

**FNY-EIP ÓSHONOS FEKETE NYÁRBÓL LEVEZETHETŐ FAJTÁK,
IPARIFA CÉLÚ BEMUTATÓ ÜLTETVÉNYEINEK LÉTESÍTÉSE INNOVATÍV
TECHNOLÓGIÁKKAL ÉS ÚJ, KLÍMAVÁLTOZÁS SZÉLSŐSÉGEIVEL
SZEMBEN ELLENÁLLÓBB, NAGY HOZAMÚ ÉS KIVÁLÓ IPARI-
ALAPANYAG MINŐSÉGET ADÓ FAJTÁK TERMESZTÉSBE VONÁSÁVAL**

PROJEKTFÜZET

EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

VP3-16.1.1-4.1.5-4.2.1-4.2.2-8.1.1-8.2.1-8.3.1-8.5.1-8.5.2-8.6.1-17

PROJEKTAZONOSÍTÓ: 1924339364

Tartalom

I. A PROJEKT JELENTŐSÉGE.....	3
II. A PROJEKT TERVEZÉSE.....	4
III. A projekt eredményei röviden.....	6
1. Megeredési vizsgálat.....	6
2. Átfogó monitoring vizsgálatok	6
2.1. Rügyfakadás vizsgálata.....	7
2.2. Teljes kilevelesedés alakulása	8
2.3. Hajtáshosszok felvételezése az első két vegetációs időszakban.....	9
2.4 Levélalak-, forma vizsgálata	10
2.5 Koronaalak és koronaalakítás hatásának vizsgálata.....	11
2.6 Lombszíneződés, lombhullás, és teljes vegetációs leállás vizsgálata	12
3. Fakészlet és növedék meghatározása.....	13
4. Térfogattömeg meghatározása	14
5. Faanyag műszaki vizsgálata	15
6. Meteorológiai adatok kiértékelése	16
7. LAI index meghatározása	18
8. Tápanyagellátottság vizsgálat, és tápanyagutánpótlási kísérlet	20
9. Öntözési kísérlet	23
10. Kártevők, kórokozók monitorozása.....	27
11. Aszálytal, fagygal szembeni ellenállóképesség vizsgálata	29
12. Modellezés, ökonómiai elemzés	30

I. A PROJEKT JELENTŐSÉGE

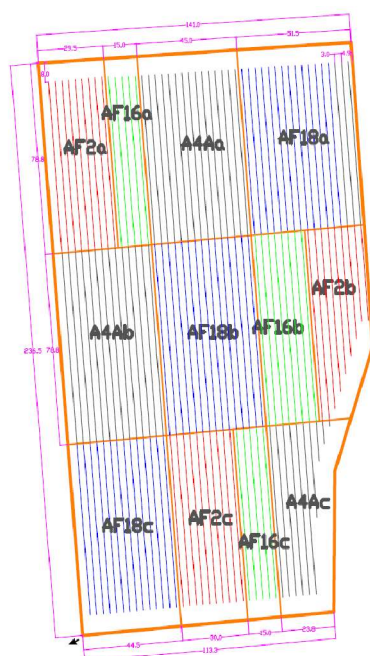
Magyarország szántó területeinek rentábilis hasznosítása egyre nagyobb jelentőséggel bír. A világban tapasztalható logisztikai költségnövekedés, és egyre nagyobb kiszámíthatatlanság miatt stratégiai fontosságú, hogy a természeti erőforrásainkat minél nagyobb arányban használjuk ki, minél nagyobb hozzáadott értéket állítsunk elő, és mindezt fenntartható módon tegyünk. Az élelmiszertermelés céljára rentábilisan nem használható mezőgazdasági területek egyik hasznosítási lehetősége olyan ipari fásszárú ültetvényekkel való hasznosítása, amely jól használható alapanyagot biztosít. A fásszárú ipari ültetvények az erdőgazdálkodással szemben gyorsan tudnak alkalmazkodni a piaci kihívásokhoz, igényekhez. Létesítésük mezőgazdasági tevékenységnek minősül, a terület bármikor visszaalakítható szántóvá, és fafajválasztás tekintetében teljes mértékben a gazdasági szempontok dominálnak. A hagyományos erdőgazdálkodás keretein belül az ipari alapanyagot biztosító nemesnyár erdők aránya folyamatosan csökken, a különböző szakmai alapon nem minden esetben megalapozott korlátozó intézkedések miatt. Mindeközben a faanyagfeldolgozás, és azon keresztül az építőipar, bútoripar számára egyre inkább fontos lenne a megfelelő mennyiségű és minőségű ipari alapanyag.

A projekt során olyan nemesnyár klónok ipari fásszárú ültetvénybe való alkalmazhatóságát vizsgáltuk, hozzájuk illeszkedő technológiák kidolgozását végeztük, amelyek Magyarországon, a rendelkezésre álló termőhelyeken még nem kerültek ipari kutatási kísérletbe. Ezen klónok, A4A, AF2, AF16, AF18 olyan olasz nemesítések, amelyeknek célja a klímaváltozás szélsőségeivel szembeni ellenállóképesség, nagy hozam, és megfelelő minőségű ipari alapanyag biztosítása volt.

II. A PROJEKT TERVEZÉSE

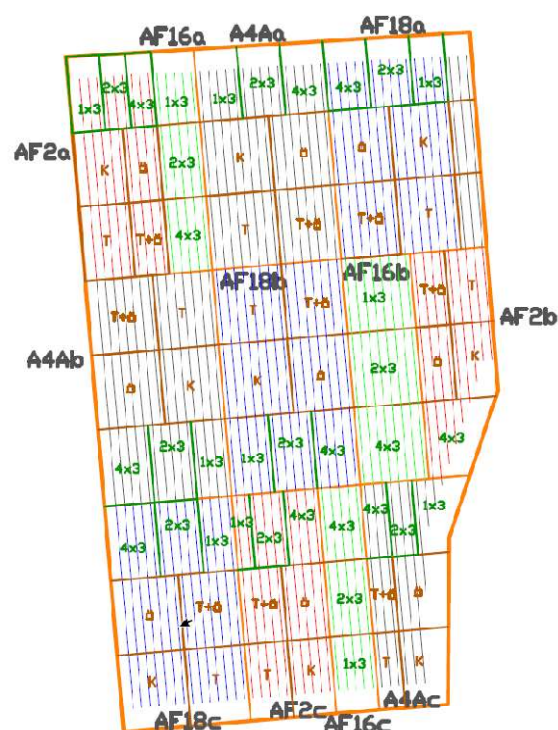
A projekt megvalósítása során 5 kísérleti területen (Kisvásárhelyen, Zalaváron, Vörsön, Heresznyén, és Aparhanton) hoztunk létre 3-3 ha-os kísérleti ültetvényeket, amelyekben a tervezett kutatási feladatok elvégzése céljából parcellákat és alparcellákat alakítottunk ki. A kísérlet tervezésénél figyelembe vettük a vizsgálatokhoz szükséges statisztikailag értékelhető minimális mintadarabszámokat, mérési igényeket, összehasonlíthatóságot stb.

Kisvásárhelyi kísérleti terület kialakítása a számítások alapján:

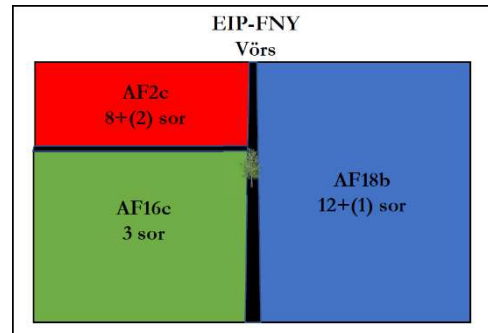


Kisvásárhely 038/9-10 hrsz.

AF18a Sor: 14+(3 sor A4A)
 AF18b Sor: 15
 AF18c Sor: 14
 AF2a Sor: 9
 AF2b Sor: 9
 AF2c Sor: 10
 AF16a Sor: 5
 AF16b Sor: 8
 AF16c Sor: 5
 A4Aa Sor: 15
 A4Ab Sor: 14
 A4Ac Sor: 10



A kísérleti ültetvényeket tervezés, és hivatalos bejelentés után 2020. tavaszán telepítettük el.



