

Doktori (PhD) értekezés

Börcsök Zoltán

Magyarországi mezei szil (*Ulmus minor* MILL. sensu lato)  
levélmorfológiai vizsgálata

*Sopron*

*2009*

*PhD 168*



**Magyarországi mezei szilek (*Ulmus minor* s.l.) levélmorfológiai vizsgálata,  
kitekintéssel az őshonos fajokra**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében  
a Nyugat-Magyarországi Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok  
Doktori Iskolája  
Erdei ökoszisztémák ökológiája és diverzitása programja

Írta:  
Börcsök Zoltán

Témavezető: Dr. ....

Elfogadásra javasolom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton ..... % -ot ért el,  
Sopron,

.....  
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javasolom (igen /nem)

Első bíráló (Dr. ....) igen /nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr. ....) igen /nem

(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr. ....) igen /nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....% - ot ért el  
Sopron,

.....  
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....  
Az EDT elnöke

## Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzések.....	7
2.	Irodalmi áttekintés: Az <i>Ulmaceae</i> MIRBEL. család és az <i>Ulmus</i> L. nemzetség.....	11
2.1	Az <i>Ulmaceae</i> MIRBEL. család taxonómiai helyzete .....	11
2.2	<i>Ulmus</i> L. nemzetség jellemzői.....	15
2.3	Viták az európai <i>Ulmus</i> szekció taxonómiájában .....	19
2.4	Magyarországon előforduló, vagy potenciálisan előforduló szil taxonok .....	24
3.	Anyag és módszer.....	36
3.1	Bevezetés .....	36
3.2	Vizsgálati anyag.....	37
3.2.1	Gyűjtési módszer.....	37
3.2.2	Gyűjtési helyek .....	38
3.2.3	Történeti herbáriumok használhatósága.....	39
3.2.4	Hosszú- és rövidhajtások elővizsgálata.....	40
3.3	Vizsgálati módszerek.....	42
3.3.1	„Hagyományos” morfometria .....	43
	Mért adatok .....	44
	Korreláció vizsgálat .....	49
	Többváltozós analízis a mezei szil leveleken.....	49
	Levélszőrök vizsgálata .....	51
	Esettanulmány a hibrid szil kimutatására.....	53
3.3.2	Alakjellemezés: geometriai morfometria.....	53
4.	Eredmények és megvitatásuk .....	56
4.1	A változók leíró statisztikai elemzése.....	56
4.2	A változók közötti összefüggések feltárása .....	64
4.3	Többváltozós adatelemzés az <i>U. minor</i> hazai adathalmazán .....	67
4.3.1	Főkomponens analízis.....	67
	Egyed szintű főkomponens analízis .....	67
	Eredmények a származtatott adatok alapján .....	69
	Eredmények a „hagyományosan” felhasznált adatok alapján.....	70
	Főkomponens analízis a levelek szintjén .....	71
	Összefoglalás.....	72
4.3.2	Klaszter analízis mezei szilre .....	72
	Összefoglalás és következtetések.....	75
4.4	Szórtípusok vizsgálata a mezei szil egyedek levelein.....	76
4.5	Esettanulmány a hibrid szil kimutatására .....	80
4.5.1	Főkomponens analízis.....	80
	Elemzés a mért adatok alapján.....	81
	Elemzés a származtatott adatok alapján .....	83
	Elemzés a hagyományos adatok alapján.....	85
4.5.2	Klaszter analízis .....	87
	Következtetések .....	89
4.6	Alakjellemezés: Fourier-analízis eredményei.....	91
5.	Összefoglalás.....	94
6.	Tézisek.....	98
7.	Köszönetnyilvánítás .....	99
8.	Felhasznált irodalom .....	100
9.	Ábra- és táblázatjegyzék.....	109
10.	Mellékletek (CD) .....	113



## Összegzés

### Magyarországi mezei szilek (*Ulmus minor sensu lato*) levélmorfológiai vizsgálata

Vizsgáltam a mezei szilek morfológiai változatosságát levélparaméterek alapján, és változatok elkülönítését kíséreltem meg. A vizsgálatok levelek kitüntetett pontjainak távolságadatai alapján történtek. A mért tulajdonságok alapján a hazai mezei szil egyedek levélmorfológiai változatossága leírható, az egyedek nagy része a szakirodalmi adatoknak megfelelő sávba esik. Az összes vizsgált paraméter esetében az adattartományon belül az adatok rendszerint széles tartományt fogtak át és az átmenet folyamatosságát tapasztaltam. Feltártam a változók közötti összefüggéseket, elemezve a háttérben húzódó okokat. A vizsgálat szerint a magyarországi mezei szilek nagyon egységesen viselkednek, az adathalmazon belül azonban az alkalmazott statisztikai módszerek (hierarchikus osztályozás, diszkriminancia elemzés, főkomponens analízis) egyikének segítségével sem sikerült az adatok csoportosulását, vagyis megnevezhető taxont kimutatni. Ennek oka a generatív szaporodás túlsúlya lehet, mely a genetikai állomány folyamatos keveredését okozza.

A levélszőrök vizsgálata szintén a fenti feltevést támasztja alá. Különböző szőrtípusok előfordulása alapján osztályokat alkottam a gyűjtött levelekből, de ezek térképi reprezentációja nem mutatott csoportok kialakulását.

A hibrid jelenlétének igazolására egy megjelenési helyén, hegyi szilekkel vettem össze a mezei szil egyedek tulajdonságait. A mért adatok alapján Magyarországon kimutatható a mezei szil és a hegyi szil hibridje a holland szil (*U. ×hollandica*), melyet a statisztikai elemzések alátámasztottak.

A levélalak vizsgálatára további Fourier-analízist végeztem. A program csak a levelek alakját vette figyelembe, a méretekből adódó különbségeket standardizálással kizártam. A levél alakját jellemző Fourier-leírók főkomponens analízisét végeztem el. A mezei szil levelekre az elliptikus levelek a legjellemzőbbek, de mind tojásdad, mind visszás-tojásdad levelek előfordulnak. A levélcsúcs közepesen hegyes, vagy kissé tompa, a levélváll közepesen aszimmetrikus.

## Summary

### Study of the leaf morphology of field elms (*Ulmus minor* s.l.) in Hungary

The morphological variability was analyzed by measuring some properties of field elms' leaves, and separation of variants was tried in the *Ulmus minor* MILL. complex. The study was made by the measuring distance between special points of the leaf lamina. The variability can be described by the measurement of these morphological characters; the relationships between leaf characters were discovered. Most of the leaves are in the range of described by other authors. All parameters contain a large range of data, and the continuity of the data was found. There was no alignment in the mass of data, neither with hierarchic clustering, nor with principal component analysis, so can't I describe any taxa within this species.

The hair types of the leaves' back also were examined. Categories were created in the ground of the hair types, but no geographical groups can be distinguished.

Some of the leaves were different. These can be indicative of the presence of the *Ulmus* ×*hollandica* in Hungary. To confirm this opinion, some field and wych elm were examined together. Analyzing the data, the hierarchical clustering and the principal component analysis indicated an intermediate group between *Ulmus minor* MILL. and *Ulmus glabra* HUDS. The leaf-properties of this group are between the parent species properties. The discriminant analysis supported the existence of this group. The presents of the Dutch elm (*U. ×hollandica*) in the Hungarian flora need verifications, with the examination of other properties, or with genetic tests.

