

Nyugat-magyarországi Egyetem

Erdőmérnöki Kar

Környezet- és Földtudományi Intézet

Fás szárú energia-ültetvényekben alkalmazható fafajok és fajták hozamvizsgálata



Konzulens:

Dr. Kovács Gábor egyetemi docens

Készítette:

Kardos Bendegúz Gábor

IV. évf. Erdőmérnök szakos hallgató

A dolgozat a TALENTUM-Hallgatói tehetséggondozás feladatrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP-4.2.2. B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Sopron

2012

Tartalom

BEVEZETÉS 3

Az energiaültetvény kérdés aktualitása 3

IRODALMI ÁTTEKINTÉS 5

Fás energetikai ültetvény fogalma, jellemzői 5

Megújuló energiaforrások..... 6

A biomassa és kiválasztásának okai 7

Fás szárú biomassa és a kiválasztásának okai 7

Miért nem lágy szárú biomassa? 9

Fás szárú biomasszák..... 9

Fás szárú rövid vágásfordulójú energiaültetvényekről..... 11

Nyár jellemzése 12

Miért ANC (Alasia New Clones) Nemesnyár? 14

Terület kiválasztás..... 14

A fajták kiválasztása..... 15

Hozambecslés..... 16

ANYAG ÉS MÓDSZER 18

Növényi mintavétel..... 18

Talajmintavétel..... 22

Talajvizsgálat..... 22

MÉRÉSI EREDMÉNYEK..... 23

Levéltömeg-arány kiszámítása 23

Tömeg meghatározása a tőkerület függvényében 23

Hektáronkénti éves biomassa-produktum..... 27

Biomassa-produktum alakulása egy vágásfordulón belül 29

A 3. vágásciklus statisztikai adatai 30

Két éves biomassa-produktumok összehasonlítása..... 30

3 vágáscikluson keresztül vizsgált vágásfordulónkénti átlaghozamok..... 32

<i>5 éves egyedek hozamának vizsgálata.....</i>	<i>33</i>
<i>Tömegadatok fajtánkénti szórása.....</i>	<i>35</i>
<i>Az időjárási tényezők hatása az egyes fajtákra</i>	<i>36</i>
KÖVETKEZTETÉSEK, ÉS JAVASLATOK.....	36
ÖSSZEFOGLALÁS.....	38
SUMMARY	39
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	40
MELLÉKLETEK	40
IRODALOMJEGYZÉK	43
ÁBRAJEGYZÉK	45
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	45
KÉPEK JEGYZÉKE	45

Bevezetés

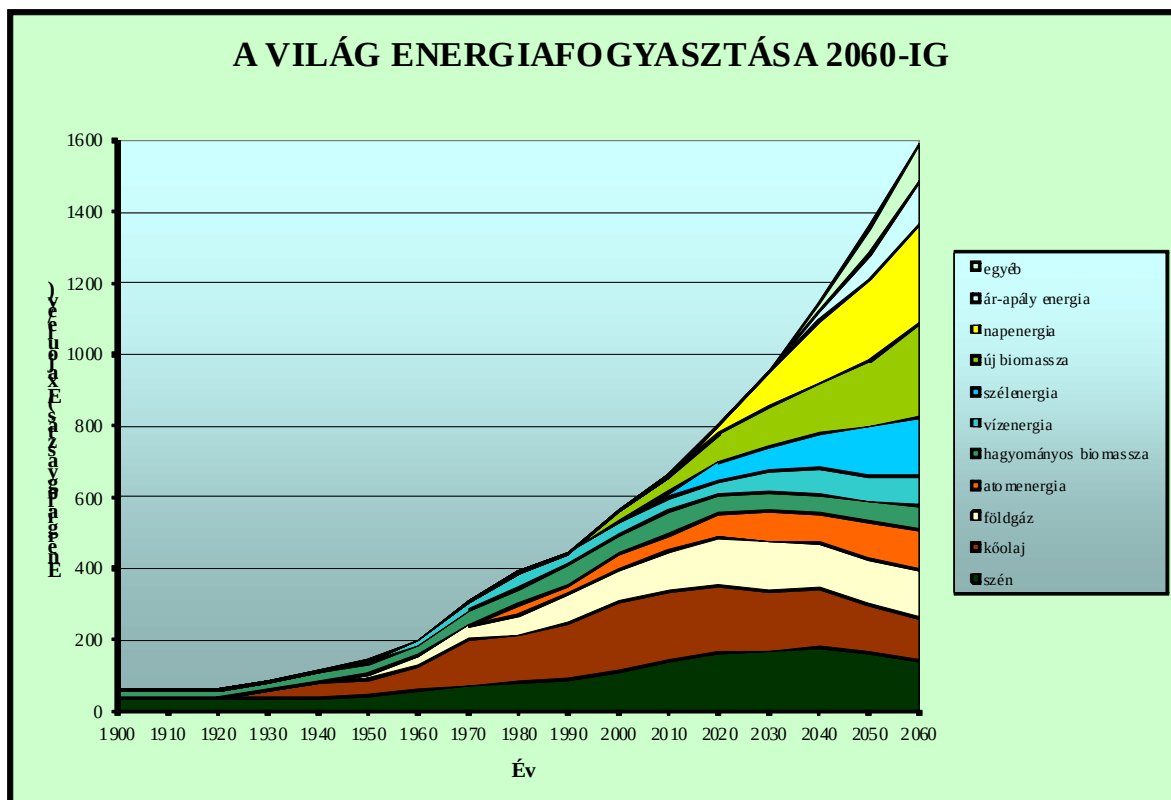
Az elmúlt (és főleg az előttünk álló) évek drasztikus energiahordozó árnövekedési, valamint környezetvédelmi célkitűzések miatt egyre nagyobb figyelmet kell szentelni az alternatív, ezen belül a megújuló energia-hordozók felhasználása iránt. Mind a nagyobb (erőművek, fűtőművek), mind a kisebb, helyi (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 energiaszükségletének 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 alapján eldönthető, hogy mely területeken javasolható tájvédelmi szempontból is az energia ültetvények telepítése.



1. ábra: 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. ábra) (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 növvő, sarjzatható 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.



1. kép: Energetikai faültetvény (fotó: Kovács Gábor)

Energetikai faültetvény: a mezőgazdasági ültetvénygazdálkodási művelési ágba sorolandó, energifa 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 biomassza és kiválasztásának okai

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

Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve szerint a kormány a biomassza 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 biomassza a keletkezési helyhez közel kerüljön felhasználásra. Mindezekkel azt a célt kívánják elérni, hogy a biomassza 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 szilárd biomassza lesz előreláthatólag a legnagyobb arányban hasznosított megújuló energiaforrás Magyarországon – mondta Czerván György, a Vidékfejlesztési Minisztérium (VM) agrárgazdaságért felelős államtitkára a Vidékfejlesztés és bioenergetika című gödöllői tanácskozáson.” (WWW.KORMANY.HU)

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 pénzt energiahordozókra költeni, ha azokat gazdaságosan ki tudjuk váltani hazai energiahordozókkal.



2. kép: 1 éves sarjzatott nemesnyár-ültetvény a mohai csemetekertben (fotó: Kovács Gábor)

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 fás szárú növények eltüzelésének technológiája már kiforrott, és hazánkban is több erőmű van, amely erre alkalmas.

Ennek következtében jelenleg a fás szárú biomasszára folyamatos a kereslet, míg a lágyszárúra egyelőre még nem. (RÉNES JÁNOS, WWW.ENERGYFOREST.EU)

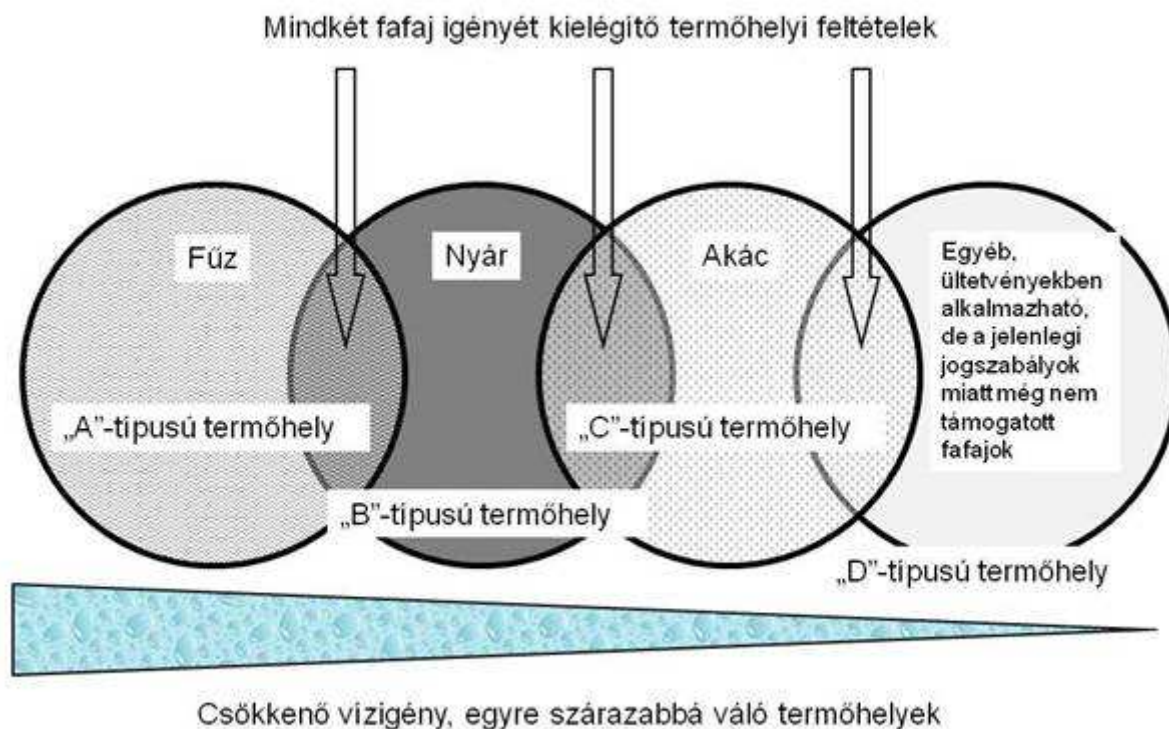
Fás szárú biomasszák

Hazánkban a jelenlegi jogszabályok alapján az ültetvényekben alkalmazható és támogatható fafajok az akác, a fűz és a nyár. Ezek mellett kísérleti jelleggel létesültek már zöldjuhar, bálványfa, ezüstfa, pusztaszil ültetvények is. (KOVÁCS G. 2010)

Az akác, a fűz és a nyárak termőhelyi igényük alapján elkülönülnek egymástól. A fűz a legvízigényesebb, majd ezt követik a nyárak, 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.



