemes hazánkban is összehasonlító elemzéseket végezni az ANC fajtával, és ezek meggyőző eredményére támaszkodva hoztunk létre szaporítóanyag-termelő anyatelepeket, és honosítottuk a termesztési technológiát.

Területkiválasztás

Az ANC nemesnyárok a sík és dombos területek fafajai. A nemesítők a szülőpárok és utódvizsgálatok során olyan tulajdonságokat kerestek, amelyek a legmagasabb hozamok elérését teszik lehetővé, de figyelembe vették a lehető legszélesebb termőhelyi alkalmazhatóságot is. Több klónból álló fajtaválasztékunk lehetővé teszi a különböző talajok használatba vételét. Részletesebben erről a klónok kiválasztásánál olvashat.

A nyarak fény, meleg, talajlevegő és vízigényes fajok. A hőmérsékleti és fényigények Magyarországon elegendőek a megfelelő hozamok eléréséhez.

A telepítésre kiválasztott terület előzetes vizsgálata nem csak jogszabályban előírt követelmény, hanem a gazdálkodó elemi érdeke is! A talajok aranykorona értéke alapján nem dönthető el, hogy a terület alkalmas-e ültetvény létesítésére. A megfelelően elvégzett, úgynevezett erdészeti típusú termőhely feltárás és vizsgálat alapján nagy pontossággal tudjuk megmondani a termőhelyi alkalmasságot, és a termesztés-technológiával kapcsolatban is teszünk speciális ajánlásokat, ha szükség van rá.

A talaj levegőzöttsége főként a talajtípustól, a talaj kötöttségétől, a víz-viszonyoktól függenek. 60-65-ös Arany-féle kötöttségi szám fölött a nyarak telepítése megfontolandó, de nem lehetetlen. Fontos a min. 80 cm-es termőréteg vastagság, de ennél kissé sekélyebb is lehet, ha a terület jó vízgazdálkodású és tápanyagpótlásról is gondoskodunk.

Vízigény: az ún. időszakos vízhatású területek a legjobbak. Ez kb. 150-200 cm mélyen elhelyezkedő tavaszi talajvizet jelent, vagy valamilyen felszíni víz hozzáfolyást (pl. egyes lejtős területek lába alja). Az ennél vizesebb területek a nyárfa számára jó termőhelyek, de a pangóvizet a nyárfajták (sem) kedvelik, és gondoskodni kell a fokozott ápolásról

(sorok tárcsázása, amikor csak lehet) a levegőzöttség miatt. Szárazabb területen (ez a jellemző) a mélyebb termőréteg sokat segít a nyári aszályos időszakok elviseléséhez, és ugyanez mondható el a gondos ápolásról valamint a megfelelő tápanyag ellátottságról is.

Száraz területekre az ANC nemesnyarak helyett megfelelő alternatívát jelentenek a gyors növekedésű akác klónjaink.

A közhiedelemmel ellentétben a homokos területek megfelelő technológiával jó ültetvény-termőhelyek lehetnek. A talajok magas só-tartalma (szik) viszont kizárhatja a termelésből a nyarakat, és bizonyos körülmények között ez mondható el a mésztartalomról is.

A fajták kiválasztása

Az olasz tapasztalatokat is felhasználva 2004 évtől kezdve telepítettünk klónösszehasonlító kísérleteket az ország szinte minden részében. Ezek, valamint az adott termőhelyi körülmények ismeretében a klónok között néhány különbségre hívjuk fel a figyelmet.

Az ún. inter-amerikai fajták (Monviso, AF-6, Pegaso) telepítését korábban, kb. 5-7 fokos talajhőmérséklet esetén már el lehet kezdeni – ez jellemzően kb. március vége. Az ennél korábbi telepítés elkerülendő, mert a gyökeresedés csak ilyen hőmérséklet mellett kezdődik, a nem kalluszosodó dugvány pedig a száraz talajban gyakran annyi vizet veszít, hogy az, az eredést komolyan befolyásolja. Az euro-amerikai klónok (AF-2, Sirio) telepítését később, 6-8 fokos talajba javasoljuk (április).

Az AF-2 a telepítést követően az első vágásig egyenesebben, sudár fa alakra nő, a Monviso és az AF-6 néha több hajtást indít, kissé bokrosabb.

Klimatikus szempontokat figyelembe véve az AF-2 déli származása miatt jobban reagált a 2007. év nyári időjárására. A hűvösebb, pl. dombvidéki területeken az Monviso és AF-6 fajták lehetnek jobbak. A Pegaso klón alkalmazása olyan területeken indokolt, ahol a téli betakarítás nem lehetséges; késői fakadása és korai lombhullása lehetővé teszi a betakarítások hosszabb időre való elhúzását.

Általánosságban elmondható, hogy az ANC nemesnyár fajták közül a nyár telepítésére alkalmas termőhelyekre mindig ajánlható olyan klón, amely kiemelkedő hozamot biztosít. *(Győri-Magyari 2007)*

Hozambecslés

Ahhoz, hogy a hozamot megkapjuk, szükségünk van Brandenburg térségében jellemző növekedési feltételekre. A 80-as, 90-es évek gyorsan nöövő fafajtáin végzett kísérletek szolgál-

tattak adatanyagot a nyárfákkal végzett kísérlethez, míg a fűzfák kísérletéhez a Lengyelországban végzett vizsgálatok szolgáltatott anyagot. Azonban Lengyelországban, Németországgal ellentétben a fűzfa mezőgazdasági termesztése sokéves alapokon nyugszik, így ott a kísérletet négy további a termőhelyen működő üzem adataival egészítették ki.

Az állomány hozam-bebecslésére több módszer létezik. Ezek közül egyik a tömegfüggvény meghatározása, melynek alkalmazására példa a mezőgazdasági faállomány méretének megadása a tömeg regresszió analízis segítségével. Ezen módszernek (átmérőeloszlás) nem csak a faállomány méretének megbecslésekor van jelentősége, hanem az aratás során használt gépek számának megtervezéséhez is hozzájárul.

Másik módszer, a fanedvesség meghatározása. A fa nedvességének meghatározásához először megméri a teljesen frissen learatott termés tömegét, majd ezt összevetik a termés 104 fokra felhevített és ily módon kiszáritott változatával. (Knur L. Et Al. 2009)

Anyag és módszer

Növényi mintavétel

Az egyes klónok az adott termőhelyen mutatott növekedésének összehasonlítására kísérletet állítottak fel. A kísérleti terület vázlata a 2. táblázatban figyelhető meg. Az alábbi területen 15 nemesnyár, 4 akác, 3 zöld juhar, 2 kinincs, 2 bálványfa és több fűz fajtát hasonlítanak össze, melyeket 3 blokkban rendeztek el.

A kísérlet lényege hogy az adott termőhelyi és klimatikus viszonyokhoz képest felmérjék, hogy melyik klón fajta produkálja a legnagyobb hozamot.

A fatömeg meghatározásához a soronkénti mintavétel 5 vagy 3 ismétlésben történt. Az egyenként levágott faanyag tömegét lemértük, majd 40 °C- on szárítás után megmértük a faanyag tömegét. A kísérleti teljes területén törzsenkénti felvétellel famagasságot és tőátmérőt mértünk.

Az első felvételünk 2010. júliusában valósult meg, melynek során ötösével vagy hármasával vételeztük fel a fákat. Ennek során minden egyednek attól függően, hogy volt-e már vágva vagy sem megszámoltunk hány sarja van, ezeknek lemértük centiméter pontossággal a kerületét, majd teleszkópos magasságmérővel szintén centiméter pontossággal a magasságukat is. Amely egyedek még soha nem voltak vágva, azoknál mellmagassági kerületet és magasságot mértünk.

Ebben az évben a következőképpen alakultak méréseink:

- 5 éves fák, mellmagassági kerület: I214, AF2, Pannónia nyár, AF6
- 5 éves tő, egy éves hajtással. Itt tőkerület és magasságmérés történt: Villafranca, Monviso, Triplo, AF6, AF2 és Ásványrárói feketenyár, mely sornál sok kisebb és középtájon kb. 15 méteres hiánnyal kellett szembesülnünk; néhol igen satnyák voltak a példányok és inkább elhanyagolható, vékony sarjadás a jellemző.
- Akácoknál (Kinincs, csemetéről és magról ültetett akácok) megint csak a fentebb említett mérések valósultak meg.
- Az ikersorban ültetett füzeknél szintén tőkerület,- és magasságmérés történt.
- A 2006-os Pannónia nyár ültetvényénél azáltal, hogy akkor még nem volt levágva minden 3. fánál tő és mellmagassági kerületet, illetve átlagmagasságot mértünk. Emellett a Monviso és Triplo ültetvények egy része sem volt levágva. Itt minden egyes fánál lemértük a fentebb említett adatokat.