Further examination was taken for the shape of the leaf lamina, by using Fourier descriptors, the coefficients were standardization based on the first harmonic. The principal component analysis of the elliptic Fourier coefficients was made. The highlights of the field elm's leaves are: elliptic, sometimes ovate or obovate, the apex is acute or rounded, convex, the base is moderately asymmetric.

„Hogyha a földműves boldog, látván, hogy a földjén  
sárgul már a kalász, s szeme menten méri a termést  
és gazdagságát, mégis dús dombja felé néz,  
s inkább érc tölgyet szemlél, sátras, busa bükköt,  
szőlőkacs megszőtte ruhában látja a szilfút.”

## 1. Bevezetés és célkitűzések

Az Európában előforduló szilek és az emberi populációk között szoros kapcsolatok voltak, melyek csakúgy, mint sok más természethez fűződő kapcsolat, felbomlottak/felbomlanak. Az európai kultúrákban fontos szerepe volt a szileknek, a mitológiákban gyakran lényeges feladatot látnak el. A skandináv-germán mitológiában egy szil törzsnek Odin lelket, Hoenir (Ve) érzékeket, Lodur (Vili) pedig vért és meleg adott, és így teremtették meg az első nőt (Embla). Egyes helyeken törvényt ültek alattuk és hirdették isten igéjét. A finnugor mitológiában a szilek Ut tűz-istennő anyjaként szerepelnek. A kelták szerint a szilek a sírhalmokat őrző koboldokkal vannak kapcsolatban és utat mutatnak az alvilágba. A kapcsolata az alvilággal-túlvilággal szerteágazó és talán ezért hagyományosan szerették alkalmazni koporsókészítéshez.

De más területen is igénybe vették, mivel fája tartós, szívesen alkalmazták vízi építészetben, csónak- és hajótörzset építettek, vagy hídalapot ácsoltak belőle. Gyakori alkalmazási területe

volt a kocsikerék készítés, de ivóvízcsövet is készítettek belőle, a fém csövek elterjedése előtt. Az első szil-szőlő háziasítást az antik görög világban találjuk meg, de mesterfokra a rómaiak emelték. A római korban a szilnek szerepe volt a szőlőtermesztésben, mivel szabad állásban terebélyes koronát növeszt, a szőlő támasztékául használták – ezt örökíti meg az Elsevier kiadó logója is (1. ábra) –, néhány helyen még ma is alkalmazzák ezt az ősi módszert (FUENTES-UTRILLA et al. 2004). A középkori walesi íjak hagyományosan szilből készültek. Az áztatott szilkéreg jó a borjaknak, ugyanakkor mivel rostos, széles körben használták kötélfonáshoz, de előfordult, hogy ruhát varrtak belőle. Norvégiában az 1812-es éhínség alatt tett nagy szolgálatot, kergét megették és még nászajándékba is azt



1. ábra. Az Elsevier kiadó logója: szilre futó szőlő (www.elsevier.com)

adtak (COLEMAN 1998; RICHENS 1983). Európa-szerte alkalmazták a gyógyításban, a levelek főzetét duzzanatok, daganatok borogatására, a háncsot bőr és nemi fertőzések, máskor meghűlés, fájó torok, a kérget pedig égések kezelésére használták.

Látható, hogy a szilek kulturális története nagyon gazdag és messzire nyúlik, több ezer éve biztosan az emberrel kapcsolatban élnek. A pollen mennyiségi adatok alapján kb. 5000 évvel ezelőtt egész Európa területén hirtelen szil-hanyatlást lehet kimutatni (PERRY, MOORE 1987; SPRATT 1993; PARKER et al. 2002). Ezt sokféleképpen magyarázták, részben egy hidegebb és szárazabb periódussal, amikor Európa területén az erdők általában visszaszorultak, mások antropogén hatásokat vélnek a háttérben (STURLUDOTTIR, TURNER 1985), de említenek új kórokozót (RASMUSSEN, CHRISTENSEN 1999), vagy a talaj megváltozását, és felvetik egy erdődinamikai fluktuáció esélyét is (CASELDINE, FYFE 2006). A legvalószínűbb, hogy több hatás együttesen érvényesült a szilek számának csökkenésében (PEGLAR, BIRKS 1993; PARKER et al. 2002).

A magyarországi szilek kutatásának időszerűségét sok tény, jelenség alátámasztja. A magyar botanikai irodalmakat böngészve, kevés tudományos cikk foglalkozott a szilekkel, még kevesebb a változatosságukkal, az előforduló fajaikkal, vagy a nemzetség taxonjaival (PÉCH 1887; FÖLDVÁRY 1942, RAPAICS 1931, SIMONKAI 1898a, 1898b, BARTHA 1994, 1997, 1999; BARTHA, NAGY 2001; SIMON 2000).

A neolitikus hanyatláshoz teszik hasonlatossá az 1900-as évek elején hódításnak indult járványt (PERRY, MOORE 1987, DUNN 2000), a Holland Szilfa Vészt (Dutch Elm Disease = DED a továbbiakban), melynek már nagyon sok faegyed esett áldozatul, becslések szerint a Brit-szigeteken a szilek 90%-a elpusztult (COLEMAN 1998). Ez nem került el a hazai szilpopulációt sem. A járvány következtében a szilek morfológiai változatossága már a töredékére eshetett vissza. Fontos ennek a változatosságnak a vizsgálata, már csak azért is, mert ezzel lehetne megalapozni egy olyan génmegőrzési programot, mely Nyugat-Európában már több is futott (EURESGEN 98). A szilek megőrzésére pedig több szempontból kellene figyelniük a fenti kultúrtörténeti értékeken felül is, pl. kimutatták, hogy több tucat rovarfaj specializálódott az európai szilfajokra (SKRZYPCZYŃSKA 2002), de fontos strukturális szerepet játszanak a különféle erdőkben, említsük csak a tölgy-kőris-szil ligeterdőket.

Ezek alapján választottam a vizsgálódásom céltárgyává a szileket, azon belül is a tágabb értelemben vett mezei szilt (*U. minor* MILL. sensu lato), mert, mint azt majd a későbbiekben

részletesen bemutatom, ez a fajcsoport okozta a legtöbb fejtörést Európában a botanikusoknak, valószínűleg ennek a csoportnak a változatossága a legnagyobb. A szilek nemzetségében a virágok és a termések egyszerűek, viszonylag kis változatosságúak, a rendszerezés szempontjából csupán néhány hasznos tulajdonsággal rendelkeznek, ezért többnyire csak a magasabb rendszertani kategóriák megállapításánál lehet figyelembe venni azokat. A rendszerezés – faji, vagy az alatti szinten – így elsősorban leveleken alapul, amik viszont nagyon változatosak, morfológiájukat befolyásolja a levélek fakadási ideje, a hajtáson való elhelyezkedése, a hajtástípus, amin elhelyezkednek. Fontos lehet, hogy a korábban a sziltaxonómiában leírt vizsgálati módszereket kövessük, mert így válhatnak összehasonlíthatóvá a különböző munkák eredményei. A vizsgálódásokat én is a levelek morfológiájára építettem, részben azért, mert ennek a módnak már kidolgozott módszere és hagyománya van a nyugat-európai botanikai szil-vizsgálatokban; másrészt Magyarországon még nem végeztek hasonlót.