2. 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. Prof. Dr. Mátyás Csaba 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 növekedését 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

A legrégebbi németországi rövid vágásfordulójú nemesnyár-ültetvényt 1976-ban létesítették. Ezt az ültetvényt két éves vágásfordulóval kezelik, és már többször felújították. (JANSEN & WYPUKOL 2009)

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 metszéssel aratnak. 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.



3. kép: Nemesnyár sarjcsokor (fotó: Kovács Gábor)

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 nyárok 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 hektáronkénti éves hozamot értek el. Feltételezve egy 15 t/ha/év átlaghozamot, olajegyenértékben ez a hozam 5t/ha-nak felel meg. A 15 tonna/ha/év-es átlaghozam kiválasztása azért is célszerű, mert WALOTECH & MURACH (2006) lengyelországi kísérleteik során is ekkora hozamot értek el.

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

1. 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 fajtákkal, és ezek meggyőző eredményére támaszkodva hoztunk létre szaporítóanyag-termelő anyatelepeket, és honosítottuk a termesztési technológiát.

Terület kiválasztás

Az ANC nemesnyárak 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. A több klónból álló fajtaválaszték lehetővé teszi a különböző talajok használatba vételét.

A nyárak fény, meleg, talajlevegő és vízigényes fajok. A hőmérsékleti és fényigények Magyarországon elegendőek a megfelelő hozamok eléréséhez. Németországi kísérletek szerint a nyáraknak legalább 6,5°C-os évi középhőmérsékletre van szükségük. (RASCHKA 1997, SCHILDRACH ET AL. 2009)

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, úgyne-

vezett 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 talajfizikai, és klimatológiai adatokra nagy figyelmet fordítanak Németországban is, ahol az ültetvények létesítése előtt mindig beszerzik a szükséges információkat. (MURACH ET AL. 2009)

A talaj levegőzöttsége főként a talajtípustól, a talaj kötöttségétől, a víz-viszonyoktól függ. 60-65-ös Arany-féle kötöttségi szám fölött a nyárok 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 egyes klónok számára jó termőhelyek, de a pangó vizet ezek 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 klónok.

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 nagy biotomassza-termék jelentős tápanyagszükséglettel jár, ezért az ültetvények tápanyag-utánpótlása rendkívül fontos, melyet műtrágyázással lehet megoldani. Egyes kísérletek szerint az első évben nem feltétlenül szükséges a tápanyag-utánpótlás, csak a 2. évtől kezdve. (JUG ET AL. 1999, KAHLE ET AL. 2007)

BEHRENDT ET AL. (2003) kutatásaik alapján évente 15-25 kg tápanyagot kell kijuttatni hektáronként.

A fajták kiválasztása

Az olasz tapasztalatokat is felhasználva a Győri - Kert Kft. a 2004. évtől kezdve telepített klón-összehasonlító kísérleteket az ország szinte minden részében. Ezek, valamint az

adott termőhelyi körülmények ismeretében a klónok között néhány különbségre hívom 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) 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

A 80-as, 90-es évek gyorsan növő fafajtáin végzett kísérletek szolgáltatott 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-becslésére 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)

Az utóbbi időben inkább a tömegfüggvény megadása terjedt el. RÖHLE ET AL. (2006) is a töátmérő függvényében vizsgálták a fatömeget, és az általunk használthoz nagyon hasonló függvényt kaptak.



4. kép: Tömegmérésre váró levágott sarjcsokrok a kísérleti területen (Kovács Gábor)

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.

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

Az első felvétel 2010 júliusában valósult meg, melynek során ötösével vagy hármasával vételeztam fel a fákat. Ennek során minden egyednek attól függően, hogy volt-e már vágva vagy sem megszámoltam hány sarja van, ezeknek lemértem 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 mértem.

Ebben az évben a következőképpen alakultak méréseim:

- 5 éves fák, mellmagassági kerület: I-214, AF-2, Pannónia nyár, AF-6
- 5 éves tő, egy éves hajtással. Itt tőkerület és magasságmérés történt: Villafranca, Monviso, Triplo, AF-6, AF-2 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 sarjadzás a jellemző.
- A 2006-os Pannónia nyár ültetvényénél azáltal, hogy akkor még nem volt levágva minden 3. fánál tő és mellmagassági kerületet, illetve átlagmagasságot mértem. Emellett a Monviso és Triplo ültetvények egy része sem volt levágva. Itt minden egyes fánál lemértem a fentebb említett adatokat.

Második mérésem 2011 szeptemberében történt, amikor szintén hármásával és ötösével vettem fel a fákat. Ekkorra már mindegyik fát legalább egyszer levágták, így az első méréstől eltérően csak tőkerületet és magasságot tudtam mérni.

Ebben az évben a 2. táblázatban feltüntetett ültetvény minden fajtájából, tehát minden sorból kivágásra került három-három egyed (a sor elejéről, közepéről, illetve végéről), majd a kivágott példányokat levéllel együtt, de gyökérzet nélkül lemértem 20 gramm pontosságú mérleggel. Több fajtánál a hiányzó részek miatt sajnos nem volt lehetőség 3 egyedet kiszedni, így néhol csak kettő mérés történt.

Moha hrsz: 062/9
2006 Kísérlet: Összehasonlító elemzés Sorok hossza: 160m, tőtávolság 0.5 m, sortávolság: 3 m
AF6 AF2 Feketenyár Ásványrári Feketenyár Moha Feketenyár Csemete Feketenyár csemete visszavágva Villafranca Szürkenyár Monviso I-214 Moha I-214 Derecske Pannónia nyár Moha Pegaso Pannónia nyár derecske Triplo

2. táblázat: A kísérleti terület beosztása

A hiányok a következőképpen alakultak:

- első mérés nem hiányzik sehonnan
- csak a második mérés hiányzik: I-214 Moha

Ezek után minden lemért tömegű fának megszámláltam a sarjait, melyeknek lemértem a tőátmérőit.

Miután lemértem az összes fa leveles tömegét, a középértéket mutató összes példány leveleit leszedtem. A lekopasztott fákat szintén lemértem.



5. kép: Lelevelezett sarjcsokor a tömegmérés előtt (fotó: Kovács Gábor)

A 2007-es ültetvényben tömegmérés melletti felvételeim 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
- Az I-214 Moha fajta felvételezése szintén ötösével történt, viszont a mérés közben több méteres hiányzó részekkel kellett szembesülnöm. (kb. 6 méteres hiányok és a sor hátuljáról történt a mérés)
- A Pegaso fajtánál 10 egyed felvételére volt lehetőségem
- 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.

A harmadik mérést 2012 októberében végeztem el. Az előző évek méréseihez alkalmazkodva itt is 3-asával, illetve 5-ösével történt a felvételezés. Ekkor már az eddigi tapasztalatokból kiindulva magasságot nem mértem, csak a sarjak számát, és azok tőkerületeit. A lemért fajták számát is lecsökkentettem a gazdaságilag fontos, eddig létesült ültetvényekben alkalmazott fajtákra. Ezek a 2. táblázatban félkövér betűstílussal kiemelt fajták. Továbbá fajtánként 9 faegyedet kivágtam, és ezek tömegét lemértem, valamint megszámláltam a sarjakat, lemértem tőkerületüket, és átlag-magasságukat.

Az 2012. októberi mérések a következőképpen alakultak:

- Sarj darabszámok, tőkerület és magasságmérés hármassával mért egyedeken: AF6, AF2, Triplo
- Sarj darabszámok, tőkerület és magasságmérés ötösével mért egyedeken: Monviso, Pegaso, I-214 Derecske, Pannónia Derecske
- 9 sarjcsokor tömegmérése fajtánként



6. kép: Sarjcsokrok tömegmérése (Győri Barbara a képen) (fotó: Kovács Gábor)

Talajmintavétel

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



7. kép: A helyszínen kiásott talajszelvény (fotó: Kovács Gábor)

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 gödör kiásása történt kanalas markoló segítségével. A morfológiai vizsgálatokat és a talajmintákat a szelvény fő,- és homlokfalán végeztem. Megfigyeléseinket a "Helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyv"-ben rögzítettem. A kiásott szelvény homlokfalán éles késsel lefelé haladva, 20-30 cm szélességben 1-2 cm átmérőjű talajrészeket pattintottam ki. Így jobban tanulmányozha-

tó a talaj eredeti szerkezete, színe, tulajdonságai. Ezután a szelvény bal sarkába helyezett mérőszalaggal leolvastam az egyes rétegek mélységét és vastagságát.

Az így kipreparált homlokfalon azonosítottam a talaj színét, a humuszos réteg vastagságát, a gyökerek eloszlását, a talaj szerkezeti állapotát, tömödöttségét, nedvességét, sósavval lecseppentve a CaCO_3 tartalmú rétegeket. Az elütő rétegeket késsel meghúzott vonallal elhatároltam. Feljegyeztem az átmenet jellegét is.