Moha hrsz: 062/9
2006 Kísérlet: Összehasonlító elemzés Sorok hossza: 160m, tőtávolság 0.5 m, sortávolság: 3 m
AF6 AF2 Feketenyár Ásványrárói Feketenyár Moha Feketenyár Csemete Feketenyár csemete visszavágva Villafranca Szürkenyár Monviso I-214 moha I-214 Derecske Pannónia nyár Moha Pegaso Pannónia nyár derecske Triplo Füzek Zöldjuhar mag Zöldjuhar csemete el. Zöldjuhar csemete kom. Kinincs mag Kinincs csemete/duvány ½ - 1/2 Akác mag 10 es Akác mag kom. Akác csemete el. Akác csemete kom Bálványfa mag Bálványfa dugvány

Fűz kísérlet 2ikesor 0.4*0.7*160m

Kisélet: 0.4*0.7**160m

Fűz:

Af 6 os 6000db

Af2 es 13.000db

Momviso: 250.000db

2. táblázat: A kísérleti terület vázlata

Második mérésünk 2011. szeptemberében történt, amikor szintén hármassával és ötösével vettük fel a fákat. Ekkorra már mindegyik fát legalább egyszer levágták, így az első mérésünktől eltérően csak tőkerületet és magasságot tudtunk mérni.

Ebben az évben a 2. táblázatban feltüntetett ültetvény minden fajtájából, tehát minden sorból kivágtunk három-három egyedet (a sor elejéről, közepéről, illetve végéről), majd a kivágott példányokat levéllel együtt, de gyökérzet nélkül lemértük 20 gramm pontosságú mérleggel. Több fajtánál a hiányzó részek miatt sajnos nem volt

lehetőségünk 3 egyedet kiszedni, így néhol csak kettő, ritkább esetben pedig egy mérésre volt lehetőségünk.

A hiányok a következőképpen alakultak:

- első mérés nem hiányzik sehonnan
- csak a második mérés hiányzik: I-214 Moha, I-214 Derecske, magról vetett 10-es akác
- csak a harmadik mérés hiányzik: dugványozott Kinincs
- második és harmadik mérés is hiányzik: dugványozott Bálványfa, ikersoros Fűz

Ezek után minden lemért tömegű fának megszámoltuk a sarjait, melyeknek lemértük a tőátmérőit.

Miután lemértük az összes fa leveles tömegét a középértéket mutató összes példány leveleit leszedtük. A lekopasztott fákat szintén lemértük, majd a leveleket összegyűjtöttük további felmérések céljából. (kiszáritás, szkennelés...stb.)

A 2007-es ültetvényben tömegmérés melletti felvételeink 2011-ben az alábbi módon alakultak:

- Sarj darabszámok, tőkerület és magasságmérés hármassával mért egyedeken: AF6, AF2, Triplo
- Sarj darabszámok, tőkerület és magasságmérés ötösével mért egyedeken: Monviso, Pegaso
- Az I-214 Moha fajta felvételezése szintén ötösével történt, viszont a mérés közben több méteres hiányzó részekkel kellett szembesülnünk. (kb. 6 méteres hiányok és a sor hátuljáról történt a mérés)

- Mohai és Derecskei Pannónia nyár felvételezése ugyancsak ötösével történő tőkerület és magasságmérés volt. Itt annyit fontos kihangsúlyozni, hogy a többi fajtától eltérően először volt vágva.

Talajmintavétel

A talajmintavétel során legfőképpen arra törekedtünk, hogy minden egyes növény egyedhez hozzá tudjunk rendelni egy talajmintát.

A talaj a magasabb rendű növények számára tápanyag-közvetítő közeg, egy bonyolult háromfázisú rendszer. Tulajdonságait meghatározzuk, vizsgáljuk, de az egyes elkülönítetten vizsgált tényezők közötti pozitív vagy negatív kapcsolatot feltárni, megmagyarázni és előre kiszámítani nem egyszerű feladat. Pedig a gyakorlat számára ez lenne lényeges. A sok tényező közül már egynek a megváltozása is maga után vonja az összes többi tulajdonság módosulását. (SARKADI 1975).

Talajvizsgálat

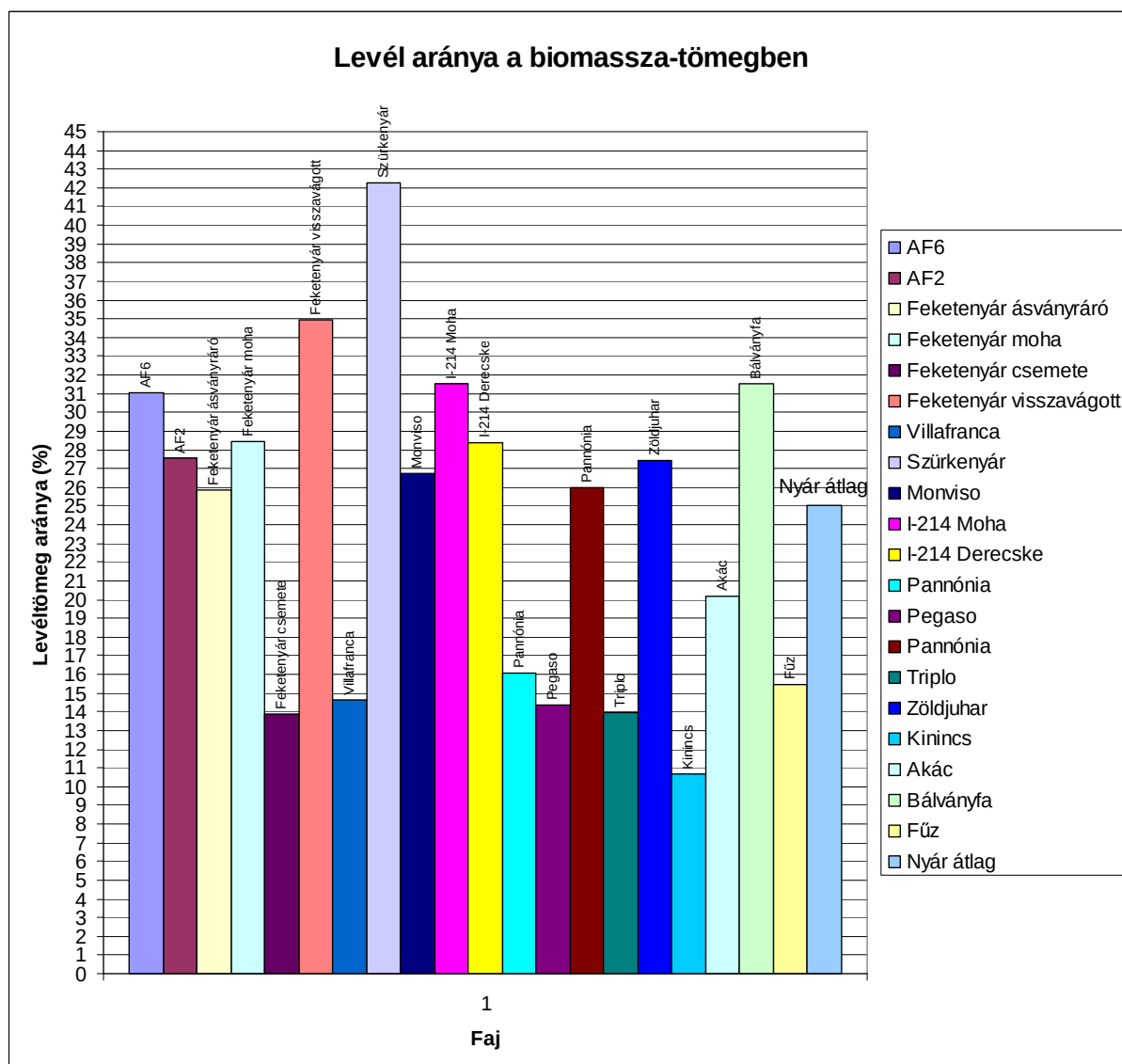
A szelvény helyének pontos kijelölése után 2 m hosszú, 1-2 m mély és 0.8 m széles gödröt ástunk. A morfológiai vizsgálatokat és a talajmintákat a szelvény fő,- és homlokfalán végeztük. Megfigyeléseinket a "Helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyv"-ben rögzítettük. A kiásott szelvény homlokfalán éles késsel lefelé haladva, 20-30 cm szélességben 1-2 cm átmérőjű talajrészeket pattintottunk ki. Így jobban tanulmányozható a talaj eredeti szerkezete, színe, tulajdonságai. Ezután a szelvény bal sarkába helyezett mérőszalaggal leolvastuk az egyes rétegek mélységét és vastagságát.

Az így kipreparált homlokfalon azonosítottuk a talaj színét, a humuszos réteg vastagságát, a gyökerek eloszlását, a talaj szerkezeti állapotát, tömődöttségét, nedvességét, sósavval lecseppentve a CaCO_3 tartalmú rétegeket. Az elütő rétegeket késsel meghúzott vonallal elhatároltuk. Feljegyeztük az átmenet jellegét is.