### **A kutatás célkitűzései**

A kutatás fő célja az, hogy **feltárja a magyarországi mezei szilek (*Ulmus minor* MILL. sensu lato) levélmorfológiai változatosságát.**

Nyugat-Európában számtalan alfajt, vagy kisebb értékű taxont különítenek el. Céлом, hogy a levélmorfológiai adatok alapján a **mezei szil fajcsoporton (*Ulmus minor* MILL. sensu lato) belül faj alatti csoportokat határoljak le**, megnevezve azokat a változókat, melyek alapján ezek a taxonok a legjobban elválnak a többitől és már meglévő taxonokkal azonosítsam azokat.

A régióból több vitatott taxonómiai besorolású taxon előfordulását is jelezték, így például az angol szil (*U. minor* var. *vulgaris* RICHENS = *U. procera* SALISB.), melyeknek az elterjedése azonban vitatott, kérdéses, hogy Magyarországon előfordulnak-e, vagy határozási problémák miatt kerültek a flóralistákra. Céлом volt, hogy igazoljam, vagy elvessem az angol szil jelenlétét. Más taxonokat, mint pl. az *U. minor* subsp. *canescens* (MELVILLE) BROWICZ ET J. ZIELIŃSKI (= *Ulmus canescens* MELVILLE), nem jeleznek Magyarországról, de az ismert elterjedési területe Magyarország határaitól nincs messze, így felbukkanhat az országban.

A hegyi szil (*U. glabra* HUDS.) és a mezei szil (*U. minor* MILL.) szabadon hibridizálódhat egymással, ráadásul a hibridek egymással, vagy akár a szülőfajokkal is kereszteződhetnek. Nyugat-Európában a hibridet között sok változatot azonosítottak, melyek

tulajdonságaikban a szülőfajok között helyezkednek el. Vannak olyan kultúrváltozatok, melyeket előszeretettel ültetnek parkokba, városokba. A gyűjtések felmerült, hogy gyűjtésben vannak olyan mezei szilnek definiált egyedek, melyek sok tulajdonságukban hasonlítanak a hegyi szilekre. Ezért a Sopron-hegyvidéki mezei szil egyedeket és az ugyancsak innen gyűjtött hegyi szil leveleket külön vizsgálatnak vettem alá, ugyanazokat az adatokat felhasználva, melyeket az eddigi elemzésekben is.

Választ kerestem arra, hogy vajon a hibrid szil megjelenik-e hazánkban, így célom volt, hogy a vizsgált levéltulajdonságok alapján megpróbáljam **kimutatni a hibrid szileket** (*U. ×hollandica* MILL.), amennyiben előfordulnak a gyűjtött mintában.

„Fölséges fa volt, nemes fajtájú szilfa. A semmiből, a porból, a véletlenből született. Ez a kolosszus, melynek törzse hatalmasan, páratlan lendülettel tört fel a földből, egyetlen magból sarjadt, egy egyszerű, földbe temetett magból. ... Jóságos óriás volt. ... magához hívta a verébrajokat, elűzte a viharokat, felkeltette és nyugovóra küldte a napot. Jóindulattal vett körül. Egészen közel nyújtotta hozzám ágainak árnyékát, nagyon halkán dudorászott, lágy hangját lassacskán érteni tanultam.,,

## 2. Irodalmi áttekintés: Az *Ulmaceae* MIRBEL. család és az *Ulmus* L. nemzetség

### 2.1 Az *Ulmaceae* MIRBEL. család taxonómiai helyzete

Az *Ulmaceae* családot hagyományosan az *Urticales* rendben helyezték el, a kétkörű, körönként kéttagú virágtakaró, a többnyire felső állású, két termőlevélből álló termő virágok alapján (HORTOBÁGYI 1979; FAZEKAS, SZERÉNYI 2002; ENGLONER et al. 2001). A csoportban általános a szélbeporzás, sok fajban megjelenik a kovásvav és a kalcium-oxalát, ugyanakkor a cserzőanyagok és a triterpének alárendeltek.



2. ábra. Az *Ulmaceae* s.l. elterjedése

A szilfafélék családjában eredetileg csak két [www.arbolesornamentales.com/Ulmaceae.htm](http://www.arbolesornamentales.com/Ulmaceae.htm) nemzetséget írtak le, az *Ulmus* és a *Celtis* nemzetséget. A nemzetségek száma azóta 15-16-re nőtt, mintegy 150-200 fajjal, melyek fák vagy cserjék, esetleg liánok, melyek mind a mérsékelt övben, mind a trópusokon előfordulnak (2. ábra). A családot hagyományosan két alcsaládra, *Ulmoidae*, *Celtoidae*, osztják (THORNE 1968, 1992). A két csoport (továbbiakban ulmoid és celtoid) tagjai számos tulajdonságban, pl. a virágok fejlődésében, szerkezetében, a pollen morfológiájában (STAFFORD 1995), anatómiában (SWEITZER 1971), sejttani karakterekben különböznek (1. táblázat). GIANNASI (1978) flavonoidok alapján tudta elkülöníteni a két csoportot, ugyanis mind a fosszilis, mind a jelenleg is élő *Celtisek-*

ben csak glikoflavonok vannak jelen, míg az *Ulmusok*-ban flavonolokat talált. Az *Ulmus*, *Planera*, *Holopterea* nemzetségeket az *Ulmoidae* alcsaládba, a *Celtis*, *Chaetacme*, *Trema* nemzetségeket a *Celtoidae* alcsaládba helyezték eredetileg. Vannak olyan fajok, melyek besorolása azonban bizonytalan (YESSON et al. 2004), pl. a *Zelkova* nemzetség besorolása emiatt nem egyértelmű: eredetileg a termések típusa alapján a celtoidok közé sorolták, más tulajdonságok miatt azonban újabban az ulmoid csoportba helyezik (DENK et al. 2005). GRUDZINSKAYA (1966, 1967) a virágok fejlődését vizsgálva vetette fel, hogy a celtoid csoport véleménye szerint közelebb áll a *Moraceae* családhoz, mint az *Ulmaceae*-hez, és a *Celtidaceae* család bevezetését javasolta. Más vizsgálatok is alátámasztották, hogy a *Celtidaceae* családot ki kell emelni az *Ulmaceae*-ből (ZAVADA, KIM 1996; OGINUMA et al. 1990) Ugyancsak alátámasztotta a két családra bontást OMORI és TERABAYASHI (1993) akik a termőtáj (gynoceum) erezettségének vizsgálatával foglalkozott. Az eredmények szerint az elemzett *Ulmaceae* taxonoknál a termőtájban három erezet találtak, míg a *Celtidaceae*-ben csak egyet és azt találták, hogy a *Celtidaceae* sokkal közelebb áll a *Moraceae*-hez, mint a szilfafélékhez. TERABAYASHI (1991) pedig a pálhá- és lomblevelek rügybeli hajtogatottságát, egymáshoz való viszonyát, a pálhalevelek összenövését tanulmányozta. Az egyes nemzetségekre jellemző egy-egy típus, de a családokon belül különbségeket állapított meg. A celtis-típusra jellemző a szabad vagy összenőtt pálhá, mely a levéllemezen belül helyezkedik el, míg az ulmus-típusban szabad pálhá van és a levéllemezen kívül helyezkedik el.