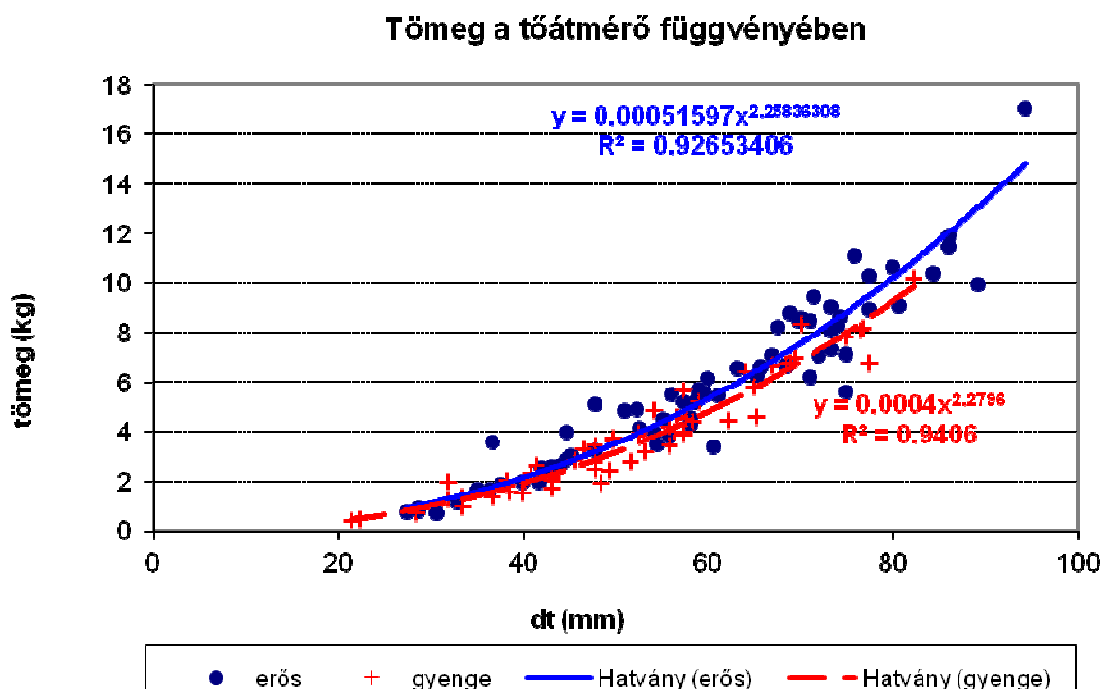
Mérési eredmények

Levéltömeg-arány kiszámítása

A terepen végzett mérések eredményeit a Microsoft Excel program segítségével dolgoztam fel. Első lépésben összefüggést kerestem a nedves biomassa-tömeg kiszámítására. Ez azért is volt nehéz feladat, mert a méréseket nyáron, a vegetációs időszak vége felé végeztem. 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 eltávolítottam a leveleket, és lemértem azok tömegét is. Ezután az Excelben már ki tudtam számítani a levéltömeg arányát, majd ezen arány segítségével a másik két mintafa levéltömegét is kiszámítottam. Ezután már könnyen meghatározhattam a fás szár tömegét. Az így kapott adatok lettek a kontroll a későbbi számítások során.

Tömeg meghatározása a tőkerület függvényében

Az energiaültetvények nagy homogénsége miatt a fák tömegét jól tudjuk becsülni az átmérő, illetve a kerület függvényében. A tőátmérő és a magasság kapcsolatát vizsgálva a biomasszával megállapítható volt, hogy a legjobb korrelációt nem a magassággal, hanem a tőátmérővel mutatja (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)

A 3. ábrán bemutatott összefüggés a nyárok tőátmérőjének és tömegének viszonyáról az isztimér 0236 hrsz. ültetvény hozamadataiból származik (Kovács és Heil, 2010). Kiindulási alapul a két összefüggés közül a gyengébb termőhelyre vonatkozót (piros színű) használtam fel, viszont meg kellett vizsgálni, 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.

A függvényt először megpróbáltam közvetlenül alkalmazni úgy, hogy az egyes sarjakat különálló fákként kezeltem, és mindegyik sarj tömegét külön-külön kiszámítottam, majd ezeket a tömegeket összeadtam. 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 számoltam, majd ezek segítségével kiszámítottam az átmérők négyzetes átlagát. Ezek után ismét alkalmaztam, 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 kiszámoltam a mintafák tömegét az összes klónra. Eredményül azt kaptam, hogy a nyár-klónok esetében megfelelő adatokat szol-

gáltatott 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 függvény a feketenyár 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.

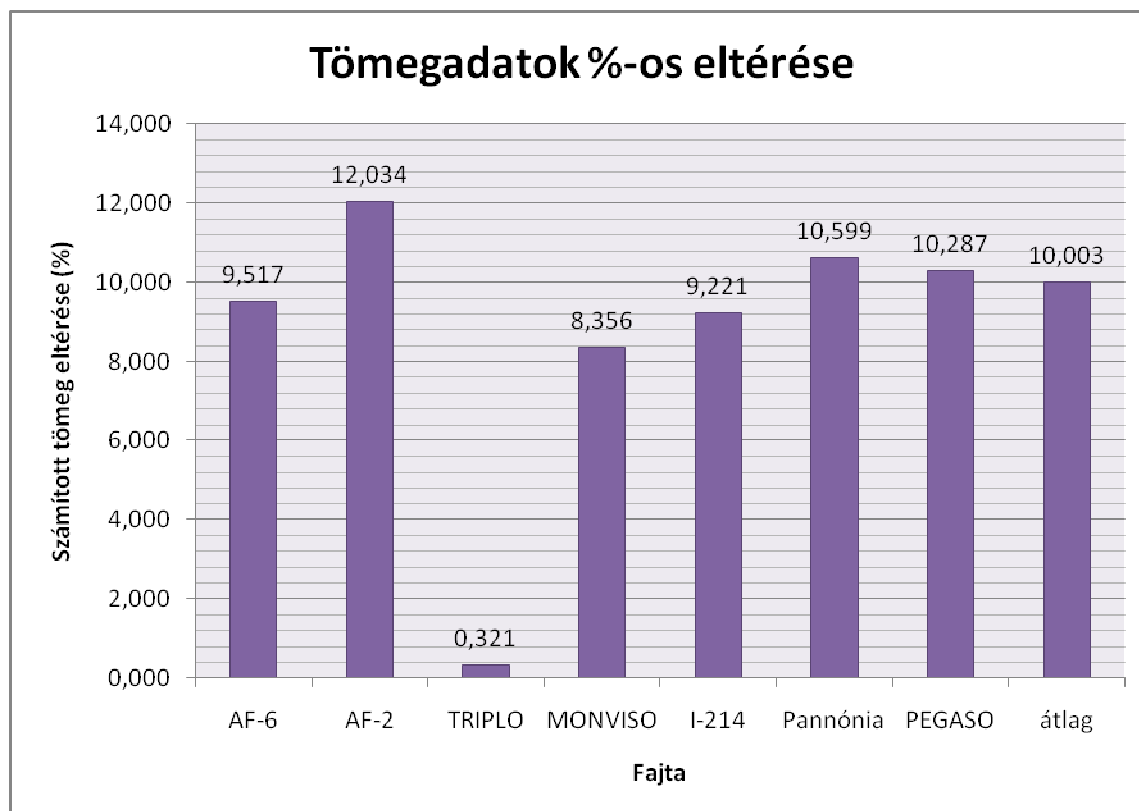
Tehát összességében elmondható, hogy a Dr. Veperdi Gábor által 2010-ben létrehozott függvény a nyár klónok esetén az átmérők négyzetes átlagával súlyozva megfelelő értékeket ad.

A megfelelő összefüggés felírása után már könnyen tudtam a méréseim során felvett terület adatokból biomassa-tömeget számolni. Fajtánként minden sarjnak kiszámoltam a körlap-összegét, majd ebből egy négyzetes átlagátmérőt. Végül a függvény segítségével megkaptam az egyes sarjcsokrok tömegét. Ezt fajtákra lebontva megtettem. Miután minden egyes sarjcsokor tömegét kiszámítottam, vettem ezek számtani átlagát. Az ültetési hálózat 0.5x3-as. Az ideális 90%-os eredéssel számoltam (kivétel Triplo, lásd lentebb), így az egy sarjcsokorra vonatkoztatott biomassa-tömeget 6000-rel szorozva megkaptam a hektáronkénti biomassa-tömeget. Ezt megtettem a 2010-es, 2011-es és 2012-es mérések adataival is. A 2010-es mérési adatokból ki tudtam számítani az 5 éves fák tömegét Mohai Pannónia nyár, Derecskei Pannónia nyár, Monviso és Triplo nyárok esetén. Ezek voltak azok a fajták, melyeket 2010 nyaráig egyszer sem arattak le, így az 5 éves hozamról kaptam adatokat. Ezeknél Dr. Veperdi Gábor által létrehozott eredeti függvényt alkalmaztam a tömeg kiszámításához.

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

2011 tavaszán az egész ültetvényt learatták, így 2011 őszén már az egész ültetvényen 1 éves hozamot vizsgálhattam másodszori sarjaztatás esetén. 2012 őszén pedig 2 éves (vágás előtti) hozamot vizsgálhattam, így két teljes vágásfordulóról rendelkezésemre álltak adatok.

2012-ben a szélsőséges körülmények miatt az előző évi adatok alapján létrehozott függvény megbízhatóságát ellenőrizni kellett, ezért kontrollként fajtánként 9 db fát kivágtam, és lemértem a tömegüket, valamint a sarjak számát és átmérőjét. Így ezeket a tömegadatokat össze tudtam hasonlítani a függvény segítségével az átmérőkből számított adatokkal. A számított adatok és a mért adatok százalékos eltérését fajtánkénti bontásban ábrázoltam. Ez a 4. ábrán látható.



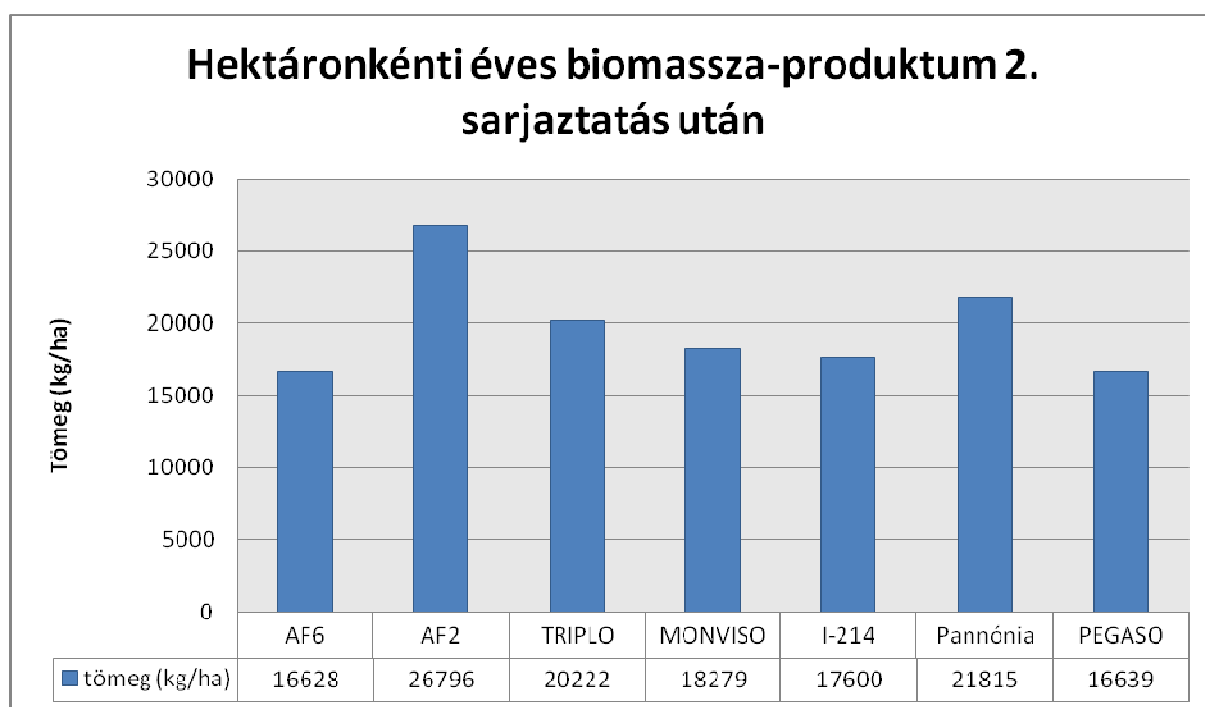
4. ábra – Számított adatok százalékos eltérése a kontrollmérésektől.