Mérési eredmények

Levéltömeg-arány kiszámítása

A terepen végzett mérések eredményeit a Microsoft Excel program segítségével dolgoztuk fel. Első lépésben valamilyen összefüggést kellett találnunk a biomassa-tömeg kiszámítására. Ez azért is volt nehéz feladat, mert a méréseket nyáron, a vegetációs időszak vége felé végeztük. Ekkor a fák növekedése már leállt, viszont a leveleiket még nem hullatták le, így a tömegmérés során a levelek tömege is hozzáadódott a fás szár tömegéhez. Ezzel szemben viszont az aratás már vegetációs időn kívül történik késő ősszel, vagy kora tavasszal, így akkor a learatott biomassa-tömeg nem tartalmazza a levelek tömegét. Ez jelentős eltérés lehet, ezért a fajtánkénti 3 mintafa közül a középső tömegűről eltávolítottuk a leveleket, és lemértük azok tömegét is. Ezután az Excelben már ki tudtuk számítani a levéltömeg arányát, majd ezen arány segítségével a másik két mintafa levéltömegét is kiszámítottuk. A levéltömeg-arányt a melléklet 1. táblázata tartalmazza, és a 2. ábra ábrázolja.

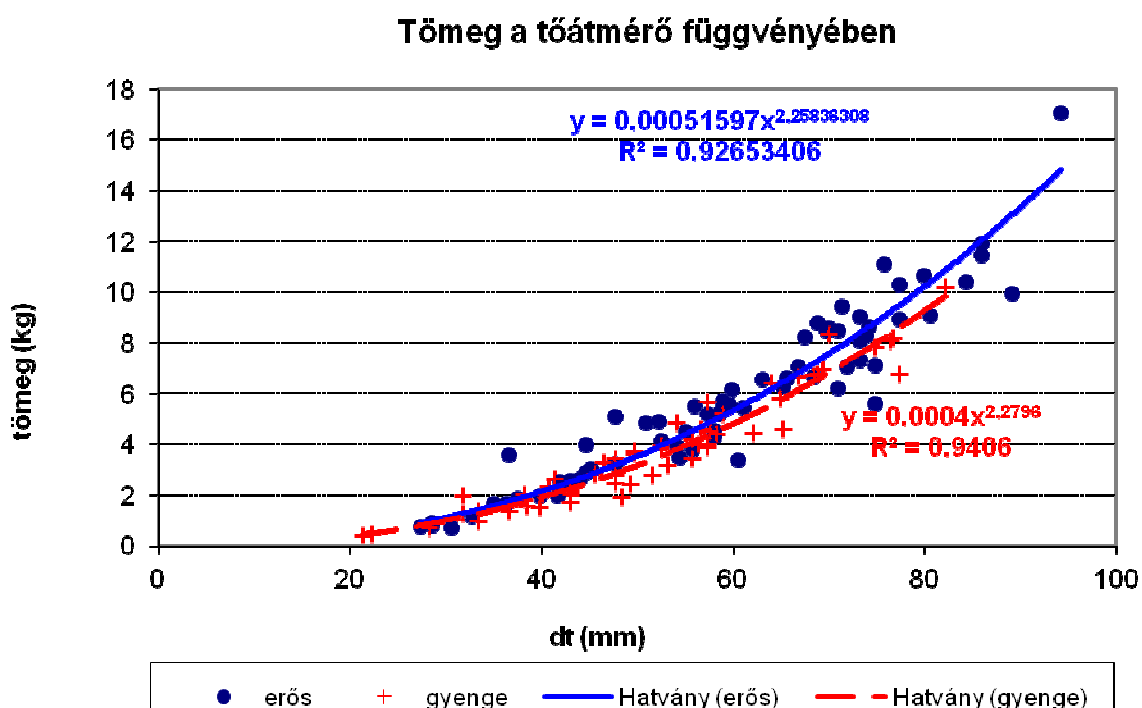


2. ábra – Levél aránya a biomassza-tömegben

A diagramról jól leolvasható, hogy tartalmaz kiugró adatokat. Ennek oka az lehet, hogy minden fajtánál csak egy fát vizsgáltunk meg, és az nem biztos, hogy pontosan az átlagnak felelt meg. Például eléggé irreális, hogy a feketenyarak között ekkora legyen az eltérés, holott a különbség csak annyi, hogy 6 évvel ezelőtt az egyik sort visszavágták az ültetés után, míg a másikat nem. Az azonban megfigyelhető, hogy a nagyobb levelű nyárklónok levéltömeg-aránya általában kisebb, mint a kisebb levelűeké. A grafikon fő érdekessége a többi fafaj összehasonlítása a nyárakkal, ezért a nyárak levéltömeg-arányából képeztünk egy átlagot, amely jó viszonyítási alapot nyújt a többi fafaj levéltömeg-arányának vizsgálatához. Ebből az derül ki, hogy a fűzek, az akác és a kinincs levéltömeg-aránya jóval kisebb, míg a bálványfáé és a zöldjuharé nagyobb.

Tömeg meghatározása a tőkerület függvényében

Az energiaültetvények nagy homogénsége miatt a fák tömegét jól tudjuk becsülni az átmérő, illetve a kerület függvényében. Dr. Veperdi Gábor 2010-ben már publikált egy a tő-
átmérő, és a biomassa-tömeg közötti összefüggést (3. ábra), viszont ez csak egyes fákra vonatkozott, és csak az AF-2 klónra.



3. ábra - Egyes fák tömege a tőátmérő függvényében (Veperdi G. 2010)

Kiindulási alapul a két összefüggés közül a gyengébb termőhelyre vonatkozót (piros színű) használtuk fel, viszont meg kellett vizsgálnunk, hogy sarjcsokrok esetén is alkalmazható-e, és ha igen, akkor milyen módosításokkal. A függvény levél nélküli tömegre vonatkozik, ezért volt fontos első lépésben a levélmentes tömeg kiszámítása. Fontos, hogy a függvény átmérő alapján számol, ezért a terepen mért kerület-adatokat át kellett számítani átmérővé. Ezt π -vel való osztás segítségével meg is kaptuk.

A függvényt először megpróbáltuk közvetlenül alkalmazni úgy, hogy az egyes sarjakat különálló fákként kezeltük, és mindegyik sarj tömegét külön-külön kiszámítottuk, majd

ezeket a tömegeket összeadtuk. A kontroll mérések alapján kiderült, hogy ezzel a módszerrel a függvény lényegesen nagyobb értéket ad, mint a valós tömeg.

Ezért második lépésben az átmérőkből körlapot számoltunk, majd ezek segítségével kiszámítottuk az átmérők négyzetes átlagát. Ezek után ismét alkalmaztuk a függvényt az egyes átmérőkre, de most már a négyzetes átlaggal súlyozva. Így a kapott értékek már teljesen megfeleltek a kontroll értékeknek. Ezzel a módszerrel kiszámoltuk a mintafák tömegét az összes klónra, és a többi fafajra is. Eredményül azt kaptuk, hogy a nyár-klónok esetében megfelelő adatokat szolgáltatott a függvény $[y=0,004*(\sqrt{(g_{\text{át}}/\pi)*2})^{2,2796}*a]$ ahol $g_{\text{át}}$ =**átlagos körlapösszeg**, a =**sarjak darabszáma**]. Megjegyzendő még, hogy a függvényünk a fekete-nyár csemete esetén alacsonyabb értékeket szolgáltatott a kontroll mérések során kapott tömegeknél, míg a visszavágott csemete esetén magasabbat. Ez azzal magyarázható, hogy a mintafa levéltömeg-aránya a csemete esetén kiugróan alacsony, míg a visszavágott csemete esetén kiugróan magas volt. A többi fafaj esetén megállapítható, hogy fűzek esetén a függvény szintén alkalmazható, de időnként fölé becsül a valós értékeknek. Zöldjuhar esetén a függvény nem alkalmazható, mert rendkívül eltérő értékeket adott a kontrollmérésekhez képest. Kinincs esetén a függvény megfelelő értékeket adott, de a mérések száma nem volt elegendő, hogy ebből messzemenő következtetéseket levonhassunk. Akác esetén a függvény gyakran alábecsül. Gyanítható, hogy a függvény kinincs esetén is hasonló értékeket adna alaposabb vizsgálat esetén. Ez magyarázható a nyáráknál alacsonyabb levéltömeg aránnyal. A bálványfa esetén a függvény magasabb értékeket adott meg, mint a kontrollmérések. Ez annak tudható be, hogy a bálványfa levéltömeg aránya magasabb, mint a nyáráké. De itt is igaz az, hogy a mérések kis száma nem elegendő ennek bizonyítására. Ezeknél a fajoknál azért nem végeztünk több mérést, mert törvényileg nincsenek engedélyezve az energiaültetvények létesítésénél, mint ültethető fafajok.

Tehát összességében elmondható, hogy a Dr. Veperdi Gábor által 2010-ben létrehozott függvény a nyár klónok, és a fűzek esetében az átmérők négyzetes átlagával súlyozva megfelelő értékeket ad. Az akác és a kinincs esetén gyakran alábecsül, míg a bálványfánál fölé. A zöldjuhar esetén a függvény nem alkalmazható.