1. táblázat. Az ulmoid és celtoid csoport elkülönülése az *Ulmaceae* s.l. családban

<b>ulmoidok</b>		<b>celtoidok</b>
<i>főeres, egy főérrrel</i>	<b>levélerezettség</b>	<i>több elsőrendű ér</i>
<i>a levélszélre futnak</i>	<b>másodlagos erek</b>	<i>a levélszáron ívesen összenőttek</i>
<i>többnyire kétivarú</i>	<b>virágok neme</b>	<i>többnyire egyivarú</i>
<i>száraz, általában lependék</i>	<b>termés</b>	<i>többnyire húsos termés</i>
<i>laposak</i>	<b>magok</b>	<i>gömbölyded</i>
<i>egyenes</i>	<b>embrió</b>	<i>görbült</i>
<i>4-5 pórus</i>	<b>pollen</b>	<i>2-3 pórus</i>
<i>n=14</i>	<b>kromoszómaszám</b>	<i>n=10 v. 11</i>
<i>flavonol</i>	<b>flavonoidok</b>	<i>glikoflavon</i>



A legújabb taxonómiai elemzések DNS vizsgálatok segítségével történtek. A szintestben található ribulóz-1,5-biszfoszfát karboxiláz-oxigenáz enzim nagyobb alegységét kódoló (*rbcL*) gén szekvencia-vizsgálata alapján történt elemzés szerint az *Ulmaceae* és *Celtidaceae* szétválasztása indokolt, viszont a hagyományosan a celtoid csoportba sorolt *Ampelocera* nemzetség az *Ulmaceae*-be került (UEDA et al. 1997) (2. táblázat). WIEGREFE és munkatársai (1998) szintest DNS restrikciós térképe alapján állapították meg a rokonsági viszonyokat a két csoport között, illetve az *Urticales* rend több fájához képest. A leszármazási viszonyokat mutató kladogram az ulmoid és celtoid csoportot külön helyezte el. A *Celtidaceae* család a *Moraceae*, *Urticaceae* és *Cannabaceae* családok mellé került, távol az ulmoid csoporttól. Ezt a későbbi vizsgálatok is megerősítették (SONG et al. 2001), a *matK* (a szintest *trnK* génjének egy intronján található a *matK* nyitott olvasási keret (=open reading frame, ORF), melyet filogenetikai vizsgálatokban szoktak alkalmazni) alapján készült tanulmány szerint a *Celtidaceae* polyfiletikusnak tűnt, a *Canabaceae* családhoz tartozó fajok a kladogramon keveredtek a *Celtidaceae* fajaival. Más gének – így az *rbcL*, *trnL-F* és az *ndhF* – együttes elemzésével is hasonló eredmények születtek (SYSTMA et al. 2002). Később össze is vonták a *Cannabaceae* és *Celtidaceae* családot (SYSTMA et al. 2002; CHASE et al. 2003, PODANI 2003), még hozzá *Canabaceae* néven, mivel ezt a családot korábban írták le (SYSTMA et al. 2002). Ezek alapján az aktuális felosztás az 2. táblázat szerint alakul.

Európában a tágabb értelemben vett *Ulmaceae* család tagjai közül a 20-25 m magas *Celtis australis* őshonos Európa déli részén. A *Zelkova* nemzetség a földtörténeti időkben széleskörűen elterjedt volt Európában, mára viszont csak három Európában őshonos faj maradt, a Kréta szigetének hegyvidékein megtalálható *Zelkova abelicea* (LAM.) BOISS. (SONDERGAARD, EGLI 2006, FINESCHI et al. 2004), valamint a nem is olyan régen Szicílián felfedezett *Zelkova sicula* DI PASQUALE, GARFI & QUÉZEL, csak ezen a két szigeten fordul elő (FINESCHI et al. 2004, NAKAGAWA et al. 1998, GARFI et al. 2002). Kicsit nagyobb elterjedésű a *Zelkova carpinifolia* (PALL.) DIPPEL, mely a Kaukázusban, a Kackar- és az Alborz-hegységben őshonos közepes-nagytermetű fa. Mindhárom faj IUCN Vörös Listás. Európában a család legismertebb képviselői a szilek, az *Ulmus* nemzetség, melynek több faja őshonos a kontinensen.

2. táblázat. Az *Ulmaceae* család nemzetségei a korábbi és az aktuális jellemzések szerint

<u>Korábban az <i>Ulmaceae</i>-be sorolt nemzetségek</u>	<u><i>Ulmaceae</i> nemzetségei jelenleg</u>
<u><i>Aphananthe</i></u> Planch. ( <i>Cannabaceae</i> )	<u><i>Abelicea</i></u> Baill.
<u><i>Celtis</i></u> L. ( <i>Cannabaceae</i> )	= <u><i>Zelkova</i></u> Spach
<u><i>Chaetachme</i></u> Planch., orth. var. ( <i>Cannabaceae</i> )	<u><i>Ampelocera</i></u> Klotzsch
= <u><i>Chaetacme</i></u> Planch.	<u><i>Chaetoptelea</i></u> Liebm.
<u><i>Chaetacme</i></u> Planch. ( <i>Cannabaceae</i> )	= <u><i>Ulmus</i></u> L.
<u><i>Girroniera</i></u> Gaudich. ( <i>Cannabaceae</i> )	<u><i>Hemiptelea</i></u> Planch.
<u><i>Helminthospermum</i></u> Thwaites ( <i>Cannabaceae</i> )	<u><i>Holoptelea</i></u> Planch.
= <u><i>Girroniera</i></u> Gaudich.	<u><i>Phyllostylon</i></u> Capan. ex Benth. & Hook. f.
<u><i>Homoioceltis</i></u> Blume ( <i>Cannabaceae</i> )	<u><i>Plagioceltis</i></u> Mildbr. ex Baehni
= <u><i>Aphananthe</i></u> Planch.	= <u><i>Ampelocera</i></u> Klotzsch
<u><i>Lozanella</i></u> Greenm. ( <i>Cannabaceae</i> )	<u><i>Planera</i></u> J. F. Gmel.
<u><i>Mirandaceltis</i></u> Sharp ( <i>Cannabaceae</i> )	<u><i>Ulmus</i></u> L.
= <u><i>Aphananthe</i></u> Planch.	<u><i>Zelkova</i></u> Spach
<u><i>Momisia</i></u> F. Dietr. ( <i>Cannabaceae</i> )	
= <u><i>Celtis</i></u> L.	
<u><i>Nematostigma</i></u> Planch. ( <i>Cannabaceae</i> )	
= <u><i>Girroniera</i></u> Gaudich.	
<u><i>Parasponia</i></u> Miq. ( <i>Cannabaceae</i> )	
<u><i>Pteroceltis</i></u> Maxim. ( <i>Cannabaceae</i> )	
<u><i>Sparrea</i></u> Hunz. & Dottori ( <i>Cannabaceae</i> )	
=~ <u><i>Celtis</i></u> L.	
<u><i>Sponia</i></u> Comm. ex Decne. ( <i>Cannabaceae</i> )	
= <u><i>Trema</i></u> Lour.	
<u><i>Trema</i></u> Lour. ( <i>Cannabaceae</i> )	