Az egyes parcellák és alparcellák terepen történő rögzítésére egyedi táblákat készítettünk, amelyekkel állandósítottuk a sarokpontokat.

III. A projekt eredményei röviden

1. Megeredési vizsgálat

A 2020-as év júniusában elvégeztük a megeredési vizsgálatot, melynek egyik eredménye az alábbiakban látható:

Terület	Klón	Mért tőszám (db)	Megeredt egyedek száma (db)	Megeredési arány (%)
Kisvásárhely 038/9-10 hrsz.	A4Aa	1132	921	81,36
	AF2a	677	464	68,54
	AF16a	373	253	67,83
	AF18a	1081	1056	97,69
	A4Ab	777	650	83,66
	AF2b	632	269	42,56
	AF16b	616	477	77,44
	AF18b	1158	1023	88,34
	A4Ac	963	726	75,39
	AF2c	729	453	62,14
	AF16c	393	340	86,51
	AF18c	1030	926	89,90



(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

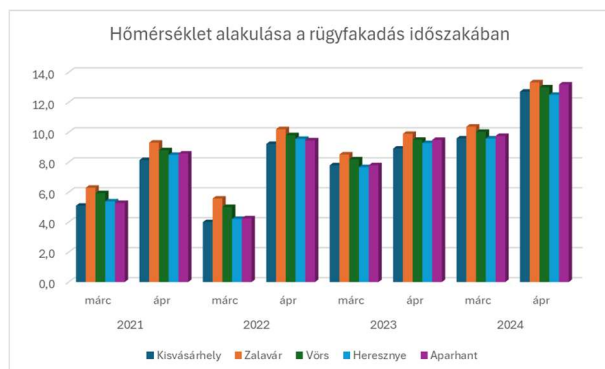
2. Átfogó monitoring vizsgálatok

Az átfogó monitoring vizsgálatok keretén belül az ültetvények 5 éven át tartó, elsősorban a vegetációs időszakban, 2 heti rendszerességgel történő bejárásával, és állapotörögzítésével az alábbiakat figyeltük, és értékeltük.

- Rügyfakadások alakulása, összehasonlító vizsgálat a meteorológiai adatok elemzése függvényében
- Teljes kilevelesedés alakulása, összehasonlító vizsgálat a meteorológiai adatok elemzése függvényében
- Hajtáshosszok felvételezése az első két vegetációs időben, növekedés dinamika összehasonlítása
- Levélalak-, forma vizsgálata
- Koronaalak és koronaalakítás hatásának vizsgálata
- Lombszínéződés, lombhullás, és teljes vegetációs leállás vizsgálata

2.1. Rügyfakadás vizsgálata

A rügyfakadás alakulásának elsősorban a fagytűrőképesség, a vegetációs idő, a magyarországi klímaviszonyokhoz való alkalmazkodóképesség szempontjából van jelentősége. A vizsgálatok alapján röviden elmondható, hogy 6-7 °C körüli kéthetes középhőmérsékletnél ezen klónoknál a rügyfakadás az alábbi sorrendben megkezdődik.



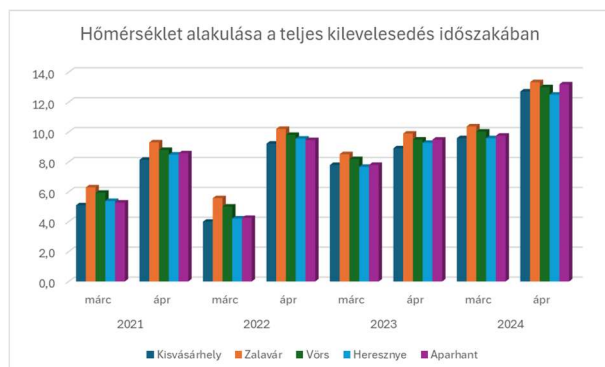
Rügyfakadás időpontjai 2021-2024.			
	Legkorábbi	Legkésőbb	Sorrend
A4A	március 28.	április 12.	3.
AF2	április 3.	április 21.	4.
AF16	március 16.	március 30.	1.
AF18	március 19.	április 1.	2.



(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

2.2. Teljes kileveledés alakulása

A teljes kileveledésnek is elsősorban a fagytűrőképesség, a vegetációs időszak hossza, és a károsítóknak való ellenállásban jelentős szerepe. Fontos annak mértéke, és dinamikája, mert a növény hozampotenciálját alapvetően meghatározzák ezek. Mindezekhez szorosan kapcsolódik a levélalak, és forma és az LAI-index mértéke is.



Teljes kileveledés 2021-2024.			
	Legkorábbi	Legkésőbb	Sorrend
A4A	április 2.	április 21.	3.
AF2	április 12.	április 30.	4.
AF16	március 24.	április 8.	1.
AF18	március 28.	április 12.	2.

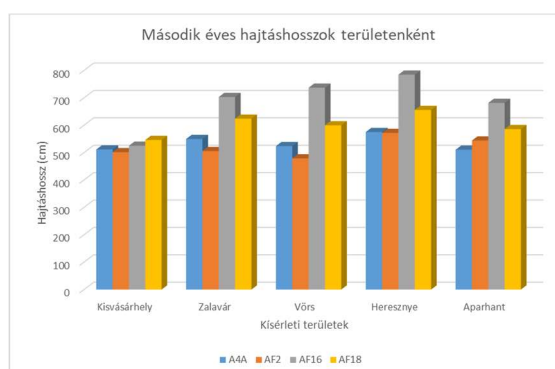
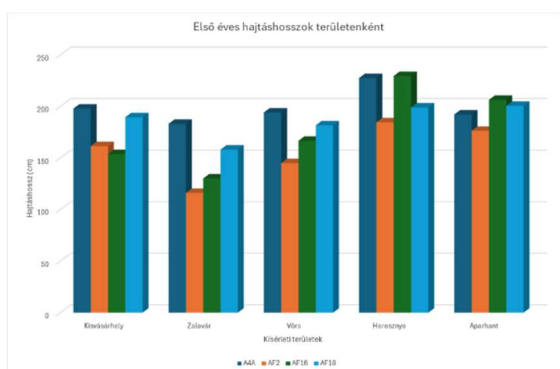
A kileveledés ezen klónok esetében a fent látható jellemző időeltolódásokkal körülbelül 9-10 °C körüli kéthetes középhőmérsékletnél megy végbe.



(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

2.3. Hajtáshosszok felvételezése az első két vegetációs időszakban

Az egyes fák növekedését, és az állomány hozamát ismerni kell minden egyéb ökonómiai vizsgálat, és az összehasonlíthatóság végett is. Az 1-2 éves egyedek esetében a hozam vizsgálatára a fő hajtások hosszának megmérése ad megfelelő információt és összehasonlítási lehetőséget az egyes klónok között. A méréseket minden kísérleti területen klónonként végeztük el. Klónonként 240-240 egyednek mértük meg a hajtáshosszát, úgy, hogy a kialakított a, b, c kísérleti parcellák mindegyikéből 80-80 egyedet mértünk.



Az egyes klónokat tekintve mind az A4A, AF2, AF16, és AF18 a Heresznyei kísérleti területen produkálta a legnagyobb hozamot, míg a legkisebb értékeket az A4A Aparhanton, Az AF2 Vöröskőn, az AF16 és AF18 Kisvásárhelyen produkálta. Az egyes klónokat összehasonlítva a legkisebb növekedést az AF2 érte el a második évben is. Ezt alig, ~3%-al előzi meg az A4A, majd ~16%-al az AF18. A legnagyobb összes hajtáshossz növekedést az AF16 érte el a második éves korban.



(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

2.4 Levélalak-, forma vizsgálata

A levélalak-, forma vizsgálatának célja a morfológiai jellemzők rögzítése az adott klónnál, illetve az átlagos levélméret meghatározása. A levél forma, levélváll, és levélsúcs jellemzői alapján írhatóak le a levelek. A vizsgálat során a projekt futamideje alatt minden évben vizsgálatra kerülnek a levélalak-, és forma minden egyes klónnál: A4A, AF2, AF16, AF18. A levelek teljes mértékű kifejlődése után június hónapban vizsgáljuk.