A diagram szemléletesen mutatja, hogy a fajták nagy részének átlagosan kisebb volt a mért tömege, mint a számított. Ez előzetes várakozásaimnak teljes mértékben megfelelt, mivel a 2012-es rendkívül aszályos, forró nyár hátráltatta a klónok növekedését. Januártól október végéig a 15 éves átlagos csapadékmennyiség a kísérleti területtől 10 km-re található Székesfehérváron 524 mm, míg a 2012-es évben ugyanezen időszak alatt lehullott csapadék mindössze 369 mm volt. Ráadásul márciusban mindössze 6 mm csapadék hullott, augusztusban pedig 1 mm. A területen hiába állandó a talajvízszint, a rendkívüli légszárazság visszavetette a magassági növekedést. Ez az ültetvényen szemmel látható mértékű volt. Egyedül a Triplo klón alkot kivételt, ennek két oka lehet. Valószínű, hogy genetikailag alkalmasabb a légszárazság elviselésére, másrésről pedig a többi klónhoz viszonyítva rendkívüli méretű leveleiből álló lombozata könnyebben megtartja a levegő páratartalmát. A Triplo kivételével a többi klónnál adódó eltéréseket átlagoltam. Ez 10,003% volt, ezért későbbiekben ezen fajtánál kapott hozam-értékeket 10%-al csökkentettem. A Triplo esetén a kapott eltérés hibahatáron belül van, ezért ott nem alkalmaztam korrekciós tényezőt.

Hektáronkénti éves biomassza-produktum

A hektáronkénti hozamokat érdemes megvizsgálni fajta szempontjából. A 2011-es évben részletesen felvételeztem az AF-2, AF-6, Triplo, Pegaso, Monviso, Pannónia és I-214 Moha klónokat. Ezen klónok hektáronkénti éves biomassza-produktumát oszlopdiagramon (5. ábra) ábrázoltam.

A feketenyárakat, és a szürkenyárakat ezzel a módszerrel nem tudtam felvételezni, mert a néhány nagyobb sarj helyett e fajtáknál rengeteg kisebb sarj van tövenként, így ezek felvételezésére a későbbiekben másik módszert kell majd találni.

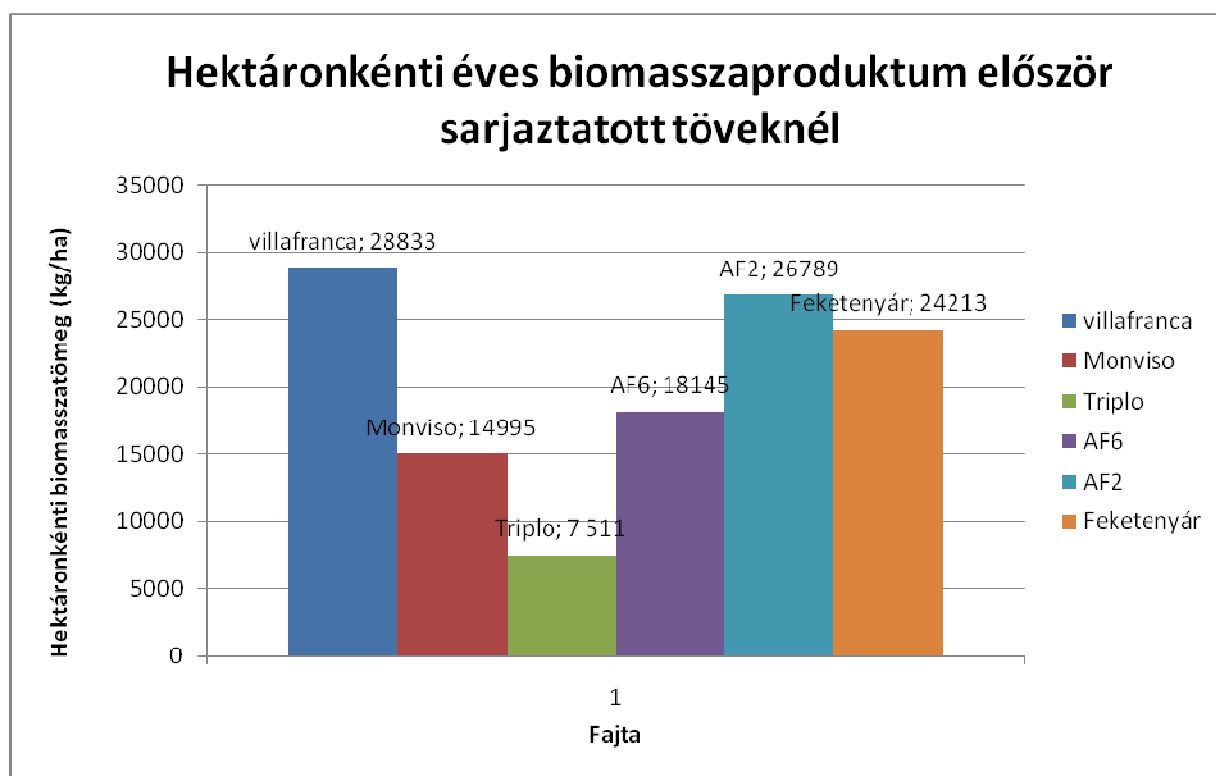


5. ábra - Hektáronkénti nedves biomassza-tömeg egy éves korban második sarjzattatás után

Számításaim során arra az eredményre jutottam, hogy az AF-2 klón kiugróan magas hektáronkénti biomassza-produktummal bírt. Ez a helyszínen szabad szemmel is megfigyelhető volt. Ezt a fajtát követi a Pannónia nyár és a Triplo, 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. Érdekesség, hogy a legjobb növekedéssel a Triplo bír, ezt támasztják alá a mérési adatok, illetve az a tény is, hogy a legnagyobb tömegű egyed is ebből a fajtából került ki, amely több mint 12 kg tömegű volt. Ez a hektáronkénti

adatoknak látszólag ellentmond, azonban a Triplo rosszabbul ered, mint a többi fajta, illetve a nagy növekedés miatt az egyedek jelentős hányada kiszektálódik. Ezért a hektáronkénti tömeg számításánál a többi klónhoz képest 70%-os tőszámmal kellett számolni. Végezetül minden fajta esetén megállapítható, hogy egy év alatt több mint 16 tonna volt a hektáronkénti biotassza-produktumuk.

A feketenyár és szürkenyár klónok biotassza-produktumára a 2010-es méréseimből állnak rendelkezésre adatok. Ekkor mind a feketenyárak, mind pedig a Villafranca nevű szürkenyár klón kiemelkedő biotassza-produktumot értek el. (6. ábra)

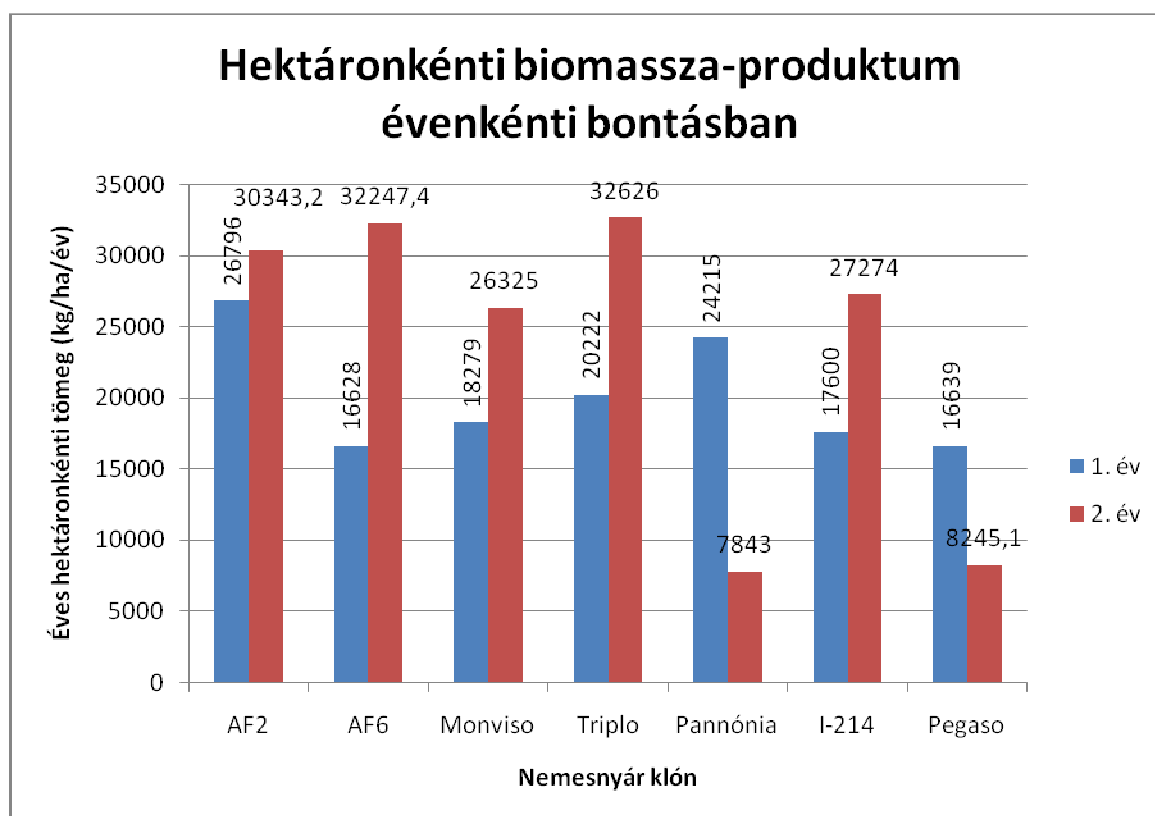


6. ábra – 2010-ben mért 2 éves sarjak hektáronkénti éves biotassza produktuma nedves tömegben

Érdeklőség, hogy a 2011-es évi mérésakor jó 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.