## 2.2 *Ulmus* L. nemzetség jellemzői

Lombhullató, vagy ritkábban örökzöld fák, esetleg cserjék, változatos koronával, melyek az északi félteke szubtrópusi és mérsékelt övében élnek (3. ábra). A hajtásokon paralecek lehetnek, melyek néha két átellenes szárnyként futnak a hajtáson. A rügyek szabadok, feltűnők. A rügypikkelyek tetőcserépszerűen fedik egymást, szőrösök vagy pillásak lehetnek. A két pálha korán lehulló, a lándzsás-oválistól a fonalásig. A levelek rövid



3. ábra. Az *Ulmus* nemzetség elterjedése (CAMPANA, STIPES 1981)

nyelűek, általában kétszeresen fűrészesek, a levélváll rendszerint aszimmetrikus. A levelek szórtan, vagy alternáltan állnak, főeresek, egy erőteljes középérrel, a másodlagos erek a szélre futnak és egy-egy fog csúcsában végződnek. A virágok kétivarúak, vagy tavasszal lombfakadás előtt jelennek meg, vagy ősszel fakadnak, csomókban, vagy fürtökben nyílnak, kocsányosak, vagy majdnem ülők vagy ülők, két murvalevéllel. A virágtakaró 4-9 tagú, harang alakú, a porzókkal megegyező számú, a lepel hártvány, általában hegyes csúcsú. A porzószál lapos, a portokok kifelé fordulók. A bibe tartós, mélyen kétlebenyű, szőrös; a magház lapos, a magkezdemény görbült. A termések lapos makkocskák, vékony, széles, ovális, elliptikus, ritkán keskeny szárnyakkal, a csúcsukon kicsípettek, a mag közepén, vagy a csúcshoz közelebb helyezkedik el (MACKENTHUN 2004). A virágzás után néhány héttel már érettek (BRINKMAN 1974). A fatest szerkezete a nemzetségen belül viszonylag egységes, az Európában előforduló fajokat nem szokták elkülöníteni egymástól, egységesen kezelik, csak színben, geszt-szíjács arányban, a felépítő sejtek mennyiségi arányaiban van némi különbség (MOLNÁR, BARISKA 2002).

A nemzetségen belüli eredeti rendszert SCHNEIDER publikálta (SCHNEIDER 1916a, 1916b), melyben a nemzetséget 5 szekcióra osztotta. Rendszerét sokan elfogadták, átvették, legfeljebb kismértékben módosították (GRUDZINSKAYA 1966, 1967, 1974). Ezeknek a rendszereknek az alapja a virágzat, a virágtakaró levelek morfológiája, a virágzási idő és a termés, a lependék morfológiája lett. A leírt szekciók (SCHNEIDER 1916a, BEAN 1970):

*Ulmus* L. (*Madocarpus* DUMORT.) szekció

A virágok rövid kocsányúak, csoportokban nyílnak a levelek fakadása előtt. A virágtakaró 4-7 cimpájú. A lependék ritkán pillás szélű.

*Blepharocarpus* DUMORT. szekció

A virágok különböző hosszúságú, karcsú kocsányon, csomókban ülnek, a lombfakadás előtt nyílnak. A virágtakaró levelek mélyen hasogatottak. A lependék pillás.

*Chaetoptelea* (LIEBM.) C. SCHNEIDER szekció

A virágtakaró a harmadáig-feléig hasított, széles-elliptikus, két-két és fél-szer hosszabb a szélességénél. A virágok a levelek előtt jelennek meg, karcsú kocsányon, fürtvirágzatban nyílnak. A lependék pelyhes és pillás. A mag a termés közepén, a termés kicsípett csúcsától távol helyezkedik el.

*Microptelea* (SPACH) BENTH & HOOK szekció

A virágok csomókban helyezkednek el, belülről kifelé nyílnak. A kocsány legfeljebb kétszer olyan hosszú, mint a termés. A virágok ősszel nyílnak. A virágtakaró mélyen, legalább a feléig hasított, a lebenyek keskenyek, lándzsásak, a lepel 3-4-szer hosszabb a szélességénél. A lependék kopasz. A levelek bőrszerűek, későn hullnak le.

*Trichoptelea* C. SCHNEIDER szekció

A virágok ősszel nyílnak, hosszúkás virágzatokban, csüngő fürtökben. A virágtakaró mélyen, legalább a feléig hasított, a lebenyek keskenyek, lándzsásak. A lependék szőrös, az élén pillás.

A későbbiekben a folyamatosan felmerülő újabb és újabb anatómiai, molekuláris biológiai eredmények alapján (SWEITZER 1971; BATE-SMITH, RICHENS 1973; GRUDZINSKAYA 1974) egyes fajok elhelyezkedése a rendszerben megkérdőjeleződött. WIEGREFE és munkatársai (1994) a DNS technika segítségével próbáltak a rokonsági viszonyokra fényt deríteni. Színtest DNS restrikciós hasítási térképének analízise alapján készítettek kladogramot. A vizsgálatok arra mutattak rá, hogy a nemzetséget két ágra kellene bontani, mely két ág földrajzilag is határozottan elkülönül egymástól. Az egyik csoport a nyugati, melyet *Oreoptelea* névvel illetnek, itt a kivétel az *U. laevis*, a másik a keleti csoport, melynek

elnevezése *Ulmus*, ahova viszont az *U. rubra* nem illik bele. A felosztást a morfológiai adatok is alátámasztják. Ezek alapján az új felosztás:

**Subgenus *Oreoptelea* (SPACH) PLACHON**

sect. *Blepharocarpus* DUMORT.

sect. *Chaetoptelea* (LIEBM.) C. SCHNEIDER

sect. *Trichoptelea* C. SCHNEIDER

**Subgenus *Ulmus***

sect. *Lanceifolia* (C. SCHNEIDER) GRUDZ.

sect. *Microptelea* (SPACH) BENTH & HOOK

sect. *Ulmus* (syn.: *Madocarpus* DUMORT)

A jelenleg ismert fajok szekciókba sorolását a 3. táblázat tartalmazza. A legfrissebb irodalmak szerint a nemzetségen belül mintegy 40 fajt különböztetnek meg (BUCHEL 2000; FU, XIN 2000; FU et al. 2003), melyek közül néhánynak a taxonómiai státusza bizonytalan. Az elterjedési területek jól mutatják, hogy a nemzetség elterjedésének központja Délkelet-Ázsiában van, Kínában 14 endemikus fajt tartanak számon (FU et al. 2003).