A megfelelő összefüggés felírása után már könnyen tudtunk a méréseink során felvett terület adatokból biomassza-tömeget számolni. Fajtánként minden sarjnak kiszámoltuk a körlapösszegét, majd ebből egy négyzetes átlagátmérőt. Végül a függvény segítségével megkaptuk az egyes sarjcsokrok tömegét. Ezt fajtákra lebontva megtettük. Miután minden egyes

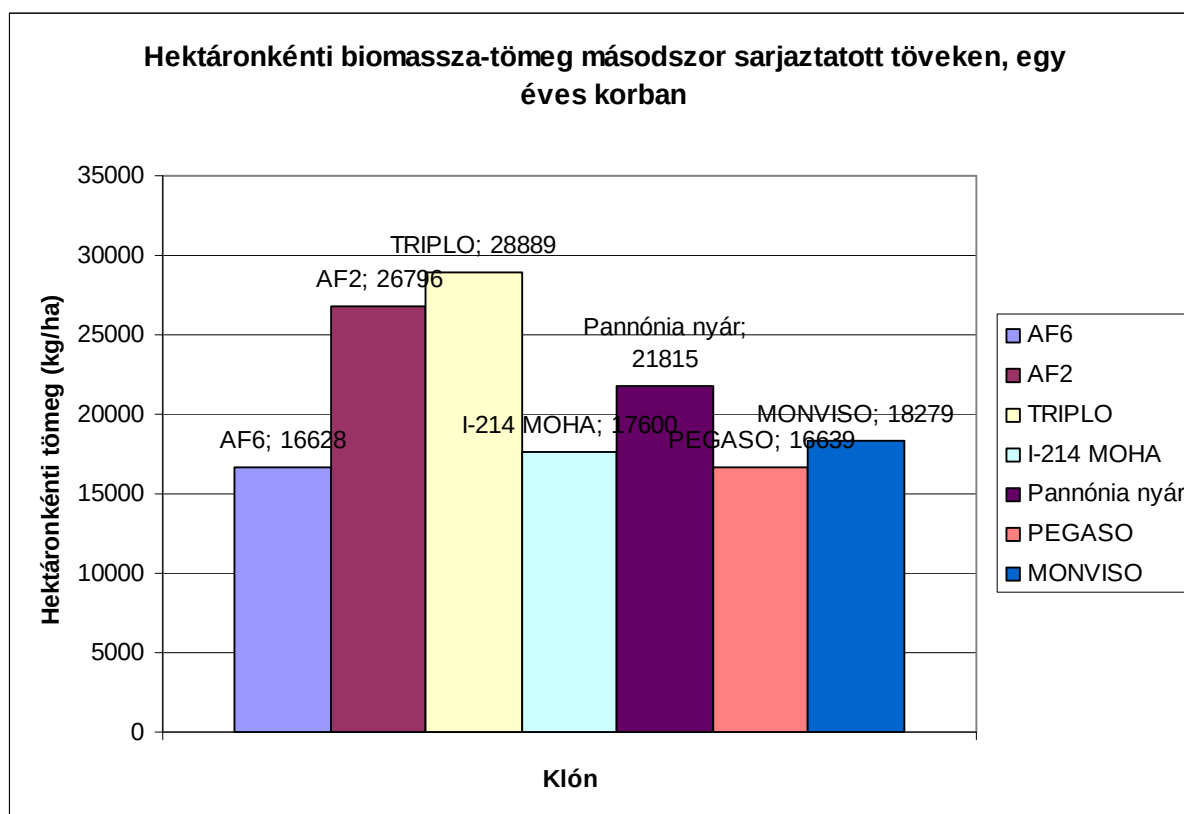
sarjcsokor tömegét kiszámítottuk, vettük ezek számtani átlagát. Az ültetési hálózat 0.5x3-as. Az ideális 90%-os eredméllyel számoltunk, így az egy sarjcsokorra vonatkoztatott biomassza-tömeget 6000-rel szorozva megkaptuk a hektáronkénti biomassza-tömeget. Ezt megtettük a 2010-es mérések esetén és a 2011-es mérések adataival is. A 2010-es mérési adatokból ki tudtuk számítani az 5 éves fák tömegét Pannónia nyár, Derecskei Pannónia nyár, Monviso és Triplo nyárak esetén. Ezek voltak azok a fajták, melyeket 2010 nyaráig egyszer sem arattak le, így az 5 éves hozamról kaptunk adatokat. Ezeknél Dr. Veperdi Gábor által létrehozott eredeti függvényt alkalmaztuk a tömeg kiszámításához.

2010-ben mértünk még 5 éves tővön 2 éves sarjakat is. Ezek a fák már egyszer voltak aratva 2008-ban, így itt 2 éves sarjak biomassza-tömegét vizsgálhattuk.

2011 tavaszán az egész ültetvényt learatták, így idén ősszel már az egész ültetvényen 1 éves hozamot vizsgálhattunk másodszori sarjaztatás esetén.

Hektáronkénti éves biomassza-produktum

A hektáronkénti hozamokat érdemes megvizsgálni fajta szempontjából. A 2011-es évben részletesen felvételeztük az AF-2, AF-6, Triplo, Pegaso, Monviso, Pannónia és I-214 Moha klónokat. Ezen klónok hektáronkénti éves biomassza-produktumát oszlopdiagramon (4. ábra) ábrázoltuk.

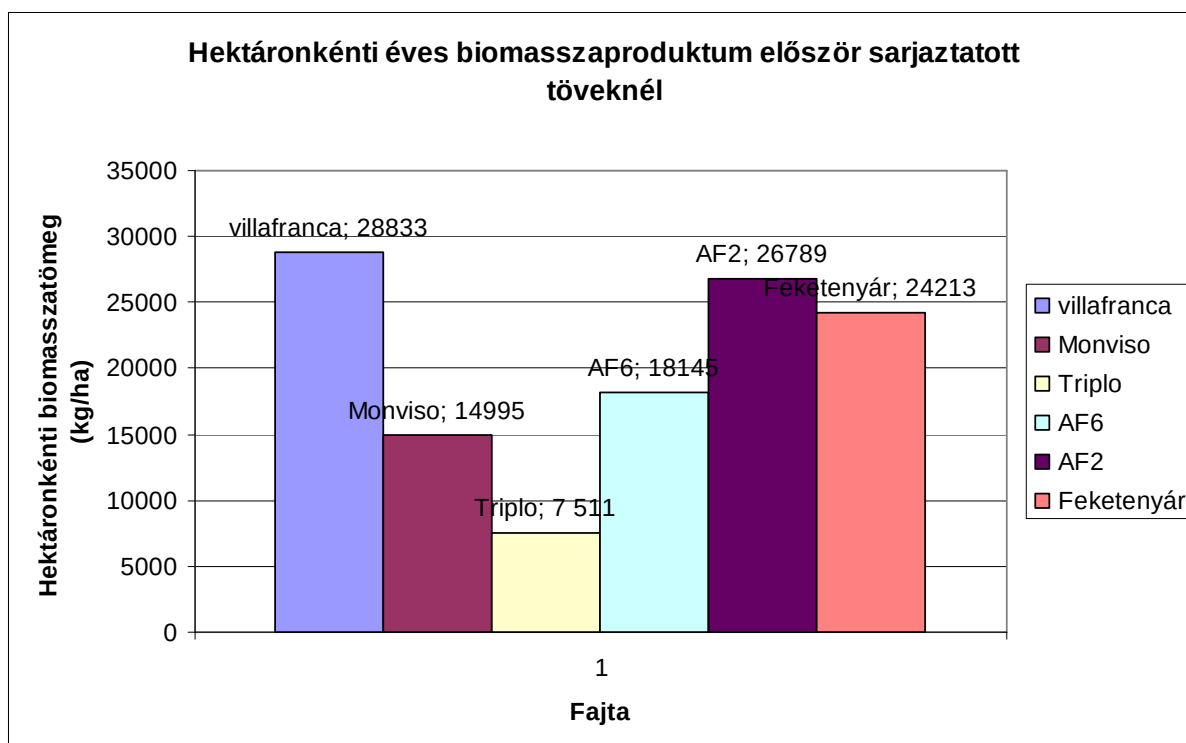


4. ábra - Hektáronkénti biomassza-tömeg egy éves korban második sarjztatás után

A feketenyárat, és a szürkenyárat ezzel a módszerrel nem tudtuk felvételezni, mert a néhány nagyobb sarj helyett e fajtáknál rengeteg kisebb sarj van tövenként, így ezek felvételezésére a későbbiekben másik módszert kell majd találnunk.

Számításaink során arra az eredményre jutottunk, hogy az AF-2 és a Triplo klónok kiugróan magas hektáronkénti biomassza-produktummal bírtak. Ez a helyszínen szabad szemmel is megfigyelhető volt. Ezt alátámasztja az is, hogy a 3 mintafánk közül Triplo esetében az egyik nehezebb volt, mint 12 kilogramm. Mindezt a biomassza-produktumot egy vegetációsidőszak alatt érte el az adott faegyed. Ezt a két fafajt követi a Pannónia nyár, míg a többi nyár klón nagyjából hasonló biomassza-tömeget fejlesztett egy év alatt. Megjegyzendő, hogy a Pannónia nyár most volt először aratva, így azt most sarjadzott elsőre. Azonban mindegyik fajtára igaz, hogy egy év alatt több mint 16 tonna a hektáronkénti biomassza-produktumuk.