Egy-egy vizsgálat alkalmával az egyes kísérleti területeken minden egyes klón esetében 30-30 egyedről veszünk mintát, 5-5 átlagos méretű és formájú levelet. Az átlagos jelleg meghatározása szemrevételezéssel történt. Mintába bele vesszük a csúcsajtás egyes leveleit, az oldalajtás egyes leveleit, és alászorult hajtásról is veszünk mintát. Az 5 év során 15.000 levél adatainak a rögzítése történt meg.



Klón	Magasság	Szélesség	Alak
A4A	12,6	13,2	deltoid alakú
AF2	11,6	11,1	deltoid alakú
AF16	12,1	9,4	deltoid alakú
AF18	10,3	12,7	deltoid alakú

A mérések és azok kiértékelése alapján a fenti táblázatban látható átlagos, klónra jellemző paramétereket kaptuk.

(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

2.5 Koronaalak és koronaalakítás hatásának vizsgálata

A koronaalaknak a növénytér kialakításában, a szél és hónyomással szembeni ellenállóképességben, a fatömeg törzs/korona közötti arányában van jelentősége. Fajta jelleg is, és az alkalmazott metszés hatására arányai változnak. A kísérlet során évente egy alkalommal minden kísérleti területen június-július hónapok folyamán klónonként 30 egyed koronaalakját írtuk le. Hajtások száma, elhelyezkedése, száma.

Röviden elmondható, hogy a klónok mind mutatják a feketenyárra jellemző, törzzsel hegyes szöveget bezáró ágazat jelleget. A törzsnyesés ~30%-os csúcshajtásnövekedést okoz mindegyik klón esetében. Az előző évi csúcshajtásnál az egyedek mindig növesztenek egy ágörvet, az erőteljes csúcshajtásnövekedés mellett. Ezek később alászorulnak, és elhalnak.



(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

2.6 Lombszíneződés, lombhullás, és teljes vegetációs leállás vizsgálata

A fák őszi lombszíneződésének és lombhullásának elsődleges feladata az időjárással szembeni védekezés, a következő vegetációs időszakra való felkészülés. Az őszi lombszíneződés fafajra jellemző, mind annak idejét, lefolyását, és az elszíneződés jellegét tekintve is. Az elszíneződés során a levélben lévő klorofill alkotóelemeire bomlik, és elraktározódik a keményítővel együtt a gyökérbe történő visszaszívódással, így a növény energiát tud elraktározni a következő vegetációs időszak elején történő kileveledéshez. A klorofill lebomlásával jelennek meg, az addig klorofill által elnyomott, így nem érvényesülő xantofill és antocián színyanyagok, amik a fafajra jellemző sárgás, vöröses, vagy barna elszíneződést okozzák. Egyes kutatások szerint az erős és élénk színű elszíneződés a fákat károsító rovarok elleni védekezést is szolgálja, ahol az erős színárnyalatok az áttelelni készülő rovarok számára olyan egyed hatását keltik, ami egészséges, védekezést szolgáló ellenanyagokkal telített, így nem célszerű a rovar számára azt használni.

A lombszíneződést, lombhullást, és teljes vegetációs leállást minden évben minden egyes kísérleti területen megfigyeljük, és a jellemző időszakot rögzítjük. A megfigyelést minden egyes kísérleti területen klónonként végezzük, a terület bejárásával, és a jellemző időszakot az alapján határozzuk meg, hogy a vizsgált klón egyedeinek legalább 60-70%-a esetében megtörtént-e már a teljes kileveledés. Az adatokat évente kísérleti területenként és klónonként rögzítjük. Természetesen a lombszíneződést, lombhullást, és teljes vegetációs leállást jelentős mértékben a nappalok hossza, azaz a megvilágítás befolyásolja, az egyes klónok jellemző lombszíneződési, lombhullási, és teljes vegetációs leállási ideje között érdemi különbség nincs, mivel mindegyik klón feketenyár szülővel rendelkezik, és így ezirányú tulajdonságukban lényegi eltérés nincs. A teljes lombvesztést az időjárás a tekintetben befolyásolja, hogy azon kísérleti területen, ahol előbb jelentkezett korai fagy, ott a teljes lombvesztés adott évben annak megfelelően történt meg.

3. Fakészlet és növedék meghatározása

A faegyedek és a teljes állomány, fatérfogatának, hozamának, évi folyónövedékének a meghatározása alapvető fontosságú, mivel ezen naturáliák alapján lehet a teljes termesztéstechnológiát elemezni, az ökonómiai vizsgálatokat elvégezni, értékelni.

Mivel ezen klónokra nem állnak rendelkezésre fatömeg táblák, így folyamatos mintavételezésekkel, fakorongvizsgálatokkal meghatároztuk ezen klónok 1-5 éves korosztályukra a mellmagassági alakszámukat, amelyet felhasználva fejlesztettünk egy szoftvert, amely alkalmas a jövőben minden ilyen klónokkal létesített ültetvény fatérfogat és hozam számítására a mért mellmagassági átmérő és magasság függvényében.

Ennek a szabadalmi bejelentését hazai és nemzetközi szinten is megtettük.

Fásszáru ipari ültetvények fatérfogata, hozama

Terepen mért átlagos fa paraméterei	
Klón	AF16
Mért magasság (m)	12,8
Hálózat (m)	4x3
Mért d _{1,3} (mm)	112
Kor (év)	5
Terület méret (ha)	3,65

Átlagos fa értékei	
Fatérfogat (m ³)	0,049
Faanyagűrűség (g/cm ³)	0,40071

Értékek a területre	
Fakészlet / ha (m ²)	41,24
Folyónövedék (m ³ /ha/év)	8,25
Fakészlet a teljes ter. (m ²)	150,54
Hozam aT ₀ /ha/year	3,31
Hozam aT ₁	60,32

WI-FNY-EIP
Software



Minden vegetációs idő végén minden kísérleti területen, azon belül minden klón esetében és azon belül minden hálózat esetében 3-3 átlagos egyedet kivágtunk, megmértük a magasságát, majd minden egyed esetében mintakorongot vágunk a tő részénél, ill. 1; 1,3; 2; 3; 4...stb. m magasságban a csúcsig. A mintakorongoknál egyedi évgyűrűelemzést végeztünk, és ezen adatokat dolgoztuk fel a klónra jellemző mellmagassági alakszám számításához. Közel 1.800 db mintát értékeltünk ki.

Alkalmaztuk a nagyterületű leltározást és fatömegbecslést szolgáló LiDAR technológiát is, és adatokat gyűjtöttünk annak megbízhatósági számításához.



(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

4. Térfogattömeg meghatározása



A faanyag térfogattömege kulcsfontosságú tulajdonság, amely meghatározza a fa felhasználhatóságát különböző alkalmazásokban. Ez a fizikai jellemző befolyásolja a fa mechanikai tulajdonságait, valamint a feldolgozási és felhasználási lehetőségeit. Megértve a térfogattömeg fogalmát, meghatározását és befolyásoló tényezőit, a fa felhasználók és feldolgozók képesek optimalizálni a termékeik minőségét és teljesítményét.

A kutatás során a vízkiszorítás elvén történő térfogattömeg mérést alkalmaztuk az abszolút száraz faanyagra.

A méréseket 5 éven át végeztük. Minden vegetációs idő végén minden kísérleti területen, azon belül minden klón esetében és azon belül minden hálózat esetében 3-3 átlagos egyedet kivágtunk, majd minden egyed esetében mintakorongot vágtunk a tő részénél, ill. 1,3; 2 m magasságban. Egyedenként 3-3 db mintatestnek meghatározásra került a sűrűsége. A sűrűség meghatározásához az adott mintadarabnak megmértük a friss, nedves tömegét, a térfogatát (vízkiszorítási eljárással), majd szárítószekrényben 24 órán át 103-105 °C-on tömegállandóságig szárítva megmértük az abszolút száraz tömegét. A mért adatokból számítottuk a térfogattömeget abszolút száraz faanyagra vonatkoztatva.