Biomassza-produktum alakulása egy vágásfordulón belül

Érdekes megvizsgálni, hogy a biomassza-produktum hogyan alakul egy vágáscikluson belül. Ehhez a 2011-2012-es mérések adatai szolgálnak alapul. (7.ábra) A diagram látványosan szemlélteti, hogy a sarjztatás ellenére az első évben a biomassza-produktum jóval kisebb, mint a második évben. A különbség az AF-6 klón esetén kiugró. Ez a fajta a sarjztatás utáni első évben magassági növekedésben nem maradt el a többitől, csak az átmérő volt kisebb. Ennek oka valószínűleg a fajta sajátossága. A Pannónia nyár, és a Pegaso viszont a többi fajtánál kialakult tendencia alól kivételek. Ez két okra vezethető vissza. 2012 tavaszán erős kései fagyok voltak, ami a Pegaso-t rendkívül súlyosan károsították. A 2 méter alatti hajtások teljesen elfagytak, és szinte az összes hajtás vége megfagyott. A Pannónia nyáron fagyásra utaló elhalásokat nem találtam, ezért valószínű, hogy ez a fajta a 2012-es rendkívül száraz, és forró nyarat nem bírta. Bár a kísérleti területen a közelben felduzzasztott patak miatt állandó a talajvízszint, de a rendkívüli légszárazság megviselhette a fákat.



7. ábra – Második sarjztatás utáni első és második évben mért éves biomassza-produktumok nedves tömegben

A 3. vágásciklus statisztikai adatai

Az elemszám a lemért sarjcsokrok számát jelenti. A tömeg adatok közül az Excel segítségével kikerestem a maximálisat, és a minimálisat. Ezután kiszámítottam az adatsokaság szórását, és az átlagát is. Az adatokat a harmadik vágásfordulón belüli két felvétel szerint vizsgáltam. (3. táblázat)

			Tömeg-adatok			
			Maximum (kg)	Minimum (kg)	Átlag (kg)	Szórás (kg)
AF-6	1.	51	6,178	0,521	2,771	1,215
	2.	59	47,047	2,091	9,051	6,791
AF-2	1.	53	10,312	0,742	4,466	2,371
	2.	61	37,876	2,597	10,581	6,178
Triplo	1.	32	8,628	1,186	4,815	2,069
	2.	41	35,162	0,932	12,583	8,783
Monviso	1.	28	6,027	0,930	3,047	1,453
	2.	35	17,195	0,742	8,260	3,850
I-214	1.	10	5,933	0,882	2,933	1,427
	2.	41	20,002	1,136	8,310	4,045
Pannónia	1.	40	8,646	1,432	3,636	1,343
	2.	40	10,583	0,240	5,348	2,589
Pegaso	1.	10	4,151	1,484	2,773	0,913
	2.	21	20,580	0,753	8,085	5,139

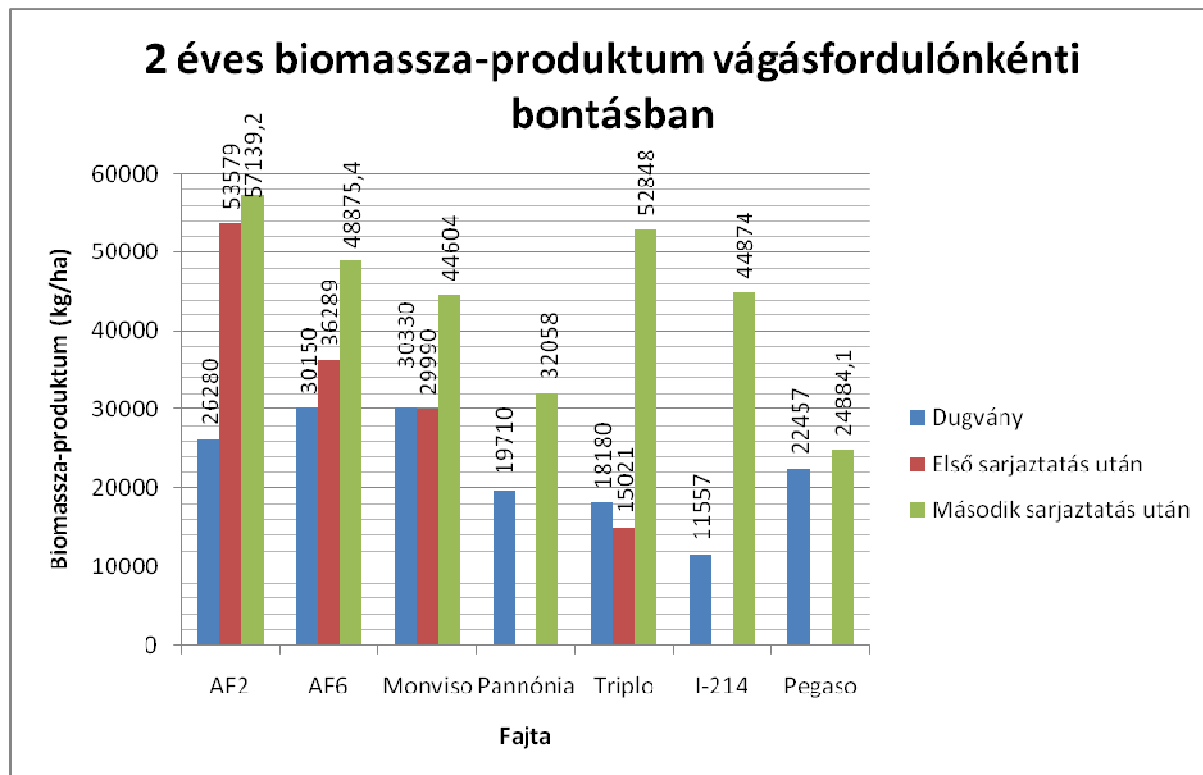
3. táblázat: Harmadik vágásciklus statisztikai adatai

Két éves biomassza-produktumok összehasonlítása

A kísérleti területen a létesítést követő 2. vegetációsidőszak végén már történt egy felvételezés. (KÁROLYI A. 2008) mért hektáronkénti biomassza-produktumot a diplomamunkájához. Az ő mérései még nem sarjzatatott tövekre, hanem a dugványokból/csemetékből nőtt fákra vonatkoznak. Ezért rendkívül érdekes volt megvizsgálni, hogy az éves hektáronkénti biomassza-produktum vajon hogyan alakul az első illetve második sarjzatatás 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 gyökérzettel rendelkező tuskókon nőhetnek. Továbbá ezt a feltételezést erősíti az is, hogy a természetben is gyorsabban nőnek a sar-

jak, mint a magról kelt fák. Eddig azonban ezt hazánkban még senki sem bizonyította vizsgálatokkal, viszont most lehetőségem nyílt erre.

Károlyi 2008-as adatai két éves fákra vonatkoztak, ezért nagyon jól összehasonlíthatóak volt az általam 2010-ben és 2012-ben mért adatokkal. (8. ábra)

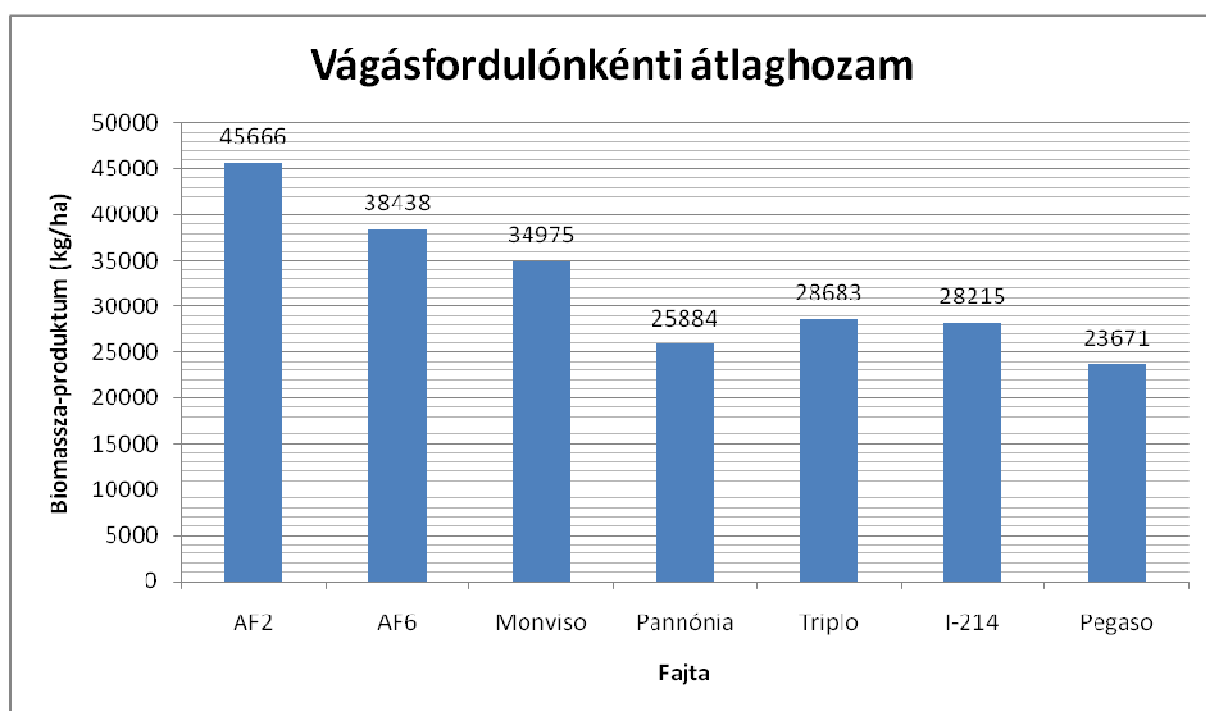


8. ábra – 2008-ban, 2010-ben és 2012-ben mért nedves biomassza-tömeg két éves sarjak esetén

Ebből nagyon jól kitűnik, hogy az összes klón biomassza-produktuma nőtt a sarjzattatás után. Ez az eredmény összhangban van *Bemman, A és Knust C (2010)* eredményeivel, melyek szerint a kísérleti területükön az első vágásfordulóban 6,3 atotonna/ha/ éves hozam a második ciklusban már 15,3 atotonna/ha/év volt, míg a harmadikban 21,3 atotonna/ha/év. Ezen tendencia alól csak Triplo és a Monviso első sarjzattatása kivétel, de ennek oka a vágás utáni tavaszi előntés. Továbbá megfigyelhető, hogy a második sarjzattatás után tovább növekedett a biomassza-produktum minden fajta esetén. Ennek több oka is lehet. Elsősorban az évenként változó időjárás, főként az időjárási szélsőségek. Továbbá az aratás időpontja, sarjzadás megfelelősége is. A biomassza-produktum és ezen tényezők közti összefüggés vizsgálata szintén érdekes téma lehet, melynek érdekében több kísérleti terület létesítése indokolt.