A feketenyár és szürkenyár klónok biomassza-produktumára a 2010-es méréseinkből állnak rendelkezésre adatok. Ekkor mind a feketenyárat, mind pedig a Villafranca nevű szürkenyár klón kiemelkedő biomassza-produktumot értek el. (5. ábra)



5. ábra – 2010-ben mért 2 éves sarjak hektáronkénti éves biomassza produktuma

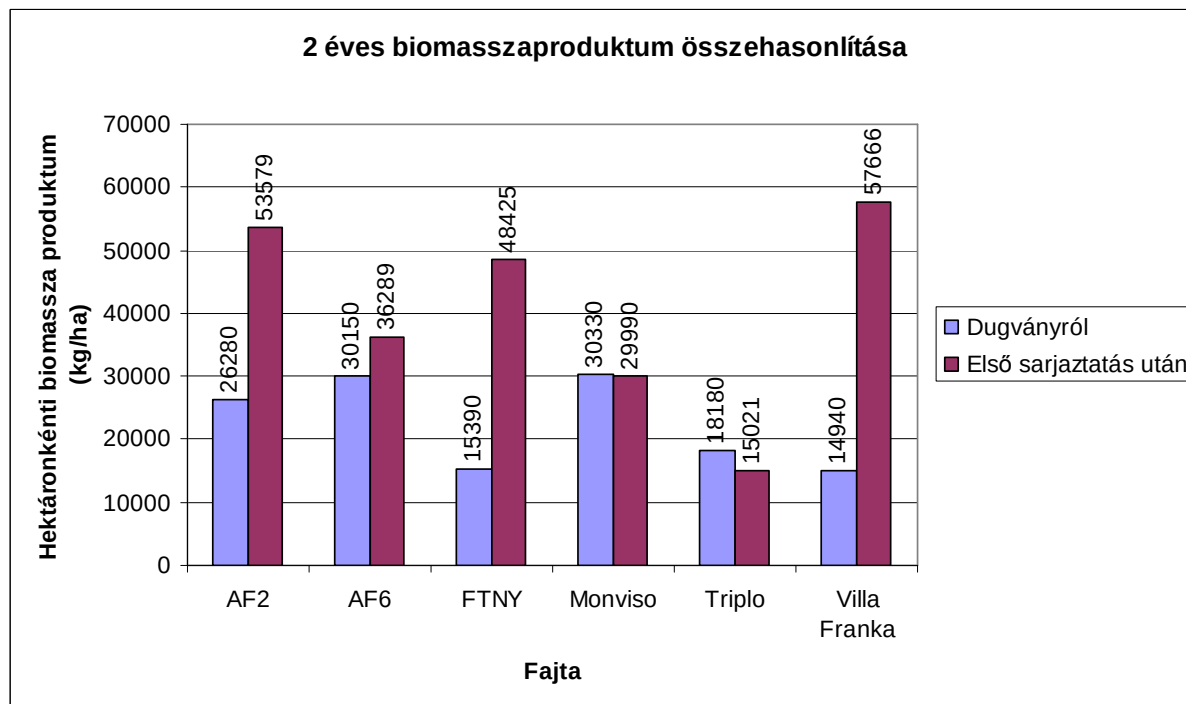
Érdekesség, hogy a 2011-es évi mérésakor kimagasló produktumot elérő Triplo 2010-ben rendkívül gyenge hozamú volt. Ennek az lehet az oka, hogy a területen 2010 tavaszán 1 hónapon keresztül 1 méter magas víz állt a kísérleti terület mellett található patak áradása miatt. Valószínűleg ez a fajta tolerálta legkevésbé ezt a víztöbbletet.

Két éves biomassza-produktumok összehasonlítása

A kísérleti területen a létesítést követő 2. vegetációsidőszak végén már történt egy felvételezés. Károlyi Andrea mért hektáronkénti biomassza-produktumot a diplomamunkájához. Az ő mérései még nem sarjztatott tővekre, hanem a dugványokból/csemetékből nőtt fákra vonatkoznak. Ezért rendkívül érdekes volt megvizsgálni, hogy az éves hektáronkénti biomassza-produktum vajon hogyan alakul a sarjztatás után. Ez azért is érdekes, mert egyes vélemények szerint a biomassza-produktum jelentősen megnövekedik sarjcsokrok esetén. Erre magyarázatul szolgálhat, hogy míg a dugványnak gyökeret kell fejlesztenie addig az aratás után a sarjak már kifejlett gyökérszettel rendelkező tuskókon nőhetnek. Továbbá ezt a felté-

telezést erősíti az is, hogy a természetben is gyorsabban nőnek a sarjak, mint a magról kelt fák. Eddig azonban ezt még senki sem bizonyította vizsgálatokkal, viszont most lehetőségünk nyílt erre.

Károlyi Andrea 2008-as adatai két éves fákra vonatkoztak, ezért nagyon jól összehasonlíthatóak volt az általunk 2010-ben mért adatokkal. (6. ábra)



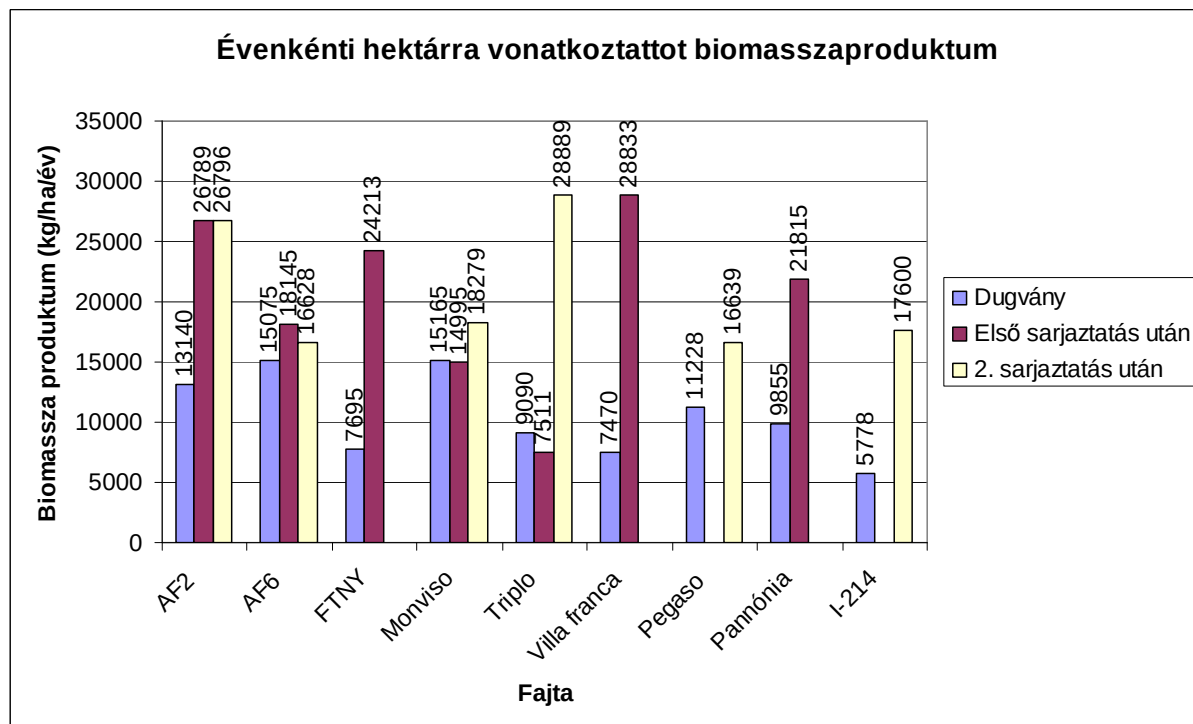
6. ábra – 2010-ben mért biomassa-tömeg két éves sarjak esetén

Ebből nagyon jól kitűnik, hogy a Triplo, és a Monviso klónokon kívül az összes többi klón két éves biomassa-produktuma nőtt a sarjztatás után. A Triplo esetén pedig a fentebb említett előnytől sokkal kisebb volt a sarjztatás utáni biomassa-produktum, mint a többi klónnál. A Monviso, és az AF-6 esetén sokkal kisebb volt a növekedés, mint a feketenyár, a Villafranca és az AF-2 esetén. Ez viszont felettébb érdekes adat, ugyanis ezeket nem viselte meg annyira a többletvíz, mint a Triplo-t. Azonban ebből az egy mérésből még nem lehetett messzemenő következtetéseket levonni.

Éves biomassa-produktumok áttekintése a három adatsor alapján

Ezért valahogy össze kellett hasonlítani ezeket az eredményeket a 2011-es mérés eredményeivel. Ezt legkönnyebben úgy tudtuk megtenni, hogy az évenkénti hozamokat vizs-

gáltuk. Ehhez a 2 éves hozamot meg kellett feleznünk, és így már össze tudtuk vetni az idei mérésekkel. Ezt szintén oszlopdiagramon (7. ábra) szemléltettük.