**3. táblázat A világban ismert szilfajok, valamint azok előfordulási területe (BUHEL 2000; FU, XIN 2000; FU et al. 2003 alapján)**

***Ulmus* szekció**

<i>U. bergmanniana</i> C. SCHNEIDER	Kína
<i>U. canescens</i> MELVILLE	DK-Európa (= <i>U. minor</i> MILL.)
<i>U. changii</i> CHENG	Kína
<i>U. davidiana</i> PLANCH.	Kína, Japán, Korea, Mongólia, Oroszország
<i>U. glabra</i> HUDS. em. MOSS	Európa, Kisázsia
<i>U. gaussenii</i> CHENG	Kína
<i>U. glaucescens</i> FRANCH.	Kína
<i>U. japonica</i> (REHD.) SARG.	Észak- és Kelet-Ázsia
<i>U. laciniata</i> (TRAUTV.) MAYR	Kelet-Ázsia
<i>U. macrocarpa</i> HANCE	Kína, Korea, Mongólia, Oroszország
<i>U. minor</i> MILL. em. RICHENS	Európa, Észak-Afrika
<i>U. pumila</i> L.	Kína, Korea, Mongólia, Kelet-Oroszország, Közép-Ázsia
<i>U. rubra</i> MÜHL.	Észak-Amerika
<i>U. sukaczewii</i> ANDR.	Oroszország
<i>U. szechuanica</i> FANG	Kína
<i>U. uyematsui</i> HAYATA	Taiwan
<i>U. wallichiana</i> PLANCH.	Himalája
<i>U. wilsoniana</i> C. SCHNEIDER	Kína

***Microptelea* szekció**

<i>U. parvifolia</i> JACQ.	Kína, India, Japán, Észak-Korea, Vietnám
----------------------------	--

***Blepharocarpus* szekció**

<i>U. americana</i> L.	Észak-Amerika
<i>U. laevis</i> PALLAS	Nyugat-Eurázsia

***Chaetoptelea* szekció**

<i>U. alata</i> MICHX.	Észak-Amerika
<i>U. elongata</i> L.K. FU & C.S. DING	Kína
<i>U. mexicana</i> (LIEBM.) PLANCH.	Mexikó

***Trichoptelea* szekció**

<i>U. crassifolia</i> NUTT.	Észak-Amerika
<i>U. ismaelis</i> TODZIA & PANERO	Mexikó
<i>U. serotina</i> SARG.	Észak-Amerika
<i>U. thomasii</i> SARG.	Észak-Amerika

***Lanceifolia* szekció**

<i>U. lanceifolia</i> ROXB. & WALL.	Kína, Bután, India, Laosz, Myanmar, Thaiföld, Vietnám
-------------------------------------	---

***Szekióba be nem osztott***

<i>U. androssowii</i> LITW.	Kína, Közép-Ázsia
<i>U. castaneifolia</i> HEMSL.	Kína
<i>U. chenmoui</i> W.C. CHENG	Kína
<i>U. densa</i> LITW.	Oroszország
<i>U. divaricata</i> C.H.MÜLLER	Mexikó
<i>U. elliptica</i> K. KOCH	Kaukázus (= <i>U. glabra</i> HUDS.)
<i>U. harbinensis</i> S.Q. NIE & K.Q. HUANG	Kína
<i>U. lamellosa</i> T. WANG & S.L. CHANG	Kína
<i>U. microcarpa</i> L.K. FU	Kína
<i>U. prunifolia</i> CHENG & L.K. FU	Kína
<i>U. pseudopropinqua</i> WANG & LI	Kína
<i>U. taihangshanensis</i> C. WANG	Kína
<i>U. turkestiana</i> REGEL	Kína
<i>U. villosa</i> BRANDIS	Himalája

### 2.3 Viták az európai *Ulmus* szekció taxonómiájában

Európában a nemzetség két szekciója fordul elő, a *Blepharocarpus* és az *Ulmus* szekció. A *Blepharocarpus*-hoz tartozik az *U. laevis* - vénic-szil, mely viszonylag egyszerűen elkülöníthető a többi őshonos fajtól, pl. a kocsányos virágok és termésesek alapján. Az *Ulmus* szekcióhoz tartozó fajok azonban több problémát okoznak, a legnagyobb vitát az angliai szilek váltották ki Európában, ugyanis pl. a szekción belül szabadon hibridizálódhatnak a fajok (TOWNSEND 1975; MITTEMPERGER, LA PORTA 1991), így összefüggő sorokat alkothatnak, valamint mivel régóta termesztésbe vonták őket, sok helyi változat, forma alakult ki és őrződött meg az évszázadok során. Ahhoz, hogy lássuk a probléma összetettségét, át kell nézzük a vitatott pontokat.

Linné összesen három szilfajt írt le a *Species Plantarum*-ban, egyet Ázsiából, egyet Észak-Amerikából, az összes európai szil pedig egy fajba, az *Ulmus campestris*-be sorolta, és ezzel ő sem tisztázta a vitákat. Számos keveredést okozott a szinonimák, téves fordítások sorozata (ARMSTRONG, SELL 1996), és valójában a mai napig sem tisztázódott a helyzet teljesen. Ahogy sok korai taxonómiai munkában, a szilek esetében is igaz, hogy a kezdeti kutatók gyakran nem jellemezték pontosan a fajt és általában hiányzott a típuspéldány is.

ELWES és HENRY (1913) 15 fajt különített el a különböző élőhelyeken, ebből hatot tartottak őshonosnak az angol szigeteken. Ezekben az években sorra írták le a szil taxonokat (DRUCE 1912). BANCOFT (1937) munkája fontos a szilek taxonómiájában. Az angol szil megnevezésre az *U. procerá*-t használta, de az *U. montana* helyettesíti az *U. glabra* HUDS.-t, melyet ő kétértelműnek tekintett. Alfred REHDER (1940) kritikusan megvizsgálta a szilek nevezéktanát és számos új kombinációt javasolt, főleg a természetett típusok esetében. Ő az *U. carpinifolia* GLEDITSCH nevet használta az összes sarjadó szilre.

Ronald MELVILLE (1937, 1938, 1939, 1975) számos cikkében foglalkozott a brit szilekkel. A korai munkáiban elvetette az *U. sativa* MILLERT, valamint az *U. campestris* L.-t és *U. minor* MILL.-t is, mint érvénytelen neveket, de később mégis az *U. campestris*-t használta. Leírta a Goodyear szil, mint *U. sticta* var. *goodyeri*, de később ezt az *U. angustifolia* var. *angustifoliá*val helyettesítette (MELVILLE 1938). Leírta az *U. diversifoliá*-t, amiről később úgy gondolta, hogy egy hibrid (MELVILLE 1939). Végül leírta az *U. coritana*-t, három változattal. Némi zavar keletkezett abból, hogy Melville sem szakmailag, sem formailag nem megfelelően írta le fajait, az illusztrációhoz az anyagot szelektálta, így a taxonon belüli változatosságot elrejtette. Melville taxonómiai beosztása azon a gondolaton alapul, hogy a Brit-szigetek sziljei szabadon hibridizálódhatnak egymás között és a hibridizáció felelős a

legtöbb tapasztalható változatosságért. Úgy gondolta, hogy taxon többszörös hibridizálódás eredményeként jött létre, pl. úgy tartotta, hogy az *U. ×hollandica* egy háromszoros hibrid, az *U. glabra* HUDS., *U. carpinifolia* és az *U. plotii* között. Ennek az elméletnek az összefogása az a könyvfejezet, mely az *Ulmus* nemzetségen belüli hibridizálódást írja le és 11 hibridet nevez meg (MELVILLE 1975). Bár az elnevezésében nagyon következetes volt, de ugyanakkor olykor nagyon különböző fákat sorolt ugyanazon név alá.