3 vágáscikluson keresztül vizsgált vágásfordulónkénti átlaghozamok

Ezután érdemes még megvizsgálni, hogy három teljes vágásfordulón keresztül átlagosan mekkora hozamokat produkáltak az egyes fajták. Ez az eredmény azért lehet mérvadó, mert 6 év alatt többféle időjárási szélsőség is éreztette hatását, és ez látszik az éves hozamokon. A 6 év során történt 1 hónapos elöntés, korai és kései fagy, aszály is. Ez a különböző fajtákra máshogy hatott. Ami egyes fajták hozamát negatívan befolyásolta, az a másikkra nem hatott negatívan, és fordítva. Az adatokat grafikonon szemléltettem. (9. ábra)



9. ábra Vágásfordulónkénti átlagos biomassza-termék nedves tömegben

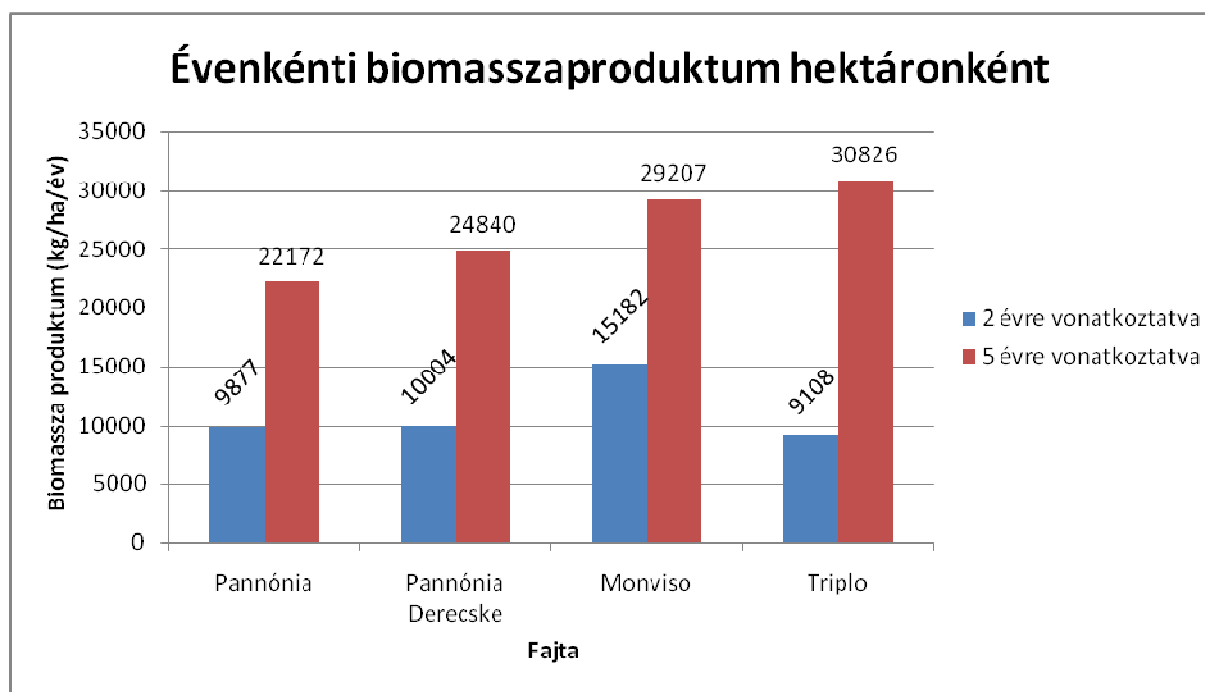
Az oszlopdiagram látványosan szemlélteti, hogy 3 fajta hozama kiemelkedik a többi közül. Ezek az AF-2, az AF-6 és a Monviso. Ezen a termőhelyen a legkiemelkedőbb az AF-2-es klón hozama volt. Ennek oka leginkább a kiegyensúlyozottság volt. Ezen fajták tolerálták legjobban az időjárási szélsőségeket, és minden vágásciklusban stabil hozammal bírtak. A Triplo dugványozás után viszonylag nehezen eredt meg, valamint az elöntés hatott rá negatívan. A Pannónia nyár az aszályos időszakot nem bírta túl jól, az I-214 pedig a dugványozás után nőtt lassan. A Pegaso nyár minden vágásforduló alatt gyengébben teljesített, mint a többi, az összes időjárási szélsőség megviselte. Főként a kései fagyok okoztak benne tetemes

károkat. Ezért ennek a fajtának a telepítését ilyen termőhelyen, valamint fagyzugos területeken nem javaslom.

5 éves egyedek hozamának vizsgálata

2010-ben lehetőségem volt 4 klónnak az 5 éves egyedeit vizsgálnunk, melyeket addig még egyszer sem vágtak le. Ezek hozamát is ki tudtam számítani a függvény segítségével, majd összehasonlíthattam KÁROLYI (2008) méréseivel, amikor ezek a fák két évesek voltak. A kapott biomassa-produktum adatokat elosztottam az eltelt évek számával, így megkaptuk az éves biomassa-produktumot két évre, illetve öt évre vonatkoztatva is.

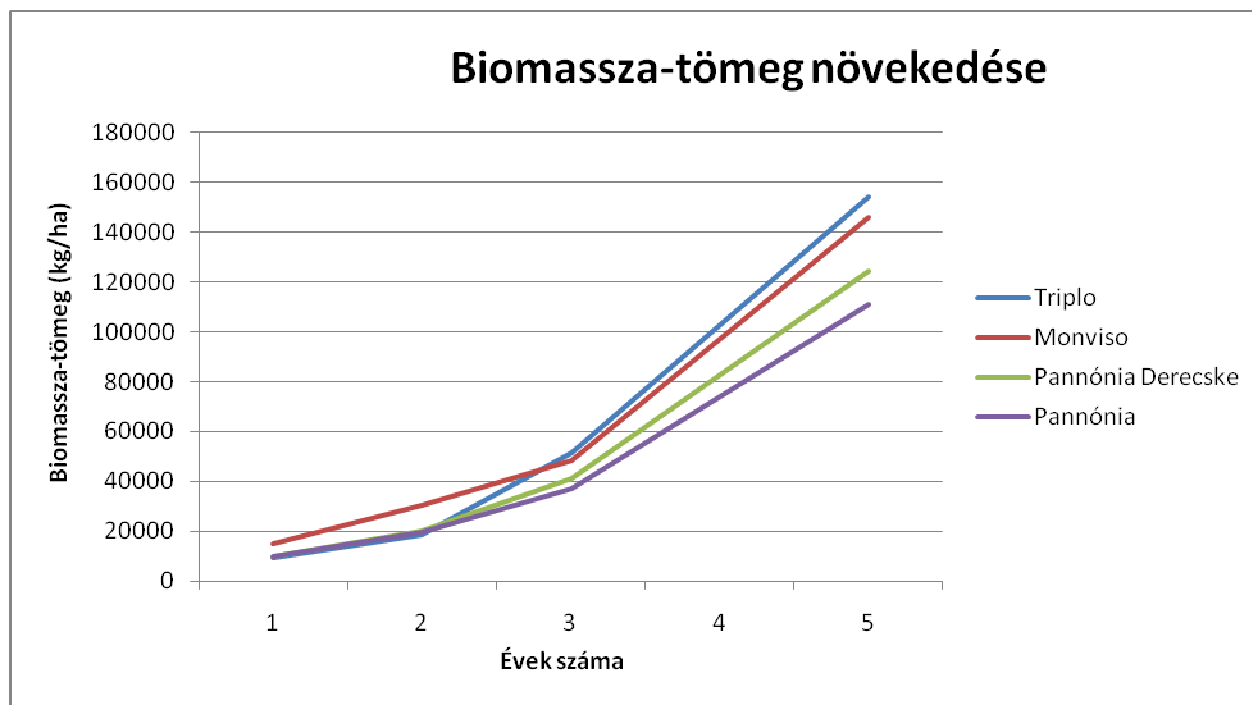
(10. ábra)



10. ábra - Évenkénti biomassa-produktum 2 éves és 5 éves fáknál nedves tömegben

A szemléletesség érdekében a két éves és az öt éves hozam adatok alapján kiszámítottam, hogy mennyi lehetett a biomassa-tömeg az első, a harmadik, és a negyedik évben. Ezt úgy oldottam meg, hogy a két évre vonatkozó biomassa-produktum adatokat elosztottam kettővel, így megkaptuk az első évre vonatkozót. Ezután az 5. évben mért adatokat harmadol-tam, így megkaptam a 3. éves adatokat, illetve a 4. évi adatokat. Ezen számítás szerint bio-massza-produktumnövekedés a 2. évtől kezdve elkezd felgyorsulni, majd a 3. évtől még in-tenzívebbé 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. (11. ábra)



11. ábra – Biomassza-tömeg növekedése 5 éves időintervallumban (nedves tömeg)