Az átlagos mért értékek az alábbiakban láthatók:

Térfogattömeg aTo/m ³				
	A4A	AF2	AF16	AF18
1x3	0,367	0,370	0,390	0,360
2x3	0,357	0,367	0,393	0,351
4x3	0,360	0,376	0,401	0,377

(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

5. Faanyag műszaki vizsgálata

A faanyag fizikai-mechanikai tulajdonságai, teherbírása, így felhasználhatósága is több tényező együttes hatásának eredménye. Az évgyűrűszerkezet, az ebből fakadó inhomogén felépítés, az ortogonális anizotrópia, a porózus tulajdonság, az adott fafajra jellemző, eltérő sejtszerkezet, a faanyag nedvességtartalma, az esetlegesen előforduló fahibák mind-mind nagy jelentőséggel, befolyásoló szereppel bírnak, amit nem szabad figyelmen kívül hagyni.

A mérésekhez szükséges mintatestek előállításához minden klón esetében 3-3 törzset vágunk ki, amelyeknél 1-2 m magasság közötti részből vettük ki a mintatesteket. A mintatestek az ISO13061-6 szerint kerültek kialakításra, azok méretei 20x20x300mm. A vizsgálatokat faanyagvizsgáló laborban végeztettük el.

A vizsgálat során mért paraméterek az egyes klónok között érdemi eltérést nem mutattak, a mérések átlag értékei az alábbiak:

- Húzószilárdság: 5 N/mm^2
- Hajlítószilárdság: 57 N/mm^2
- Nyomószilárdság: $27,5 \text{ N/mm}^2$
- Brinell-Mörath keménység: bütü: $28,3 \text{ N/mm}^2$; oldal $9,7 \text{ N/mm}^2$

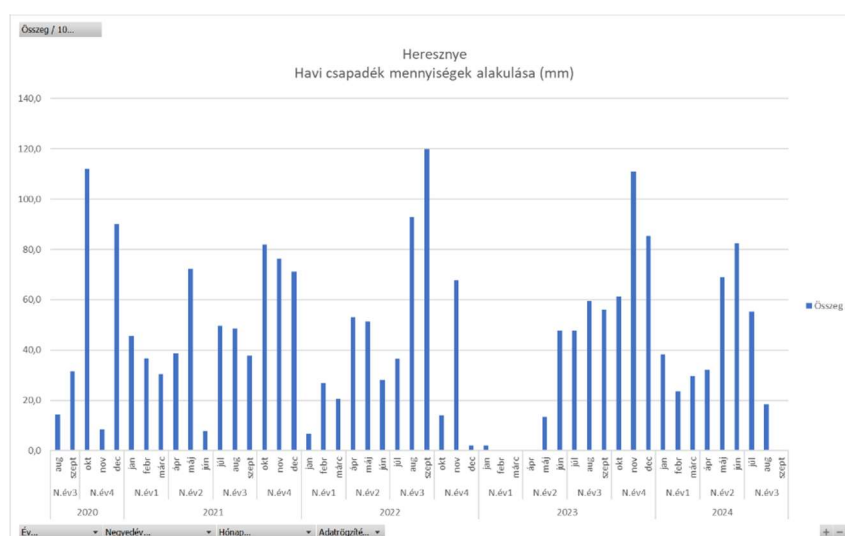
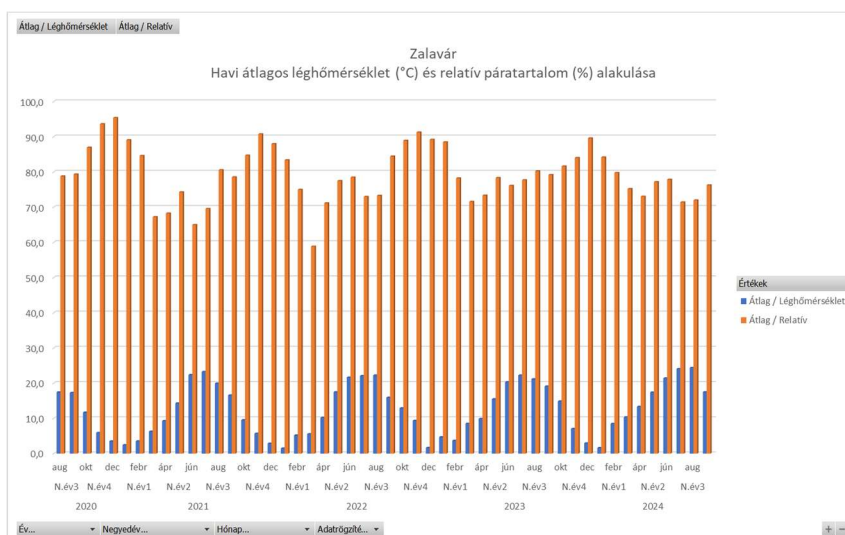
(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

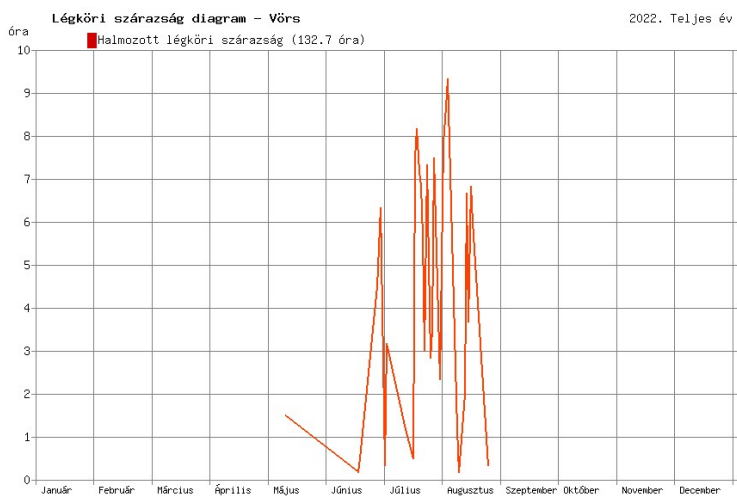
6. Meteorológiai adatok kiértékelése

A növények növekedésére, illetve fejlődésére a talajon kívül a legnagyobb hatást a meteorológiai tényezők fejtik ki. A növénytermesztés során feltétlen ismerni kell, hogy mely meteorológiai tényező, és miként hat adott növényfajta növekedésére, és fejlődésére, mivel a termesztéstechnológia kidolgozásához ez alapvetően szükséges.

A kutatás során szükséges meteorológiai adatok mérésére és rögzítésére minden egyes kísérleti területre külön-külön egy mobil meteorológiai mérőállomást telepítettünk.

Az 5 év alatt több, mint 100 millió adat került rögzítésre, amelyek kiértékelését évente elvégeztük.





A meteorológiai adatokat, illetve az abból nyert növényélettani szempontból fontos elemzéseket az egyéb kutatási pontok kiértékelése során használtuk fel, vizsgálva az egyes kutatási területeknél a környezeti hatások összefüggését.

(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

7. LAI index meghatározása

A Levélfelület Index (LAI) egy fontos ökológiai mutató, amely a növények lombzatának kiterjedését és a fotoszintetizáló felület nagyságát jellemzi. Ez a paraméter számos területen bír nagy jelentőséggel, legyen szó a növénytermesztésről, az erdészeti alkalmazásokról vagy a távérzékeléses technológiák használatáról.

A Levélfelület Index (LAI) a növényzet levélfelületének és a talaj területegységének hányadosa. Más szavakkal, a LAI megmutatja, hogy egy adott talajtéren a növény összesen mekkora levélfelülettel rendelkezik. Ez azért fontos mutató, mert a levélfelület nagysága alapvetően meghatározza a fotoszintézis mértékét, a transpirációt, a sugárzáselnyelést és más ökológiai folyamatokat. A LAI értékek így kulcsfontosságú információt nyújtanak a növények fejlődéséről, egészségi állapotáról és a környezeti tényezőkre adott válaszaikról.