7. ábra – Évenkénti hektárra vonatkoztatott biomassza-produktum három mérés alapján

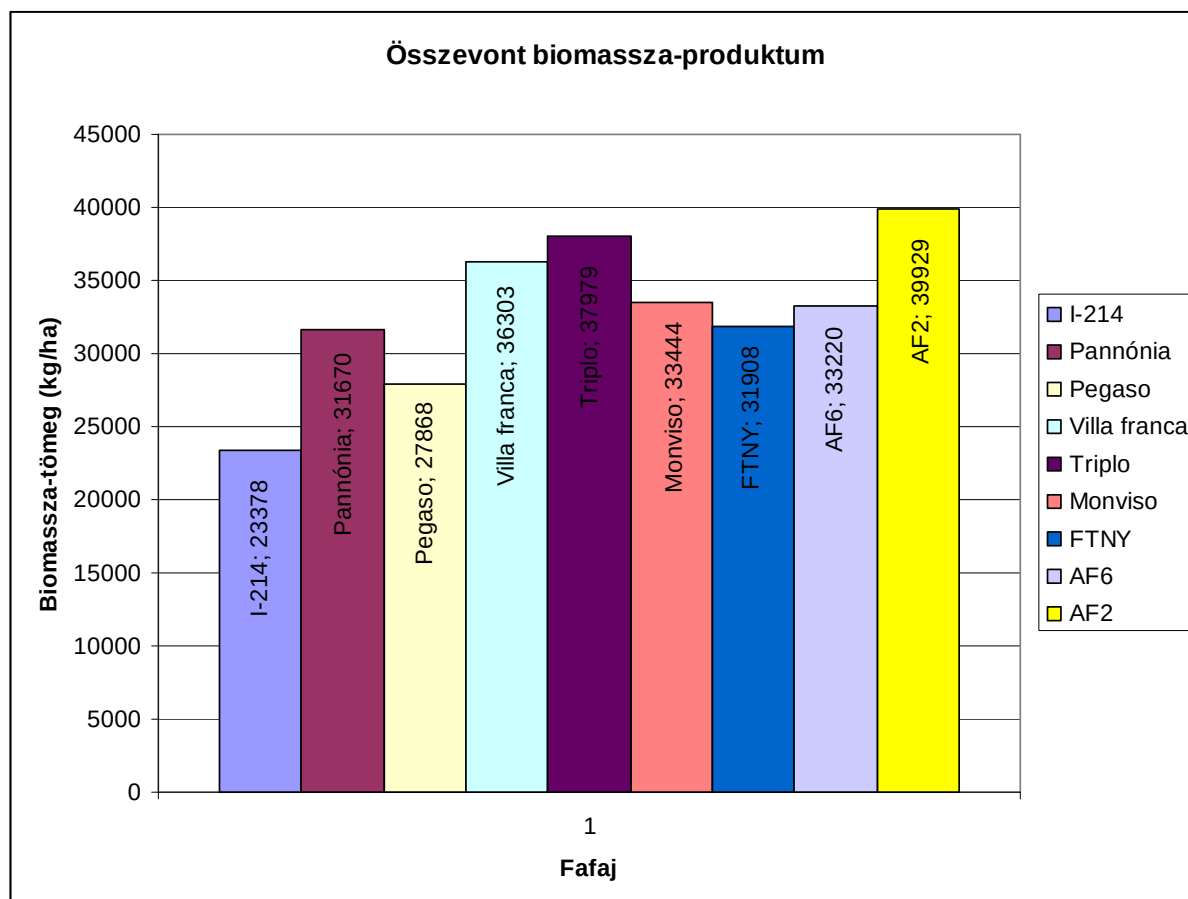
Az ábrán jól látszik, hogy szinte az összes klónnál jelentősen megnőtt a sarjzattatás utáni hozam, mint az első telepítés után. Azonban az AF-6 és a Monviso klónok esetén sem az első, sem pedig a második sarjzattatás után nem lett nagyobb az éves hozam, mint a dugványok esetén. A két mérés adatait figyelembe véve megállapítható, hogy ezeknek a klónoknak nem nő a hozama a sarjzattatás után. A többi klón hozama mind jelentősen nőtt a sarjzattatás után. Ráadásul az esetek többségében több mint 100%-kal. Ez rendkívül meglepő eredmény, főleg annak tükrében, hogy a fás szárú energiaültetvény létesítése az első aratás során nyereséessé vált. A sarjzattatás után pedig ez a nyereség akár meg is duplázódhat. Kiemelendő, hogy a fák úgy érték el ezt a biomassza-produktumot, hogy az ültetvény létesítése óta nem történt a területen mesterséges tápanyag-utánpótlás.

A diagramról jól leolvasható, hogy ezen a termőhelyen a legjobb hozamra a Triplo, Villafranca, feketenyár klónok és az AF-2 nevű olasznyár klón képesek. A Triplo, az AF-2 és a Villafranca klónok éves hozama meghaladta a hektáronkénti 26 tonnát.

A diagramok arról is jó képet adnak, hogy az első, illetve a második sarjztatás utáni hozam között nincs lényeges eltérés. Tehát a létesítést követő 6. évben, a 3. vágásfordulóban sem tapasztalható visszaesés a biomassa-produktumban.

4 éves intervallumban vizsgált összevont hozamok

Ezután érdemes még megvizsgálni, hogyha összeadjuk a telepítés utáni éves hozamot, és a sarjztatás utáni hozamot, akkor ezek összege hogyan függ a fajtától. Az összegzés során a két sarjztatás utáni mérés közül (ahol mindkettő után történt mérés) a magasabb hozamot adóval számolunk, ideális körülményeket feltételezve. Ezzel megkapjuk, hogy ha telepítés után 2 évvel learatjuk az ültetvényt, majd sarjztatás után két évvel szintén, akkor mennyi a két vágásfordulóban tapasztalt éves biomassa-produktumok összege. (8. ábra)

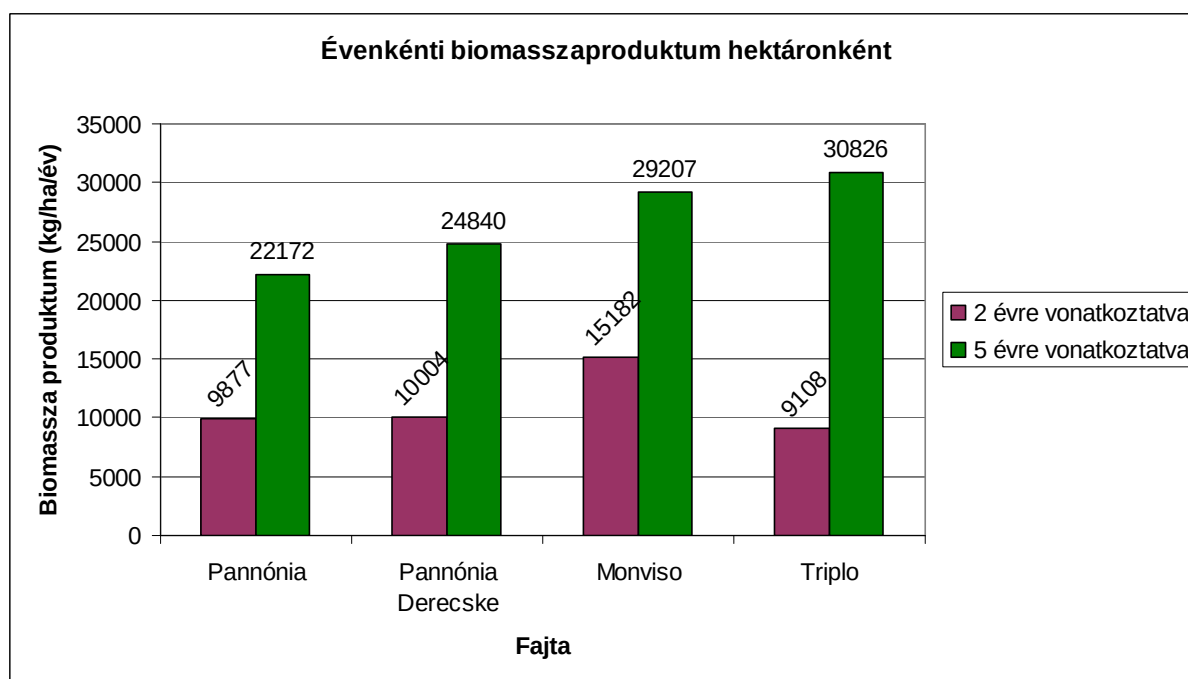


8. ábra – 2 vágásforduló összevont biomassa-produktuma

Ha a kapott értékeket megszorozzuk kettővel, akkor megkapjuk, hogy négy év alatt mekkora biomassza produktummal számolhatunk 2 éves vágásforduló esetén. A kapott értékekből egyértelműen kiolvasható, hogy a legnagyobb hozamú az AF-2, a Villafranca és a Triplo klónok. Ez azért is érdekes, mert az ültetés utáni első két év során a Villafranca és a Triplo a második és harmadik leggyengébb hozamot érte el. Azonban az első sarjztatás után rendkívüli hozamnövekedést értek el. Már két vágásforduló alatt is a legjobb hozamot produkálták, így a további vágásfordulókkal a különbség csak nőni fog a javukra. (Ezt bizonyítják a második sarjztatás utáni mérések) Tehát leginkább ezen klónok telepítése javasolható. Az összes mérés azt az eredményt szolgáltatja, hogy az I-214 nevű klón rendkívül gyenge hozamot produkált a többihez képest, így ennek a klónnak az ültetését nem javasoljuk.