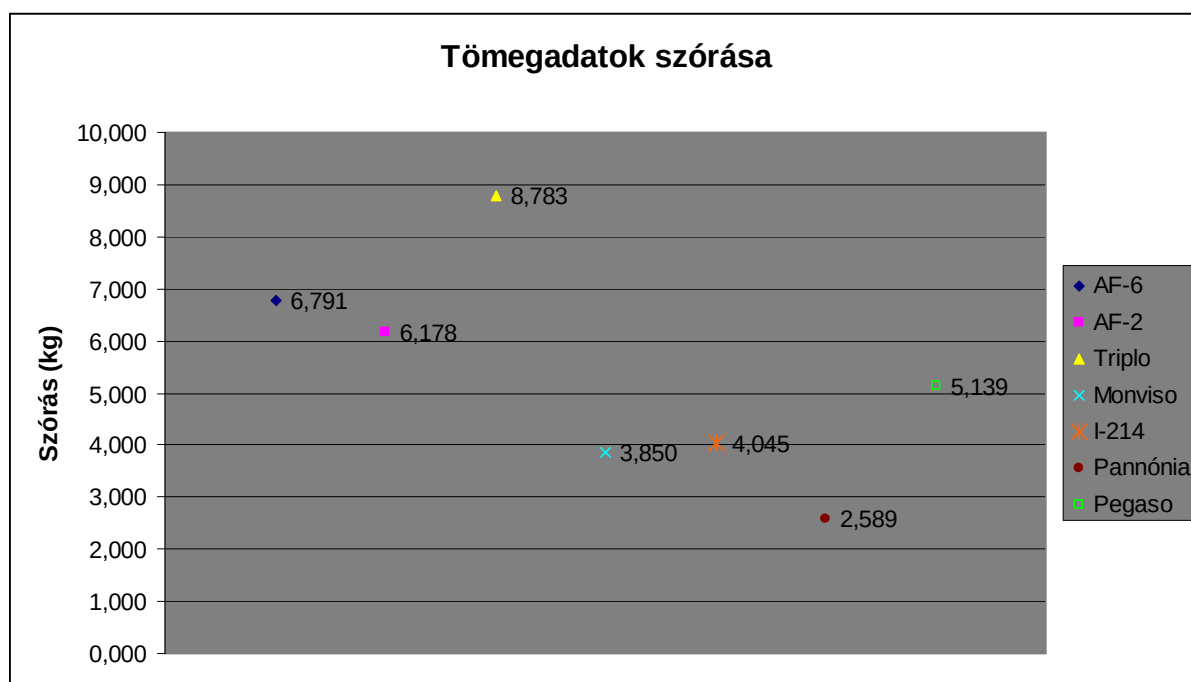
Az ötéves fákon végzett méréseim is alátámasztják a 2011-es és 2012-es mérés eredményeit, miszerint a Triplo rendkívüli növekedésre képes, azonban a kezdeti növekedése rendkívül lassú, így valószínűsíthető, hogy az első aratás során kisebb hozammal kell számolni, mint a többi klón esetén. Ezt azonban a későbbiek során kompenzálja.

A mérések értékelésekor azonban figyelembe kell venni, hogy minden fafajnál 90%-os eredméllyel számoltunk. Azonban az erédés 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 erédés 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 számoltam. A későbbi mérések során viszont a Triplo egyedeknek már csak 70%-a volt életképes. Ennek oka lehet, hogy az első vágás utáni előntés során kipusztultak, valamint a fajtára jellemző rendkívüli növekedés miatti szelekció is. A kísérleti terület alapján inkább az utóbbira gondolok, ugyanis a sorban nem találtam hiányzó részeket, inkább a nagyobb sarjcsokrok melletti tő pusztult ki.

Ezenkívül a Pegaso klónnál is csak a kezdeti egyedszám 57%-a volt életképes 2012 őszén. Ennek oka a fagykár, illetve az aszály lehet.

Tömegadatok fajtánkénti szórása

A 2012-es adatokból kapott sarjcsokor-tömegadatok szórását kiszámítottam az excel program segítségével. Ezt a 12. ábrán mutatom be.



12. ábra – Tömegadatok fajtánkénti szórása

A szórások fajtára jellemzőek voltak. Két csoportra oszthatóak a klónok. Egyik csoportba tartoznak a Triplo, az AF-6, AF-2 klónok, melyeknél a mért sarjcsokor-tömegek szórása nagy. Ez abból adódik, hogy jellegüknél fogva néhány sarjcsokor rendkívül erőteljes növekedésű, ezáltal a mellettük lévő sarjcsokrok élettere csökken, és az erőteljes konkurencia miatt növekedésükben visszamaradnak. Ezáltal kialakulnak rendkívül nagy sarjcsokrok, valamint kisebb, mindössze pár sarjból állók is. Ez a Triplonál olyan mértékű, hogy egyes sarjcsokrok kisselektálódnak. A másik csoportot az I-214, Pannónia és Monviso klónok alkotják, melyekre jellemző, hogy a sarjcsokrok hasonló méretűek, nincsenek kiugró egyedek. Ezeknél a fajtánál nem figyelhető meg kisselektálódás. Egyik csoporthoz sem sorolható a kapott eredmények alapján a Pegaso, de ennek oka a 2012-es évben elszenvedett fagykár.

Az időjárási tényezők hatása az egyes fajtákra

A 6 évet felölelő mérés-sorozat során a különböző fajták toleranciájáról egyes időjárási szélsőségekre megfelelő képet kaptunk. Legjobban az AF-2 és AF-6 klónok viselték az időjárási szélsőségeket. Komoly növedékkiesést nem okozott náluk sem az elöntés. A kései és korai fagyokra egyik fajta sem volt érzékeny. A Triplo az aszályt rendkívül jól viselte, ellenben az elöntés komoly károkat okozott benne. Az I-214 szintén megfelelően tolerálja az időjárási szélsőségeket. Azonban a Pannónia a száraz, forró nyarakat megsínyli. Ez talán azzal magyarázható, hogy míg pl. a Triplo olasz nemesítésű nyár, addig a Pannónia hazai nemesítésű fajta, amely a változó éghajlat miatti szélsőséges nyári hőmérsékletet nehezebben tolerálja. A Pegaso semmilyen időjárási szélsőséget nem visel el, és hozama is kisebb a többi fajtánál, ezért főként ott javasolnám csak, ahol a téli betakarítás nem megoldható, mivel vegetációs időszaka a többi klónhoz képest rövid, ezért a betakarítás időpontja eltolható. A Monviso elöntéssel szembeni toleranciája alacsony, a kései fagyok és a nyári légszárazság nem okozott növedékkiesést.

Következtetések, és javaslatok

- A vizsgálataim során kiderült, hogy a sarjcsokrok biomassa-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. A függvénnyel számított értékek, és a kontrolmérések közti eltérés átlagosan 7,4% volt, ezért megállapítható, hogy az alkalmazott függvény megfelelő becslést adott.
- A sarjcsokrok hozambecslésére kapott függvény segítségével [$y = 0,004 \cdot (\sqrt{(g_{\text{átl}}/\pi)} \cdot 2)^{2,2796} \cdot a$ 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, az AF-6, a Triplo és a Monviso. Fontos azonban hozzáfűzni, hogy a Triplo az első két évben rendkívül lassan nő, ellenben utána 200 %-kal is megnőhet a hozama. A különböző klónok között egyik sem volt alkalmatlan az ültetvénylétesítéshez, azonban a Pegaso és a Pannónia klónok végig elmaradtak hozamban a többi klónhoz képest. A legjobb

hozamú klónok az első sarjztatástól kezdődően akár 28 tonna/ha/év biomassza-tömeget produkálhatnak.

- A 6 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 megnövekedhet, de a 100%-os növekedés a termőhelynek megfelelő fajták esetében nem számít rendkívülinek.
- A három vágásciklust felölelő mérési eredmények alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a betakarítás utáni első évben a tömegnövekedés alacsonyabb, mint az azt követő évben. (3 éves vágásforduló esetén 2 év) Ez azzal magyarázható, hogy a sarjztatás kezdeti szakaszában a sarjak közti konkurencia miatt a magassági növekedés erőteljesebb, mint az átmérő növekedése. Majd a 2. évtől kezdve a gyengébb sarjak viszszafejlődnek, míg az erőteljesebbek átmérő-növekedése megugrik.
- A különböző klónok toleranciája az időjárási szélsőségekkel szemben változó, ezért az ültetvények létesítésénél körültekintő vizsgálatok szükségesek. A szakszerű és alapos termőhely-feltáráson túl érdemes a terület időjárási adatait megvizsgálni, és ennek megfelelő fajtát kiválasztani. A Triplo és Monviso klónok telepítése nem javasolt ártéri, és belvíz-veszélyes területekre. A Pegaso fagyzugos területeken nem alkalmazható, míg a Pannónia nyár, változó éghajlathoz való alkalmazkodó-képességének megállapításához további vizsgálatokra van szükség.
- 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 számolt-nál. Ennél későbbi aratás az aratás technológiája miatt nem javasolt.
- Az AF-2, AF-6 és Triplo klónok rendkívül erőteljes növekedése miatt erőteljes a szelekció, ezért további kísérleti területek bevonását javaslom megemelt, 60 cm-es tőtávval.
- 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. Ezen klónok tömegét nem lehet átmérő alapján becsülni, csak mintafák tömegmérésével. Ezt a legkönnyebb aratáskor elvégezni. Az első sarjztatás után kapott eredmények alapján javasolt lenne további kísérleti területek létesítése ezekkel a fajtákkal, ugyanis

Összefoglalás

A TDK dolgozatomban megvizsgáltam, hogy milyen összefüggéssel becsülhető meg a sarjztatott nemesnyárok biomassza-produktuma. Ennek azért volt nagy jelentősége, mert csak így tudtam összehasonlítani a különböző klónok hozamát.

Vizsgálataimat a **Győri-Kert Agrárenergetikai Kft.** által létesített Moha 062/9 helyrajzi szám alatt található kísérleti területen végeztem. A felvételezés 3 alkalommal történt. 2010 júliusában, 2011 szeptemberében és 2012 októberében. Továbbá rendelkezésre álltak számomra 2008-as adatok is.

Kutatásaim, során sikerült megbízható módszert találni a sarjztatott nemesnyár energiaültetvények hozambecslésére.