A kutatás során mi a hagyományos, mechanikus LAI index meghatározást végeztük el. A kísérleti területeken minden évben augusztus hónap folyamán minden parcellából 3-3 egyed (hálózatonként 1-1), azaz klónonként 9 egyed teljes levélzetét gyűjtöttük össze.



A frissen szedett levelek tömegét lemértük, így megkaptuk egy egyed összes levéltömegét. Ezt követően egy 1x1 m-es fehér táblán leveleket helyeztünk el, amit befotóztunk. Minden egyed esetében 5-5 ilyen mintát raktunk ki az 1x1 m-es felületre és fotóztunk be.



Az 1x1 m-es felületre kirakott és befotózott minta tömegét is lemértük.

Készítettünk egy szoftvert, amely a digitálisan kivágott 1x1 m-es felület .jpg formátumú fotóját fel tudja dolgozni, és képpontok vizsgálata alapján meghatározza a levelek felületének százalékos értékét az 1 m²-hez viszonyítva. A szoftveres feldolgozás alapján megkaptuk minden egyes minta felületét m² értékben. Ezek alapján tudtuk a teljes fára vonatkozó összes levélfelület értékét meghatározni.

(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

8. Tápanyagellátottság vizsgálat, és tápanyagutánpótlási kísérlet

A növények egészséges fejlődéséhez és optimális termésmennyiség eléréséhez kulcsfontosságú a megfelelő tápanyag-ellátottság biztosítása. A tápanyagellátottsági vizsgálatok segítségével felmérhetjük a növények aktuális tápláltsági állapotát, és ennek alapján pontosabb tápanyag-utánpótlási stratégiát dolgozhatunk ki. Ez lehetővé teszi a terméshozam maximalizálását, miközben csökkenthetjük a felesleges műtrágyázás környezeti terheit.

Alap termőhelyfeltárás

A talajszelvény méretei:

- 70-100 cm széles
- 200 cm hosszú
- 150-200 cm mély



A talajszelvény nyitása után értékeljük az egyes termőhelyi tényezőket. Ezt a termőhely-felvételi lapon (erdészeti gyakorlatban: T-lap) rögzítjük. Az ipari faültetvényeknél készített termőhely-felvételi lap a következőket tartalmazza: a felvételt készítő neve, a felvétel időpontja (év, hó, nap), erdőgazdasági táj, a község megnevezése, az adott terület hrsz., a talajszelvény azonosítószáma.

A termőhely vizsgálatánál az alábbi tényezőket is vizsgálni kell:

- Tengerszint feletti magasság, fekvés, domborzat, lejtés, klíma, hidrológiai viszonyok, alapkőzet, genetikai talajtípus, termőréteg-vastagság, fizikai talajféleség, szerkezet, talajhiba, vízgazdálkodás, termőhelytípus-változat.

A fafaj/klón megválasztáshoz 3-5 hektáronként érdemes egy talajszelvényt vizsgálni (min. 5 hektáronként 1 db, ill. 0,5 hektáronál nagyobb talajfoltonként 1 db /belőle a mintavétel genetikai szintenként 1 db, de min. 50 cm-ként 1 db/). A mintákból általános laborvizsgálat elvégzése javasolt (pH, CaCO_3 , fizikai talajféleség, összes só %, humusztartalom %, AL-foszfor, kálium, összes nitrogén). Talajszelvény nyitás mellett hektáronként 1 db talajfúrás is javasolt: 100*100 m-es rácsháló csomópontjaiba 1 fúrás a teljes területen. Ezen adatok segítségével tematikus térképeket lehet készíteni: genetikai talajtípus, hidrológia, fizikai talajféleség, termőréteg vastagság, humusztartalom vastagság.

2. Évenkénti talajanalízis

A tápanyag-utánpótlási tervhez és a hozamgaranciához 5 hektáronként 1 db átlagminta-vétele javasolt legalább a 0-30 és 30-60 cm-es talajrétegekből (fontos a növények gyökerének lehatolási mélysége). Az átlagmintából bővített talajvizsgálatot érdemes végezni (pH, humusz tartalom, KA, vízzoldható összes só, CaCO_3 , NO_2+NO_3 , P_2O_5 , K_2O , Na, Mg, SO_4 , Mn, Zn, Cu). Ezen vizsgálatok évenkénti elvégzésével nyomon lehet követni, hogy az egyes paraméterek hogyan változnak a talajban, milyen tápanyagok utánpótlására van szükség, az adott értékek mellett hogyan alakulnak az ipari ültetvény hozamadatai. Évek múltán ezekből az adatokból hozam-kalibrációk is végezhetők.

3. Évenkénti növényanalízisek

A talajminta vizsgálatok mellett növényanalíziseket is érdemes végezni, ezekből rávilágíthatunk arra a kérdéskörre, hogy az egyes növényi részek milyen és mennyi tápanyagot tartalmaznak kifejezetten az ipari ültetvényekre vonatkozóan. A levél- és növényanalízis azon alapszik, hogy a növény tápelemtartalma bizonyos határok között arányosan változik a talaj könnyen oldható tápelemtartalmával. A növények tápelemtartalma azonban az egyéb tulajdonságoktól is függ. A növényvizsgálatok azért is fontosak, mert nem csak az elemek mennyisége, hanem egymáshoz viszonyított aránya is fontos szerepet játszik a növények optimális tápanyag-ellátottságában, növények növekedését mindig a minimumban lévő növekedési faktor határozza meg. A legfontosabb tápelemek mennyiségét tekintve általánosságban a következő sorrend állapítható meg: $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg}$. A fák egyes szerveiben eltérő koncentrációval találkozhatunk levelek > kéreg > háncs > fatest.

A kutatás során meghatároztuk a kísérleti területek tápanyagellátottságát. Szakirodalmi adatok alapján kiszámoltuk az ültetvény várható tápanyagfelvételét. A labormérések és számítások közötti különbségre kiszámoltuk a kijuttatandó tápanyag mennyiségét, és azt a kísérleti területeken az erre kijelölt kísérleti alparcellákba minden évben kijuttattuk.

Meghatároztuk levélanalízis segítségével a ténylegesen felvett tápanyagmennyiséget, és ez alapján korrigáltuk a kijuttatandó mennyiségeket.

Vizsgálva a kontroll parcella és a tápanyagutánpótlott parcellán produkált hozamkülönbséget megállapítható, hogy 15-45 % közötti eltérések tapasztalhatóak. A talaj vízmegtartó képességének függvényében más mértékben mosódott ki a tápanyag a gyökérzónából, így a vályog talajokon az jobban hasznosult, mint a homok talajokon. A kísérleti területeken a „T+Ö”, azaz tápanyagutánpótlott és öntözött alparcellák hozama 35-55 %-al haladta meg a kontroll parcellák hozamát, azonban azon Tápanyagutánpótlott „T” parcellák hozama, amelyek kedvezőtlenebb fekvésben voltak a vízháztartás tekintetében (magasabb térszint, dombtető, stb.) ez a különbség 10-20 %-ra csökkent.

(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

9. Öntözési kísérlet

A fotoszintézis, a növények által a napfényt kémiai energiává alakító folyamat, szorosan összefügg a vízzel. A víz a fotoszintézis során elektron-donor szerepet tölt be, segítve a napfény energiájának kémiai energiává történő átalakítását. Emellett a víz a tápanyagok, például a nitrogén, foszfor és kálium felszívásában is kulcsszerepet játszik. A víz oldja fel a tápanyagokat a talajban, és segít a gyökereknek eljuttatni azokat a növények minden részébe.

Az öntözési kísérlettel az volt a célunk, hogy vizsgáljuk az öntözött növények és a nem öntözött növények közötti hozambéli, és esetlegesen az egészségi állapotban kimutatható különbségeket.