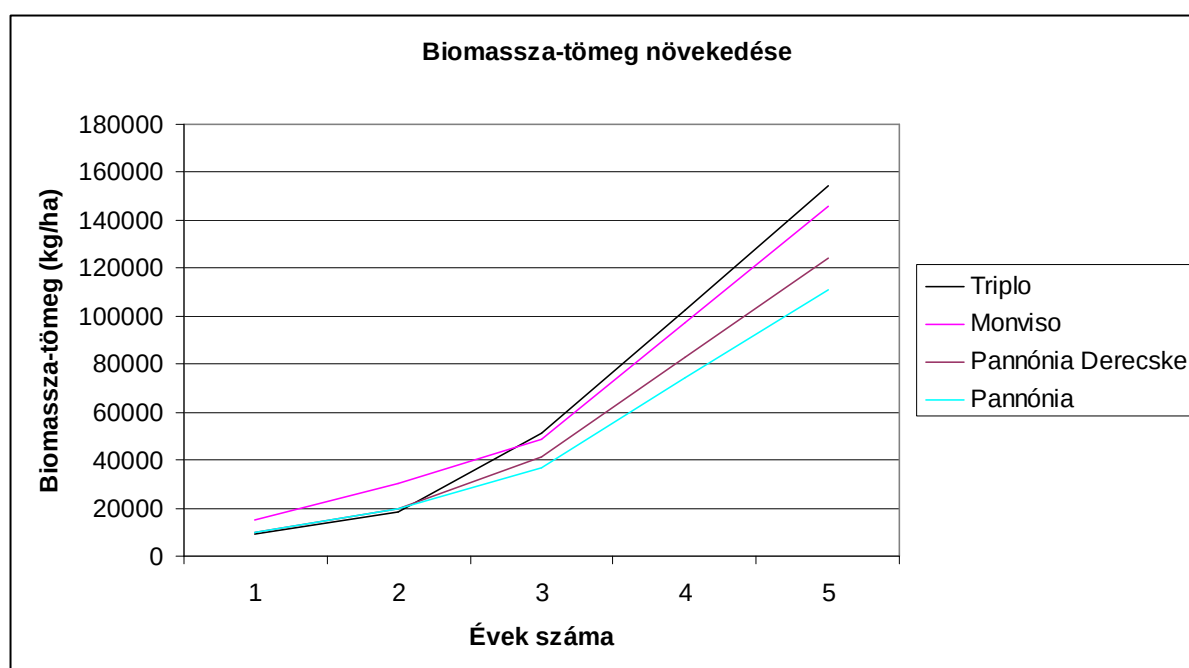
5 éves egyedek hozamának vizsgálata

2010-ben lehetőségünk volt 4 klónnak az 5 éves egyedeit vizsgálnunk, melyeket addig még egyszer sem vágtak le. Ezek hozamát is ki tudtuk számítani a függvény segítségével, majd összehasonlíthattuk Károlyi Andrea 2008-as méréseivel, amikor ezek a fák két évesek voltak. A kapott biomassza-produktum adatokat elosztottuk az eltelt évek számával, így megkaptuk az éves biomassza-produktumot két évre, illetve öt évre vonatkoztatva is. (9. ábra)



9. ábra évenkénti biomassza-produktum 2 éves és 5 éves fáknál

A szemléletesség érdekében a két éves és az öt éves hozamadatokat alapján kiszámítottuk, hogy mennyi lehetett a biomassa-tömeg az első, a harmadik, és a negyedik évben. Ezt úgy oldottuk meg, hogy a két évre vonatkozó biomassa-produktum adatokat elosztottuk kettővel, így megkaptuk az első évre vonatkozót. Ezután az 5. évben mért adatokat harmadoltuk, így megkaptuk a 3. éves adatokat, illetve a 4. évi adatokat. Ezen számítás szerint biomassa-produktumnövekedés a 2. évtől kezdve elkezd felgyorsulni, majd a 3. évtől még intenzívebbé válik. Ez a fajta számítás azért tükrözi híven a valóságot, mert a dugványok az első két évben még gyökeret fejlesztenek, majd a fás szár növekedése a 2. évtől kezdve gyorsul fel. Ha lennének mérési adataink az ültetés utáni első évből is, akkor azok valószínűleg azt az eredményt szolgáltatnák, hogy az első évben kisebb a biomassa-produktum, mint a másodikban. Viszont ezen adatok hiányában úgy vettük, hogy a biomassa-produktum megegyezett az első két évben. (10. ábra)



10. ábra – Biomassa-tömeg növekedése 5 éves időintervallumban

Az ötéves fákon végzett méréseink is alátámasztják a 2011-es mérésünk eredményeit, miszerint a Triplo rendkívüli növekedésre képes, azonban a kezdeti növekedése rendkívül lassú, így valószínűsíthető, hogy az első aratás során kisebb hozammal kell számolnunk, mint a többi klón esetén. Ezt azonban a későbbiek során kompenzálja.

A mérések értékelésekor azonban figyelembe kell venni, hogy minden fafajnál 90%-os eredméllyel számoltunk. Azonban az eredés mértéke a termőhelytől, a dugvány minőségétől és az ültetés évében lehullott csapadék mennyiségétől erősen függ. A kísérleti terület közel ideális termőhelyen fekszik, így itt a 90%-os eredés reálisnak mondható, de így is voltak egyes fafajok, melyek sorában több méter hosszan nem eredt meg egyetlen dugvány sem. Azonban ennek több oka is lehet, így mindenhol az ideális 90%-os eredméllyel számoltunk.

Következtetések, és javaslatok

- A vizsgálataink során kiderült, hogy a sarjcsokrok biomassza-tömege jól becsülhető az egyes sarjak tökerületének segítségével. Ehhez a Dr. Veperdi Gábor által leírt függvény alkalmazható [$y = 0,0004 \cdot x^{2,2796}$, ahol $y =$ tömeg, $x =$ átmérő], ha a függvény segítségével kapott tömeg értékeket súlyozzuk a sarjak átmérőinek négyzetes átlagával.
- Azt is megállapítottuk, hogy ez a **függvény csak a nemesnyár klónok esetén** ad teljesen **megbízható** eredményeket. Ez azt jelenti, hogy a nemesnyár klónok esetén a mért eredmények, és a **mérési eredmények közti** átlagos eltérés 7,4%. Ez azonban tartalmaz két kiugróan nagy eltérésű eredményt is. Ezek valószínűleg mérési hibából adódtak, így ha ezeket kivesszük a számításból, akkor az **átlagos eltérés 5,85%-os**. A **fűzek** esetén a függvény általában **fölébecsül**. Ennek átlagos értéke **14%**. **Akác** esetén a **függvény általában alábecsül**. Ennek átlagos értéke **12,1%**. Kinincs esetén valószínűleg ugyanezek az eredmények adódnának alaposabb vizsgálat esetén. A zöldjuhar esetén teljesen pontatlan a függvény, így használata nem javasolt. A bálványfa tömegbecsléséhez sem biztos, hogy alkalmazható, de ehhez további vizsgálatok szükségesek még.
- A levéltömeg-arány mérések azt az eredményt adták, hogy a fűzek, az akác és a kinincs levéltömeg-aránya kisebb, míg a bálványfáé és a zöldjuharé nagyobb, mint a nyáraké. Ezek az értékek a tápanyag utánpótlás szempontjából fontosak, a továbbiakban tovább vizsgálándók.
- A sarjcsokrok hozambecslésére kapott függvény segítségével [$y = 0,004 \cdot (\sqrt{g_{\text{átl}}/\pi})^2 \cdot 2^{2,2796} \cdot a$ ahol $g_{\text{átl}} =$ átlagos körlapösszeg, $a =$ sarjak darabszáma] kiszámított tömegadatok alapján egyértelműen megállapítható, hogy egy jónak mondható termőhelyen a legjobb növekedésre képes klónok az AF-2, a Triplo a Villa-

franca, a Pannónia nyár és a feketenyár klónok. Fontos azonban hozzáfűzni, hogy a Triplo az első két évben rendkívül lassan nő, ellenben utána 200 %-kal is megnő a hozama. A különböző klónok között egyik sem volt alkalmatlan az ültetvénylétesítéshez. Minden klón legalább 16 tonna/ha/év biomassza-produktummal rendelkezett a sarjzattatás után, ami garantálja a nyereségességet. A legjobb hozamúak 28 tonna/ha/év biomassza-tömeget produkáltak.

- Az öt évet felölelő vizsgálati eredmények alapján kijelenthető, hogy az első két év alacsonyabb hozama után szinte az összes fajtánál rendkívüli hozamnövekedés kezdődik. Ez azt jelenti, hogy az első két év hozamához képest a 3.-5. év hozama akár 200%-kal is magasabb lehet. Ez alól kivételt jelentenek az AF-6 és a Monviso klónok. Ennek okát a későbbiekben célszerű vizsgálni. Más területeken, pl. Szeremlén ezeknek a klónoknak a hozamnövekedése 70%-os volt az első és a második aratás között. (Kovács G. 2011, szóbeli közlés)
- Az öt éves fák fejlődésének nyomon követése alapján javasolható, hogy az ültetés utáni első aratás ne az ültetést követő második év végén történjen, hanem legalább a harmadik, vagy inkább a negyediket követően. Ezt az első két évre vonatkozó évi biomassza-produktum, és az 5 évre vonatkozó biomassza-produktum közti jelentős eltérés igazolja. Vizsgálataink alapján az öt éves időintervallum alapján számolt éves biomassza-produktum több mint 100%-kal magasabb az első két év alapján számoltánál. Ennél későbbi aratás az aratás technológiája miatt nem javasolt.
- A mérések során nyilvánvalóvá vált, hogy a feketenyár és a szürkenyár klónok tömegbecsléséhez a második aratás után más felvételezési módszer kell a nagyszámú sarj miatt. Ez még a jövő kísérleteinek feladata lesz.