RICHENS a szilekről egy hosszú cikksorozatot írt (RICHENS 1955, 1958, 1959, 1961a, 1961b, 1965, 1968, 1976, 1977, 1980, 1983, 1984, RICHENS, JEFFERS 1975, 1978, 1985, 1986). Munkája szinte teljesen a rövidhajtások első néhány levelének morfológiai vizsgálatán alapult, nyolc egyszerű karakter vizsgálatával, bár a terepen sokkal többet tudott a fákról és ezeket az információkat felhasználta rendszerezéseiben, de gyakran nem publikálta ezeket. Úgy találta, hogy számos entitást tud megkülönböztetni morfológiailag, és azt hirdette, hogy minden egyes entitás egy bizonyos területen terjedt el. Bár eleinte elfogadta a sokfajos származásokat, az 1983-as monográfiájában már leszögezi, hogy csak két faj és a hibridjük él Angliában (*U. glabra* HUDS., *U. minor* MILL., *U. glabra*×*U. minor* = *U. ×hollandica*. Az *U. minor* MILL. alatt 4 változatot, a var. *vulganis*-t, var. *cornubiensis*-t, var. *sarniensis*-t és a var. *minor*-t különböztetett meg (RICHENS 1983). Úgy gondolta, hogy az *U. minor*-t (vagyis az összes kislevelű szil) az ember ültette Angliában. RICHENS (1983) javasolta az *Ulmus minor* senso lato elnevezést, mivel véleménye szerint a tulajdonságok (levélmorfológiai) folytonosak a fajon belül.

A Brit-szigetek Flórájának első kiadásában (ARMSTRONG, SELL 1996) 7 szilfajt publikálnak: *U. glabra* HUDS., *U. procera*, *U. sticta*, *U. coritana*, *U. carpinifolia*, *U. plottii* és *U. diversifolia*. Az *U. glabra*-nak 2 alfaját jelentették meg, a subp. *glabra*-t és a subsp. *montanat* és három változatot is var. *cornuta* (David) REHDER; var. *pendula* (LONDON) REHDER és var. *sarniensis* (C: KOCH) REHDER. Az *U. sticta*-nak van három változata; a var. *sticta*, var. *sarniensis* és var. *goodyeri*. Hibrideket is bemutatnak az *U. glabra* és az *U. carpinifolia* között, beleértve az *U. ×hollandica* var. *hollandica*-t és var. *vegeta*-t. Ez a rendszer tisztán követi Melville-t és Armstrongék szerint ez a valaha publikált legjobb csoportosítása a brit szileknek, de ők kislevelesekben gondolkodnak, úgy gondolva, hogy végeredményben mindegy, hogy mi vezetett ehhez a diverzifikációhoz.

Ha összefoglaljuk a különböző felfogásokat, akkor megállapíthatjuk, hogy az európai szilek *Ulmus* szekciójának osztályozására legalább hat különböző szintű rendszertani elemzés született (a különbségek leginkább abban vannak, hogy a változatosságot változatokkal,



alfajokkal, vagy csak matematikai változókkal írják le). A csoportosítás nem sokat változott RICHENS 1976-s publikálása óta:

- 1) *Egy fajos fajfelfogás*: A szekció összes fajtát (az *U. elliptica* KOCH kivételével) egy fajba, az *U. campestris* L.-be sorolják, ahogy Linné is tette. Később MACHON et al. (1995) is felvetették ezt a teóriát izoenzim vizsgálatokra alapozva.
- 2) *Két fajos fajfelfogás*: A hegyi szil (*U. glabra* HUDS.) elválasztják a többtől, melyeket a tágabb értelemben vett mezei szil (*U. minor* MILL. sensu lato) alá sorolnak, ahogy RICHENS tette (1983).
- 3) *Három fajos fajfelfogás*: Elkülönítik az angol szil (*U. procera* SALISB.), a mezei szil (*U. minor* MILL. sensu lato) és a hegyi szil (*U. glabra* HUDS.), ahogy TUTIN tette a Flora Europea-ban (1964).
- 4) *Négy fajos fajfelfogás*: Az előző fajokon kívül a Kaukázusból leírt *U. elliptica* KOCH-t külön fajnak tekintik.
- 5) *Sok fajos fajfelfogás és hibridek*: Ezt az elképzelést képviselte MELVILLE, hat brit fajt (*U. angustifolia* (WESTON) WESTON, *U. carpinifolia* SUCKOW, *U. coritana* MELVILLE, *U. procera* SALISB., *U. scabra* MILLER, *U. plotii* DRUCE) és számos hibridet azonosított.
- 6) *Microspecies fajfelfogás*: Nagyszámú szil kisfaj leírása, melyet korábban RICHENS is képviselt (1959), jelenleg ARMSTRONG és SELL (1996) támogatja ezt az irányvonalat.

A legtöbb régi és újabb határozó csak két őshonos fajt (*U. glabra* HUDS., *U. minor* MILL.), illetve esetleg ezek hibridjét (*U. ×hollandica*), valamint egy ázsiai betelepített fajt (*U. pumila*) említi (NEILRICH 1859; THOME 1886; MITRUSHI 1955; DEMIRI 1983; OBERDORFER 1970, 1983; ROTHMALER 1984; CASTROVIEJO et al. 1993; HEJNÝ, SLAVÍK 1997; RAMEAU et al. 1993; PIGNATTI 1982; HROUDA 1997). Ezekon kívül több szerzőnél megtalálhatunk számos, mások által viszont vitatott taxont, így pl. *U. procera* SALISB., *U. canescens* MELVILL. (SÄVULESCU 1952; TUTIN 1964; JOHNSON 2007).

A viták tisztázására a szilek esetében is bevetették a molekuláris biológia eszközeit már korán, ekkor még főleg másodlagos anyagcseretermékeket vizsgálva (BATE-SMITH, RICHENS 1973), de még csak jól elkülönülő fajokat vizsgáltak. Az amerikai fajok esetében a levelek flavonoid típusai és a taxonómiai helyzet között találtak összefüggéseket (SHERMAN, GIANNASI 1988; HEIMER et al. 1990). A későbbiekben az enzimvizsgálatok során már lehetőség nyílt populációk vizsgálatára, illetve keresni kezdték azokat az alléleket,

enzimeket, melyekkel elválaszthatják az egyes fajokat (PEARCE, RICHENS 1977). Az angliai *Ulmus minor* MILL. s.l. komplex izoenzim változatosságának alacsony voltát (a hegyi szilhez képest) a vegetatív szaporodás túlsúlyával magyarázták és ezzel a betelepítés teóriáját tudták alátámasztani (RICHENS, PEARCE 1984). A franciaországi szilek vizsgálatakor vetődött fel, hogy az *Ulmus* szekció fajai (*U. minor* MILL., *U. glabra* HUDS.) szegmentális poliploidok lehetnek, de később ezt nem sikerült igazolni (MACHON et al. 1995). Ugyancsak ebben a vizsgálatban vetődött fel, hogy az izoenzimek tekintetében nincs különbség az *Ulmus glabra* HUDS. és *Ulmus minor* MILL. között, így esetleg egy fajban kellene ezeket összevonni. Ugyancsak francia szilek esetében tudták kimutatni a hibridek jelenlétét a populációban, illetve megállapították, hogy az *U. ×hollandica* esetében a heterozigócia foka megegyezik a szülőfajokéval, így igazolni tudták azt a morfológiai megfigyeléseken alapuló sejtés, hogy a hibrid visszakereszteződik a szülőfajokkal (MACHON et al. 1997). Ugyancsak izoenzimek segítségével sikerült bizonyítani, hogy az *U. pumila* és az *U. minor* MILL. természetes úton képes hibridek létrehozására (COGOLLUDO-AGUSTÍN et al. 2000). Az újabb, DNS alapú vizsgálatok (RAPD, ISSR) még pontosabb azonosításokat tesznek lehetővé, melyek akár egyedszintű azonosítást is lehetővé tesznek, segíthetnek azonosítani a hibrideket (COLLADA et al. 2004) és hasznosíthatók a génmegőrzés területén (HOLLINGWORTH et al. 2000; GOODALL-COPESTAKE 2005).