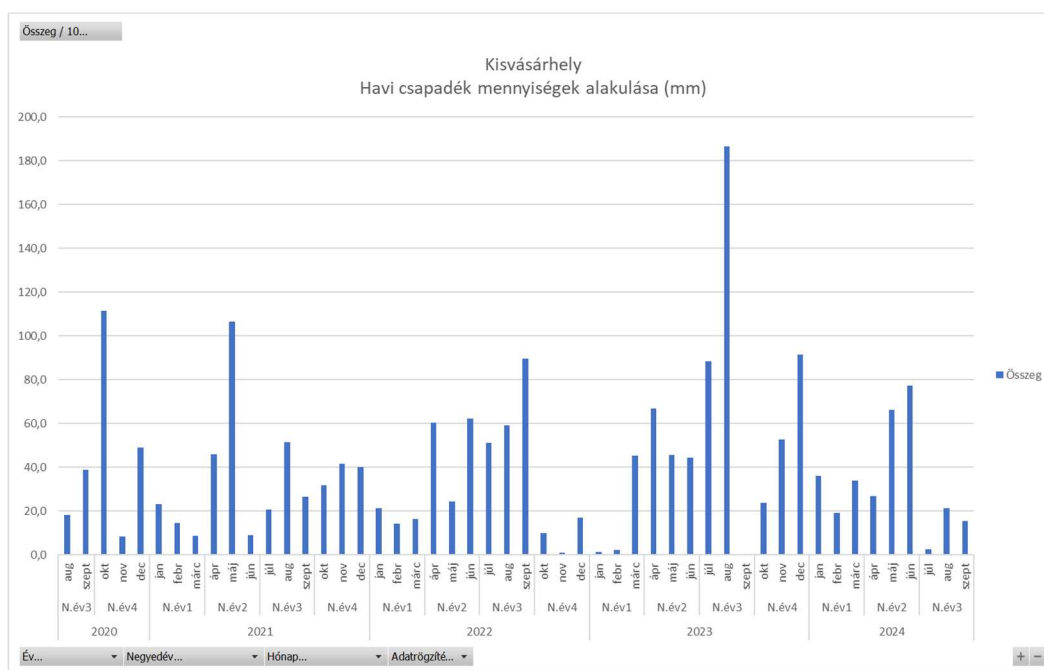
A kísérletet egy állandósított alparcellán végeztük el. A kísérletbe bevont mindegyik területen mind az a, b, c blokkokon belül minden klón esetében rögzítettünk a terepen egy öntözött alparcellát. A térképen ezt „Ö” betűvel jelöltük. Ugyan így minden esetben kitűzésre került egy „K” jelű, kontroll parcella is, ami csak természetes csapadékot kapott. Az öntözési kísérlet során azokat az időszakokat küszöböltük ki mesterségesen, öntözéssel, amelyekben a természetes csapadék nem jelentkezett. A cél az volt, hogy a növény a vegetációs időszakban minden 2 héten kapjon ~30 mm csapadékot. Abban az esetben, ha a csapadékmennyiség elmaradt, vagy nem érte el a 20 mm-t sem, akkor a kísérleti alparcellákon adtunk többlet vizet a növényeknek, hogy a ~30 mm-nyi csapadék teljesüljön.



A meteorológiai állomásoknál rögzítésre került a talajnedvesség. A talajnedvesség és talajhőmérséklet mérésére minden mobil meteorológiai mérőállomás esetén 6-6 db mérő szenzor került elhelyezésre, 3-3 szenzor 20 cm mélységben; 2-2 szenzor 70 cm mélységben, és 1-1 szenzor 150 cm mélységben, így a kritikus, növény gyökérzete szempontjából, és a nagyobb részt változó paraméterek szempontjából kiemelt talajrétegekben 3x-os, és 2x-es ismétléssel biztosítva a méréseket, hogy minél pontosabb, realisabb képet kapjunk a mért értékekről.

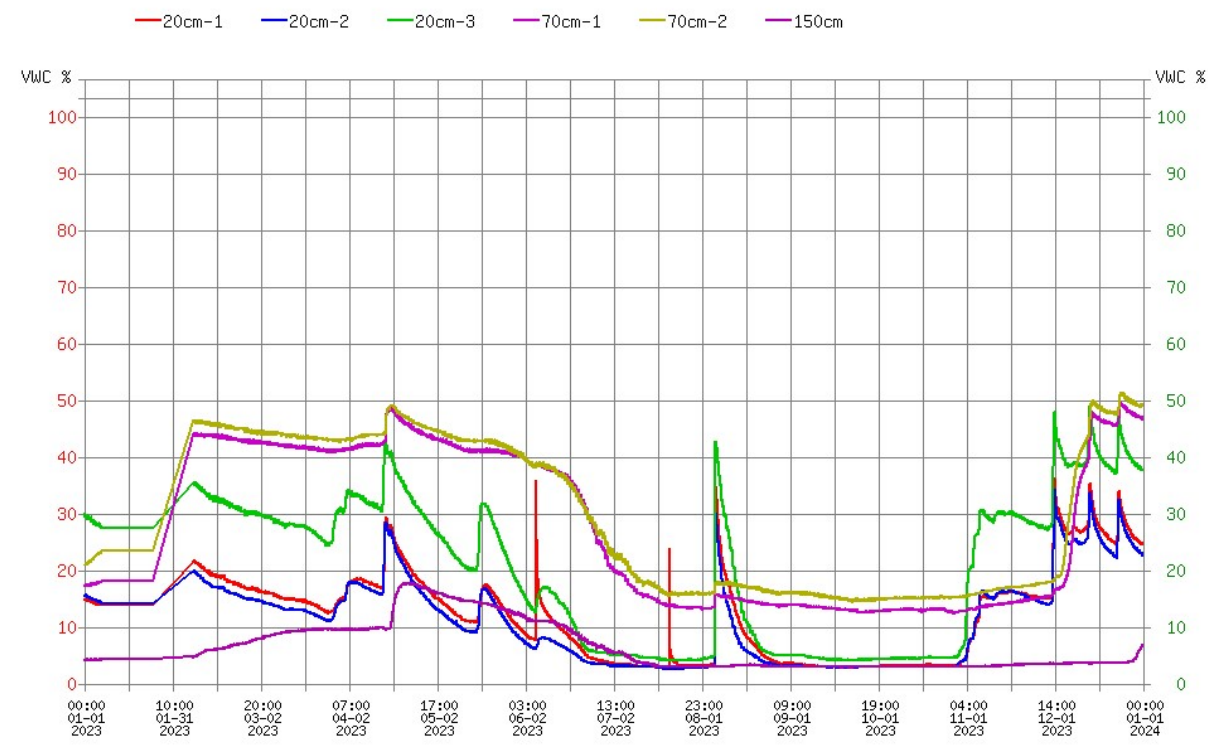


A csapadékmennyiséget és a talajnedvességet elemezve megállapítható, hogy a homok fizikai féleséggel rendelkező termőhelyeken a talajnedvesség értéke kisebb kiugrásokat tartalmaz, összességében természetesen alacsonyabb, de az érkező csapadék kisebb mértékben tudja azt telíteni, a jó vízelvezető képessége miatt. Ezt pl.: a Heresznyei kísérleti területen a közeli talajvíz olyan módon módosítja, hogy az alsóbb rétegekben a kapillárisok miatt a talajvíz által táplált, és a jelentkező csapadék talajvízemelő hatása miatt nagyobb ingadozás alakul ki, mint a felsőbb rétegekben, ahol a talajvíznek már nincs közvetlen hatása.