A megfelelő becslési módszer után megvizsgáltam a különböző klónok, és a hozamok közti összefüggéseket. Eredményül azt kaptam, 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 sarjztatás utáni hozamokat összehasonlítottam a sarjztatás nélkül elért hozamokkal, és eredményül azt kaptam, hogy a hozam akár 200%-kal is növekedhet egyes fajták esetében, de az 50 - 100%-os növekedés általánosnak mondható.

A vágásciklus során évente elvégzett mérések alapján megállapítottam, hogy a sarjztatás utáni első év hozamát jelentősen meghaladja a további évek hozama.

A hozamokat az eltérő klónok szempontjából megvizsgálva arra az eredményre jutottam, hogy kiemelkedő hozamokra képesek az AF-2, az AF-6 a Triplo, és a Monviso klónok. Ezenkívül további kísérleti területek létesítése szükséges feketenyár és szürkenyár klónok alkalmazásával.

A 6 év vizsgálatai jó képet adtak a különböző klónok időjárási szélsőségekkel szembeni toleranciájáról. Ez alapján kijelenthető, hogy az AF-2 és az AF-6 klónok alkalmazkodó képessége a legnagyobb.

Summary

In my scientific essay I 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 my research was that it made me capable of comparing the yield of different poplar clones.

My research has been carried out on the experimental forest plantation located in Mo-ha (lot number of the site is 062/9). The forest was planted and it is owned by a firm called „Győri-Kert Agrárenergetikai Kft”. Three measurements have been carried out during my research. One of them was made in July 2010, one of them in September 2011 and the other one in October 2012. There were some datas from 2008 available for me to make the result of my research more reliable.

Having finished my work I could say that I managed to find a reliable method to assess the yield of the plantations of energy forest consisting poplars derived from shoots.

Having found the appropriate method of estimate I examined the relation between different types of poplar clones and their yield. On the basis of my research I 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.)

I 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.) I found that the yield of the second one can be twice as much as the yield of the first one in the case of some poplar species.

Having investigated many different clones I found that the clone type AF-2, type AF-6, type Triplo and type Monviso produced an outstanding yield. On the whole, taking all the measurements carried out into consideration, I can state that Villafranca and *Populus nigra* clones are worth planting on experimental forest plantations.

The inspections of the six years have given a good result for the tolerance of the different clones against the weather extremes. This fact suggests that the type AF-2 and the type AF-6 clones have the greatest adaptability.

Köszönetnyilvánítás

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

Elsősorban konzulensemnek, Dr. Kovács Gábor egyetemi docens úrnak szeretném megköszönni a dolgozat készítése során nyújtott nélkülözhetetlen segítségét.

Továbbá Győri Barbarának, akivel terepi méréseinket közösen végeztük.

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

Mellékletek

1. táblázat – 2012-es becsült adatok, és kontroll mérések közti eltérés

Tömeg-eltérések (%)	
AF-6	9,517
AF-2	12,034
TRIPLO	0,321
MONVISO	8,356
I-214	9,221
Pannónia	10,599
PEGASO	10,287
átlag	10,003

2. táblázat – Hektáronkénti éves biomassza-produktum 2011-es mérés alapján

Hektáronkénti tömeg (kg/ha)	
AF6	16628
AF2	26796
TRIPLO	20222
MONVISO	18279
I-214	17600
Pannónia	21815
PEGASO	16639

3. táblázat – Hektáronkénti éves biomassza-produktum 2010-es mérés alapján

Hektáronkénti tömeg (kg/ha)	
Villafranca	28833
Monviso	14995
Triplo	7511
AF-6	18145
AF-2	26789
Feketenyár	24213

4. táblázat – Hektáronkénti éves biomassza-produktum 3. vágásfordulón belül

Biomassza-produktum 3. vágásforduló során (kg/ha)		
Fajta	1. év	2. év
AF2	26796	30343,2
AF6	16628	32247,4
Monviso	18279	26325
Triplo	20222	32626
Pannónia	24215	7843
I-214	17600	27274
Pegaso	16639	8245,1

5. táblázat – Hektáronkénti biomassza-produktum vágásfordulónként (aratás előtt), valamint a 3 vágásforduló átlaga

2 éves biomassza-produktum				
	Dugvány	Első sarjzattatás után	Második sarjzattatás után	átlag hozam
AF2	26280	53579	57139,2	45666
AF6	30150	36289	48875,4	38438
Monviso	30330	29990	44604	34975
Pannónia	19710		32058	25884
Triplo	18180	15021	52848	28683
I-214	11557		44874	28215
Pegaso	22457		24884,1	23671

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

	Hektáronkénti tömeg (kg/ha)				
Évek száma	1	2	3	4	5
Pannónia	9877	19753	36954	73907	110861
Pannónia Derecske	10004	20008	41400	82801	124201
Monviso	15182	30364	48679	97357	146036
Triplo	9108	18215	51377	102753	154130

7. táblázat – Tömegadatok szórása fafajonként

Tömegadatok szórása (kg)	
AF-6	6,791
AF-2	6,178
Triplo	8,783
Monviso	3,850
I-214	4,045
Pannónia	2,589
Pegaso	5,139

8. táblázat – Felvételezett adatok és számítások mintája

	Körlap	Sarjak kerülete	Körlap	Sarjak ker.
AF-6	1,98943679	5	1,27324	4
	1,98943679	5	3,362148	6,5
	2,40721851	5,5	7,957747	10
	2,86478898	6	4,476233	7,5
	1,6114438	4,5	2,864789	6
	9,62887406	11	2,407219	5,5
	1,27323954	4	1,611444	4,5
	3,36214817	6,5	0,716197	3
			0,716197	3
négyzetes átl.	1,9997551		1,895065	
tömeg	3,24713203		3,22684	

átlag tömeg (kg/fa) 2,771376

hektáronkénti tömeg (kg/ha) 16628,25

Irodalomjegyzék

- Afforest Agrárenergetikai Kft-Győri-Kert Agrárenergetikai Kft „Energiaültetvények”, (2007), www.energyforest.eu
- Bemann, A. és Knust C. (2010): AGROWOOD, Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven, Weißensle Verlag-Ökologie
- Dobos A.- Megyes A.- Sulyok D. (2006): Fásszárú növények energetikai célú hasznosításának lehetőségei a Nyírbátori kistérségben, Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Debrecen
- 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.
- Janßen, A., Wypukol, H. (2009): Moderner Niederwald-FastWOOD. AFZ-DerWald 6, S. 30
- Jung L. (2005): EGERERDŐ Rt., „A biomassa felhasználásának formái”, Budapest, 2005. október 25., p.306
- Károlyi A. (2008): Energiaültetvényeken alkalmazható növényfajták elemmérlegének vizsgálata összehasonlító kísérletben
- 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
- Kovács G. - Heil B. (2010): 2 éves nemes nyár energia ültetvény aratása a Bakonyalján, Mezőhír
- Kovács G. (2010): Kárenyhító energiaültetvények, vigyázzunk, a kocsi ne előzze meg a lovat!
- Murach, D., Hartmann, H., Murn, Y., Schultze, M., Ali, W., Röhle, H. (2009): Standortsbasierte Leistungsschätzung in Agrarholzbeständen in Brandenburg und Sachsen. Ebben a műben szerepel hivatkozásként: Reeg, T., Bemann, A., Konold, W.,

Murach, D., Spiecker, H.: (Hrsg.) *Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen*, Wiley-VCH. Weinheim 29-40.

- Nemzeti Cselekvési Terv, 8. oldal, 169-171. oldal
- Raschka, H. D. (1997): *Forstliche Biomasseproduktion im Kurzumbetrieb. Abschlussbericht des Forschungsprojektes P/2/24 – „Versuche für die Produktion forstlicher Biomassa-Kurzumbetriebsversuche“*. FBVA-Bericht 97. Wien 29 S.
- Rénes János,(2005): www.energyforest.eu
- Röhle, H., Hartmann, K.-U., Gerold, D., Steinke, C., Schröder, J. (2006): *Überlegungen zur Aufstellung von Biomassefunktionen für Kurzumtriebsbestände*, Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 177, 178-187.
- Sarkadi J. (1975): *A műtrágyaigény becslésének módszerei*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Walotech, P., Murach, D. (2006): *Methoden bei der ertragskundlichen und pflanzenökologischen Auswertung von Feldgehölzen. 1. Fachtagung: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen, Tagungsbericht*, 65-74.

Internetes források:

<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/>

<http://www.kormany.hu/hu/vidékfejlesztési-minisztérium/agrargazdasagert-felelos-allamtitkarsag/hirek/a-megujulo-energiaforrasok-kozul-varhatoan-a-szilard-biomassza-jatssza-majd-a-legnagyobb-szerepet>

Ábrajegyzék

1. ábra: Fosszilis és megújuló energiaforrások részesedése a világ energia- fogyasztásából
2. ábra: Az egyes fafajok eltérő ökológiai igényei (KOVÁCS G. 2010)
3. ábra: Egyes fák tömege a tőátmérő függvényében (Veperdi G. 2010)
4. ábra: Számított adatok százalékos eltérése a kontrollmérésektől
5. ábra: Hektáronkénti biomassa-tömeg egy éves korban második sarjztatás után
6. ábra: 2010-ben mért 2 éves sarjak hektáronkénti éves biomassa produktuma
7. ábra: Második sarjztatás utáni első és második évben mért éves biomassa-produktumok
8. ábra: 2008-ban, 2010-ben és 2012-ben mért biomassa-tömeg két éves sarjak esetén
9. ábra: Vágásfordulónkénti átlagos biomassa-produktum
10. ábra: Évenkénti biomassa-produktum 2 éves és 5 éves fáknál
11. ábra: Biomassa-tömeg növekedése 5 éves időintervallumban
12. ábra: Tömegadatok fajtánkénti szórása

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A termőhely kiválasztás kritériumai nyár esetén
2. táblázat: A kísérleti terület beosztása
3. táblázat: Harmadik vágásciklus statisztikai adatai

Képek jegyzéke

1. kép: Energetikai faültetvény
2. kép: 1 éves sarjztatott nemesnyár-ültetvény
3. kép: Nemesnyár sarjcsokor
4. kép: Tömegmérésre váró levágott sarjcsokrok
5. kép: Lelevelezett sarjcsokor
6. kép: Sarjcsokrok tömegmérése (Győri Barbara a képen)
7. kép: A helyszínen kiásott talajszelvény