Összefoglalás

A TDK dolgozatunkban megvizsgáltuk, hogy milyen összefüggéssel becsülhető meg a sarjzattatott nemesnyárak biomassza-produktuma. Ennek azért volt nagy jelentősége, mert csak így tudtuk összehasonlítani a különböző klónok hozamát.

Vizsgálatainkat a **Győri-Kert Agrárenergetikai Kft.** által létesített Moha 062/9 helyrajzi szám alatt található kísérleti területen végeztük. A felvételezés két alkalommal történt.

2010 júliusában, és 2011 szeptemberében. Továbbá rendelkezésre álltak számunkra 2008-as adatok is.

Kutatásaink során sikerült megbízható módszert találnunk a sarjzatatott nemesnyár energiaültetvények hozambecslésére. Ezenkívül a dolgozat során felmerült igényként egy módszer, az akác és a fűzek pontosabb hozambecslésére, mert ez még nem megoldott.

A megfelelő becslési módszer után megvizsgáltuk a különböző klónok, és a hozamok közti összefüggéseket. Eredményül azt kaptuk, hogy az ültetvény létesítése után a fák növekedése az első két év után felgyorsul, így a megtérülés érdekében az első aratást célszerű a 3. vagy a 4. vegetációs időszak után elvégezni, így az első vágásforduló során nagyobb nyereséget érhetünk el.

A sarjzatatás utáni hozamokat összehasonlítottuk a sarjzatatás nélkül elért hozamokkal, és eredményül azt kaptuk, hogy a hozam akár 200%-kal is növekedhet egyes fajták esetében.

A hozamokat az eltérő klónok szempontjából megvizsgálva arra az eredményre jutottunk, hogy kiemelkedő hozamokra képesek az AF-2, a Triplo, és a Villafranca klónok.

Gyakorlatban a Triplo dugványok meggyökeresedése nehézkes, kisebb a megeredésük akár 20-30%-kal is, mint az AF-2 esetén. (Győri T. 2011, szóbeli közlés). A mérési adatok szerint a Villafrancával érdemes további üzemi területeket kísérleti céllal beállítani.

Summary

In our scientific essay we have studied the relation between the diameters of the trunks of shoot-derived poplars and the amount of biomass obtainable from them. The importance of our research was that it made us capable of comparing the yield of different poplar clones.

Our research has been carried out on the experimental forest plantation located in Moha (lot number of the site is 062/9). The forest was planted and it is owned by a firm called „Győri-Kert Agrárenergetikai Kft”. Two measurements have been carried out during our research. One of them was made in July 2010 and the other one in September 2011. There were some datas from 2008 available for us to make the result of our research more reliable.

Having finished our work we could say that we managed to find a reliable method to assess the yield of the plantations of energy forest consisting poplars and willows derived from shoots. Besides, during our research it came out that there was a demand for the same method for assessing the yield of false acacia (*Robinia pseudoacacia*).

Having found the appropriate method of estimate we examined the relation between different types of poplar clones and their yield. On the basis of our research we can say that the growth of trees speeded up after the first two years following the act of planting; so it would be practical to get in the first harvest after the end of the third or the fourth vegetation period to make the enterprise more profitable. (In this way the owner can gain a higher profit after the first harvest.)

We have compared the yield of poplars derived from shoots with the yield of poplar cuttings. (In the second case poplar cuttings served as an original propagation material.) We found that the yield of the first one can be twice as much as the yield of the second one in the case of some poplar species.

Having investigated 15 different clones we found that the clone type AF-2, type Triplo and type Villafranca produced an outstanding yield. According to Győri Tibor, who is the owner of the plantation of the energy forest, the rooting of Triplo cuttings is problematic, their viability can be 70-80% of the viability of the clone type AF-2.

On the whole, taking all the measurements carried out into consideration, we can state that Villafranca clones are worth planting on experimental forest plantations.

Köszönetnyilvánítás

Ez a dolgozat nem készülhetett volna el a következő személyek odaadó segítségével:

Elsősorban konzulenseinknek, Dr. Kovács Gábor egyetemi docens úrnak és Dr. Veperdi Gábor egyetemi docens úrnak szeretnénk megköszönni a dolgozat készítése során nyújtott nélkülözhetetlen segítségüket.

Emellett hálával tartozunk Győri Tibornak, a Győri-Kert Agrárenergetikai Kft. tulajdonosának, illetve a cég dolgozóinak.

Mellékletek

1. táblázat – Levéltömeg aránya

Klón/fajta	Össztömeg (kg)	Levéltömeg (kg)	Levéltömeg aránya (%)
AF6	4,06	1,26	31,0
AF2	3,92	1,08	27,6
Feketenyár ásványráró	3,48	0,9	25,9
Feketenyár moha	3,94	1,12	28,4
Feketenyár csemete	4,32	0,6	13,9
Feketenyár visszavá- gott	2,66	0,93	35,0
Villafranca	3,82	0,56	14,7
Szürkenyár	3,36	1,42	42,3
Monviso	4,56	1,22	26,8
I-214 Moha	5,52	1,74	31,5
I-214 Derecske	4,86	1,38	28,4
Pannónia	7,48	1,2	16,0
Pegaso	3,06	0,44	14,4
Pannónia	3,92	1,02	26,0
Triplo	7,44	1,04	14,0
Zöldjuhar	5,18	1,42	27,4
Kinincs	2,82	0,3	10,6
Akác	2,08	0,42	20,2
Bálványfa	1,46	0,46	31,5
Fűz	5,04	0,78	15,5

Nyár átlag	25,0
------------	------

2. táblázat – Hektáronkénti éves és összevont biomassza-produktum

fafaj	Évenkénti biomassza-produktum (kg/ha/év)				Összevont produk- tum
	dugványozás után	1. sarjzattatás után	2. sarjzattatás után		
AF2	13140	26789	26796		39929
AF6	15075	18145	16628		33220
FTNY	7695	24213			31908
Monviso	15165	14995	18279		33444
Triplo	9090	7511	28889		37979
Villa franca	7470	28833			36303
Pegaso	11228		16639		27868
Pannónia	9855	21815			31670
I-214	5778		17600		23378

3. táblázat – Két éves biomassza-produktum

2 éves biomassza-produktum		
	Dugvány (kg/ha)	Első sarjzattatás után (kg/ha)
AF2	26280	53579
AF6	30150	36289
FTNY	15390	48425

Monviso	30330	29990
Pannónia	19710	
Triplo	18180	15021
Villafranca	14940	57666
I-214 moha	11557	
Pegaso	22457	

4. táblázat - Éves biomassza-produktum 5 évre lebontva (kg/ha/év)

Évek száma	1	2	3	4	5
Pannónia	9877	19753	36954	73907	110861
Pannónia De- recske	10004	20008	41400	82801	124201
Monviso	15182	30364	48679	97357	146036
Triplo	9108	18215	51377	102753	154130

Irodalomjegyzék

- Afforest Agrárenergetikai Kft-Győri-Kert Agrárenergetikai Kft „Energiaültetvények”, (2007), www.energyforest.eu
- Dobos A.- Megyes A.- Sulyok D. (2006): Fásszárú növények energetikai célú hasznosításának lehetőségei a Nyírbátori kistérségben, Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Debrecen
- Dr. Kovács G. - Heil B. (2010): 2 éves nemes nyár energia ültetvény aratása a Bakony-alján, Mezőhír
- Dr. Kovács G., (2010): Kárenyhítő energiaültetvények, vigyázzunk, a kocsi ne előzze meg a lovat!
- Győri T., Magyari Cs. (2007): Rövid vágásfordulójú Alasia New Clones nemesnyár ültetvények technológiája, www.energyforest.eu

- Horváth J. (2009): *GEO-MONTAN KFT. előadása, 2009.11.16.*
- Jung L. (2005): *EGERERDŐ Rt., „A biomassza felhasználásának formái”, Budapest, 2005. október 25., p.306*
- Knur L.; Hartman H.; Günther-Dieng K., Murach D.; Arezt A.; Hirschl B.; Schulte A.; Hagemann H. (2009): *Rechtliche und administrative Rahmenbedingungen für die Dendromasseproduktion und -nutzung in Brandenburg, DENDROM – Zukunftsrohstoff Dendromasse*
- Nemzeti Cselekvési Terv, 8. oldal, 169-171. oldal
- Rénes János,(2005): www.energyforest.eu
- Sarkadi J. (1975): *A műtrágyaigény becslésének módszerei, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*

<http://www.pointernet.pds.hu/ujsagok/agraragazat>

/2006/08/20061010164316473000000313.html

<http://www.energyforest.eu/>

http://www.entor.hu/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=7&Itemid=47

<http://www.geomontan.hu/>