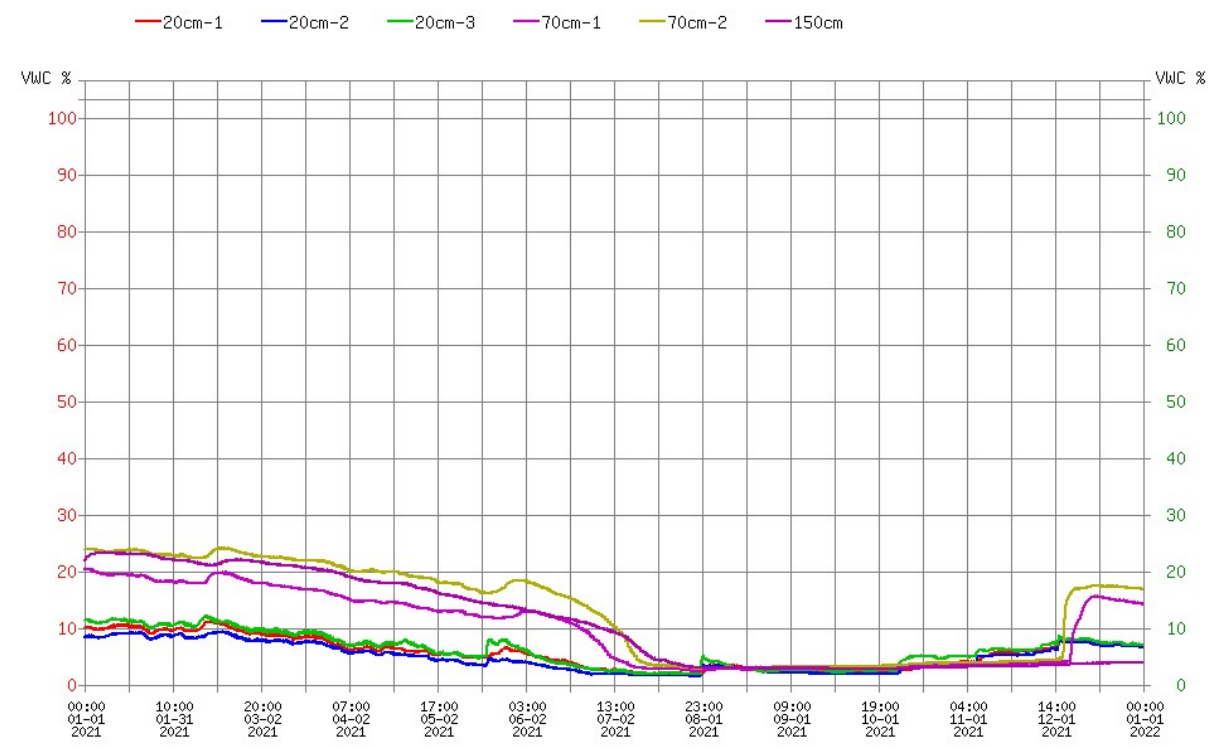
Talajnedvesség (VWC) diagram - Kisvásárhely

2023-01-01 - 2023-12-31



Talajnedvesség (VWC) diagram - Vörs

2021-01-01 - 2021-12-31



Minden egyes klónnál (A4A, AF2, AF16, AF18) megállapítható volt, hogy az 50 % körüli talajnedvesség állapot (VWC%) ~30 %-al nagyobb hozamot biztosít az egyedeknek, mint a ~25 %-os talajnedvesség állapot a vegetációs időben. Az öntözés hatása az egyes klónok növekedésére nagyobb mértékű volt a homok fizikai féleséggel rendelkező talajon, mint a vályog esetében.

A legszélsőségesebb értékek a Vörsi kísérleti területen voltak mérhetőek, ahol a hozamban ~50 % különbség volt a dombtetőn lévő „K” kontroll parcellában lévő egyedek és a völgyi részen lévő „Ö” öntözött parcellában lévő egyedek között. Itt természetesen a domborzati viszonyok miatt már többletvízhatás is jelentkezett az öntözésen felül.

(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

10. Kártevők, kórokozók monitorozása



Az ipari ültetvényekben nem csak a mennyiségi kár, a hozamcsökkenés jelent valódi kárt, hanem a faanyag minőségében megjelenő, ipari felhasználás lehetőségét csökkentő elváltozások is kárt jelentenek. Az ipari felhasználás az ipari nyár ültetvények esetén elsősorban furnér rönkként (hámozási rönk) történő felhasználást, vagy egyéb csomagolási anyag alapanyagául szolgáló rönkként történő felhasználást jelent. Az ipari ültetvények gazdaságosságát is befolyásoló mértékű kár kialakulását azáltal lehet megakadályozni, ha folyamatosan monitorozásra kerülnek az esetlegesen megjelenő kórokozók és károsítók, és azok nagyobb kártétele ellen időben hozott megfelelő intézkedéssel fel lehet lépni.

A kísérleti területek rendszeres bejárása során minden esetben figyelemmel kísértük az esetlegesen megjelenő károsítókat, kórokozókat, azok károsításait is. Észlelt károsítás, vagy károsító, kórokozó esetén megtörtént annak meghatározása, és becslés szintjén a mennyiségi felmérése. Készítettünk egy összefoglaló anyagot a nyáron előforduló károsítók és kórokozók tekintetében, ezzel adva egy átfogó képet is a lehetséges károsítókról, és kórokozókról.

Az abiotikus károk elhanyagolhatóak voltak, az esetleges kései fagyot a növények a telepítés évében kinőtték, később az erős szélnyomásból adódó dőlés és törés is csak kis számú egyednél jelentkezett. A legnagyobb esetszámban előforduló károsító a nagy nyárlevelész (*Chrysomela populi*) volt. A kísérleti területeken rögtön a telepítést követően a hajtások kialakulása után már megtalálható volt szórványosan az ültetvényekben. A második évben rögzítettünk 20-25%-os fertőzöttséget a Kisvásárhelyi kísérleti területen. Tömeges elszaporodása nem történt meg.



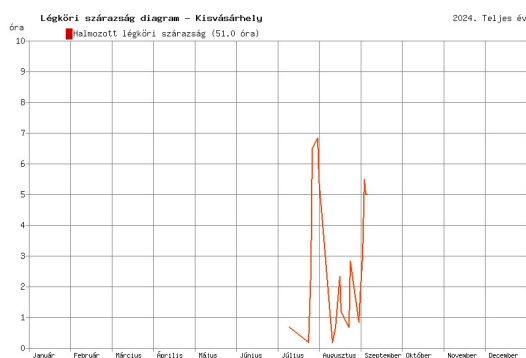
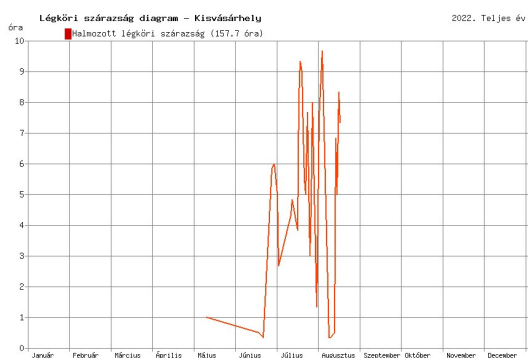
A kísérleti területek 5-10 km-es távolságát vizsgálva nagyobb számban csak a Kisvásárhelyi terület 10 km-es körzetében volt jelen nyárfa állomány, ebből adódóan a 3 ha-os, kis területnek mondható ültetvényt ezért ott sikerült ennek a fajnak jobban megtalálnia, azonban egyedszáma a harmadik évtől nem volt jelentős.



(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

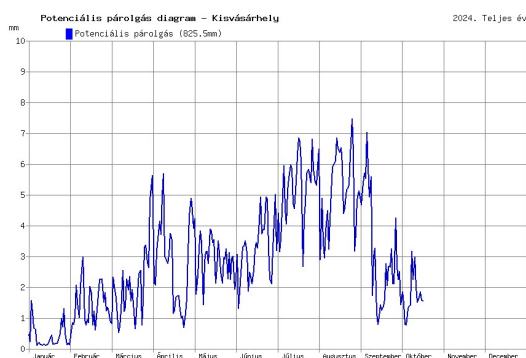
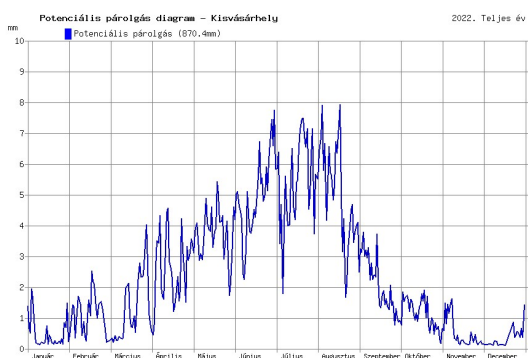
11. Aszályal, faggyal szembeni ellenállóképesség vizsgálata

Az abiotikus károk közül a telepítést követően előfordult az elfagyás, azonban a növények alvó rügyről újra hajtottak, és ezeket az elfagyásokat elnőtték. Az április végén kis területeken jelentkező talajmenti fagy okozta a telepítés miatt későn megindult rügyek elfagyását. Kis mértékű hozamvesztéseget biztosan okozott, de nem volt mérhető nagyságrendű. A későbbi években elfagyás már nem fordult elő, ekkor a talajfelszínhez közeli nem befásodott, vagy levélrügyek már nem fordultak elő.



A 2024-es vegetációs időszakban Kisvásárhelyi kísérleti területen jelentkező július-szeptemberi 51 óra feletti halmazott léggöri szárazság miatt az A4A klónok esetében megfigyelhető volt jelentős lombvesztés.

Megvizsgálva a csapadékviszonyokat, megállapítható, hogy ennél jóval nagyobb, 127-157 óra feletti léggöri szárazság sem okozott problémát akkor, amikor azonos időszakban megfelelő mennyiségű csapadék hullott, mivel a potenciális párolgás ugyan annyi volt.



A növény a lombvesztéssel próbált védekezni a kiszáradás ellen, de az, hogy ilyen mértékű lombvesztés csak az A4A klón esetében jelentkezett, mutatja, hogy a többi klónnal szemben ennek alacsonyabb a szárazságtűrő képessége. A többi kísérleti területen ennél alacsonyabb értékű halmazott léggöri szárazságot mértünk, ezen területeken nem is volt megfigyelhető az A4A klón esetében sem hasonló lombvesztés.

(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))

12. Modellezés, ökonómiai elemzés

Az ipari faültetvények tervezésénél minden esetben szükségesek gazdasági számítások, hogy a meglévő adottságokhoz azt a technológiát és pénzügyi megoldást tudjuk kiválasztani, amellyel maximális nyereség érhető el. Az ipari faültetvények kialakítása során nagyon sok változtatható tényezővel kell számolni, tehát sok alternatív megoldás van. Ezek bonyolultsága, illetve a megfelelő pénzügyi megoldások megkeresése, komoly gazdasági számításokat igényel, melyeket egy döntéstámogató programmal lehet elvégezni, amely kifejezetten az ipari faültetvények, illetve a fás szárú ültetvények termesztésének tervezéséhez és kezeléséhez készült.

Az ipari faültetvények egy új faanyag-termelési megoldást jelent, mellyel kapcsolatban nincsenek olyan hosszú távra visszavezethető tapasztalatok, mint a hagyományos erdőgazdálkodás terén. Ha sorra vesszük a változó tényezőket, amelyek befolyásolják a faanyag-termelést egy ipari faültetvény esetében, akkor láthatjuk, hogy egy sokdimenziós rendszert alkotnak, amelyben egy változó megváltozása kihat az összes többi tényezőre, és ezzel a természetes értékeket befolyásolja. Minden gazdasági tevékenységhez, beruházáshoz, szükséges, hogy pontos adatokkal rendelkezünk a beruházási, fenntartási, üzemeltetési költségekről és a várható bevételekről, megtérülési időről stb. Egy adott, rendelkezésre álló területen, adott igény kielégítésére tervezett ipari faültetvényben különböző fafajok, fajták kerülhetnek alkalmazásra a termőhely változatossága miatt, és egy fajon, illetve fajtán belül is más-más hozamokat lehet prognosztizálni az egy fajnak, illetve fajtának kijelölt terület termőhelyi (kisebb léptékű) változása miatt. Ezen belül az egymást követő betakarítások között is változik a hozam. Telepítés több évig húzódik el, technológiától függően, az évenkénti igények biztosítása miatt. Ehhez hozzájárul még az is, hogy az ipari faültetvény kezelése során más-más hozamok prognosztizálhatók még az évek előrehaladtával is, illetve a termesztéstechnológia is több tényezőtől függ, ami szintén más-más eredményeket tud biztosítani. Látható tehát, hogy csak a természetes adatok kalkulálása is igen bonyolult, nehezen átlátható feladat.

Ökonómiai elemzéshez készített szoftver által szolgáltatott információkról általában

A döntés-előkészítő program lehetőséget ad arra, hogy bármely megoldást, technológiát vizsgáljunk. Egy meghatározott területen jelentkező különböző megoldásokból álló rendszert együtt vizsgálunk vele. A választási lehetőségeket, melyek a megvalósítás esetén felmerülnek, tetszőleges kombinációban elemezzünk, hogy a gazdálkodás szempontjából, a nyereség maximalizálása érdekében a legkedvezőbb megoldás-kombinációt ki tudjuk választani.

A programmal kalkulálni lehet:

- adott megoldás-kombinációktól és területi adottságoktól függő hozamalakulásokat, természetes értékeket,
- minden technológia esetén, a felmerülő munkálatokat teljes részletességgel, azok évenkénti változásának figyelembevételével együtt,

- beruházással és üzemeltetéssel kapcsolatos eltérő gazdasági eseményeket és azok hatásait, eredményeit az üzemeltetési idő teljes tartamában évenkénti bontással,
- megvalósítás formájától függő eltérő fix és változó költségeket és azok hatásait, eredményeit az üzemeltetési idő teljes tartamában évenkénti bontással.

Program megadja a teljes rendszerre többek között a:

- beruházás teljes élettartama alatt elérhető fedezeti hozzájárulás jelenlegi értékét,
- beruházás teljes élettartama alatt elérhető fedezeti hozzájárulás jövőbeni értékét,
- minimálisan szükséges éves nyereség összegét,
- dinamikus megtérülési mutatót és a belső kamatlábat,
- beruházási összeg maximumát,
- energetikai hányadost, amely az energetikai felhasználásra kerülő dedromassza által előállítható energia és ennek a dendromasszának az előállításához felhasznált energiának a hányadosát jelenti. Itt minden egyes művelet, illetve felhasznált anyag energiaértéke számításba kerül, ezzel megadva a lehetőséget, hogy energetikai szempontból az egyes tevékenységek milyen mértékig nem billentik a hányados értékét negatív tartományban, ahol már energetikai szempontból nem állítunk elő többletenergiát.
- termékre vonatkozó fajlagos árbevételt évente, és a teljes üzemeltetési időre
- a teljes önköltséget évente, és a teljes üzemeltetési időre
- a változó önköltséget évente, és a teljes üzemeltetési időre
- az állandó önköltséget évente, és a teljes üzemeltetési időre
- termelési érték arányos jövedelmezőséget évente, és a teljes üzemeltetési időre
- költségarányos jövedelmezőséget évente, és a teljes üzemeltetési időre
- tőkearányos jövedelmezőséget (profitrátát) évente, és a teljes üzemeltetési időre

A programmal optimalizálni lehet az egyes változó tényezők értékét úgy, hogy egy kívánt változó, pl.: a teljes önköltség, vagy a nyereség egy adott érték legyen.

A programnak tehát két funkciója is van. Az egyik a tervezésnél történő döntéstámogatás, a másik a már meglévő, kezelés alatt álló ipari faültetvénynél jelentkező adatok feldolgozása és értékelése a további munkák tervezéséhez, a hibák kiszűréséhez, és a megfelelő változtatás meghatározásához. Üzemeltetés során ellenőrizni kell, hogy a ténylegesen megvalósult hozamok teljesítik-e az előzetesen tervezett hozamot, vagy a jövőben módosítani kell, hogy a tervezett értéket elérje. A kezelés során ténylegesen felmerült költségek (mechanikai gyomirtás, növényvédelem, tápanyag-utánpótlás, stb.) rögzítése, és ezzel folyamatosan a gazdasági mutatók alakulása megfigyelhető, ezek alapján a szükséges beavatkozások elvégezhetők. Ezen feladatok ellátásához a döntéstámogató program kapcsolatot teremt a digitális térképi adatbázissal, azaz az ott rögzítésre került adatokat használja fel a számítások elvégzéséhez.

A program tehát alkalmas bármilyen ipari faültetvény rendszer teljes részletességű gazdasági elemzésére, és az optimális kombináció kiválasztására, döntéstámogatásra.

(A vizsgálat módszertana, részletes eredményei megtalálhatóak a projekt honlapján (www.eip-fny.hu))