Az angliai taxonok rendszertani helyzetének tisztázására is bevetették a DNS alapú vizsgálatokat. Más klonálisan terjedő növényfajokon is gyakran alkalmazott RAPD vizsgálatot végeztek el a gyökérsarjas *Ulmus plotii* taxonon (COLEMAN 2000), és a tapasztalatok szerint az *U. plotii* egy klón.

Az angol szil rendszertanával kapcsolatban az áttörés a közelmúltra tehető, GIL és munkatársai (2004) dél- és nyugat-európai *U. minor* MILL. formák genetikai állományát hasonlították össze. A szintest DNS-e alapján, 5 leszármazási vonalat tudtak azonosítani, ezek közül az általuk elnevezett 'C'-vonal olasz, spanyol és angol szileknél is megjelent, sőt 5 spanyol és 3 angol szil esetében a sejtmagi DNS segítségével teljes azonosságot sikerült igazolni, vagyis klónok, ráadásul ezeket az egyedeket szakértők *U. procera* SALISB.-ként azonosították. Bár a vizsgálatok csak szűrőpróbaszerűek voltak és kis mintával dolgoztak, a genetikai eredmények kétségtelenek, vagyis az angol szil a mezei szil egy (illetve valószínűleg több) klónjának tekinthető. Az eredmények azt a hipotézist támasztják alá, hogy a rómaiak szőlő támasztéknak használták. Columella, római agronómus ie. 50-ben írt a szil ilyen használatáról (*De Re Rustica*), valamint a kopárokon történő használatról, s a vegetatív terjesztésről. Három farmja volt Latiumban, ahol a legtöbb 'C' leszármazás megtalálható és

négy szőlője Xarazban (Andalúzia, Spanyolország). Ő és más farmerek szileket vihettek az Ibériai-félszigetre, köztük az ún. Atinian szilt, melyet a rómaiak vegetatív módon terjesztettek és előszeretettel alkalmaztak a szőlőművelésben.

Az előzőek alapján felvetődhet a kérdés, hogy a napjainkban rendelkezésre álló, modern, molekuláris módszerek bevetése nem lenne-e célszerűbb a mezei szilek változatosságának vizsgálatánál. Véleményem szerint azonban a terepen a DNS vizsgálatnak nem sok hasznát vehetnénk, a terepen morfológiai „adatok” alapján tájékozódunk, ezért úgy gondolom, hogy először egy ilyen munkának kell készülnie, de a begyűjtött mintákon a későbbiekben akár a DNS elemzése is sorra kerülhet.

Nem oly rég azonban még folyóiratok lapjain is komoly viták dúltak arról, hogy vajon tényleg leáldozott-e a morfológia felhasználásának a rendszertan területén. A DNS technika mellett kardoskodók szerint a DNS szerkezete az élőlényekben azonos, így a különböző eredetű DNS-k összehasonlíthatóvá válnak. A legtöbb esetben nem kell elpusztítani az élőlényt, ahhoz, hogy a mintához hozzájussunk (MALLET 2003; TAUTZ et al. 2003).

A kritikusok hangsúlyozzák, hogy a jelenlegi rendszert a DNS alapú technológiák teljesen nem válthatják fel, de azt olykor hatékonyan kiegészíthetik (TAUTZ et al. 2003, LIPSCOMB et al. 2003). Hangsúlyozzák, hogy sok kritériumnak maga a DNS sem felel meg, hiszen az új fajt megkülönböztető jegyek olyannak kell lenni, mely másik fajban nem található meg. A gének többsége nem felel meg ennek a kritériumnak, pl. a közeli rokon fajoknál nagyfokú a hasonlóság, így ezek csak speciális szakaszok alapján hasonlíthatók össze, míg a magasabb rendszertani egységek közötti tájékozódást olyan gének segítik, melyek széles körben elterjedtek és konzervatívak (SEBERG et al. 2003, TAUTZ et al. 2003).

A gyakorlatban, hétköznapiakban nehezen elképzelhető, hogy a tudományos neveket teljes mértékben felváltsa a DNS-szekvencia alapú azonosítás (DUNN 2003). Természetesen a nehezen megkülönböztethető fajok szétválasztásában jelentős segítséget adhatnak a DNS alapú technológiák. A kérdés még mindig fennáll ebben az esetben is, mi a legmegfelelőbb gén vagy DNS szakasz a vizsgálatra? Mi a teendő különböző élőhelyeken előforduló populációk esetében? A fentiekből kitűnik, hogy a DNS alapú kutatásban is vannak még megoldandó kérdések, a vita konszenzus felé közelít. Nem valószínű, hogy a „hagyományos” taxonómia, a morfológia teljes mértékben a háttérbe szorulna, de valóban hatékony eszköze lehet egyes esetekben az azonosításnak, fajok, kistípusok elkülönítésének a DNS elemzése. Az állatok esetében már elindult a DNS alapú összehasonlítás, a mikroorganizmusoknál pedig régóta ezt alkalmazzák. A növények esetében is folytak vizsgálatok, de a felhasználható

régióról viták folytak, folynak, egy viszonylag rövid (600-800 bp) szekvenciát kell találni ('barcode'), melyet széles körben alkalmazhatnának fajok azonosítására (RUBINOFF et al. 2006).

Ha megnézzük a morfológiai tárgyú cikkek számának alakulását, akkor látható, hogy a morfometriai kutatásoknak a száma évről évre emelkedik, igaz, hogy ezt az emelkedést jórészt az újabb területek (új statisztikai módszerek, informatika) megjelenése produkálja, a klasszikus morfológia egyre inkább háttérbe szorul. Ha az elmúlt egy-másfél évtized munkáiból szemezünk, láthatjuk, hogy azok nagyon változatosak a témáikat tekintve, a magasabbrendű növények minden csoportjára vonatkozva találunk példát (HODÁLOVÁ, MARHOLD 1998, LARENA et al. 2004, WHANG et al. 2002, ACKERFIELD, WEN 2002, SONIBARE et al. 2004, ALBERT et al. 1997, STREIBER et al. 1999, FRANIEL, WIESKI 2005). FELINER és munkatársainak (2001) *Armeria* nemzetségi elemzése jó példája a morfológia és a DNS-technikák együttműködésének. A morfológiai adatok egészen kisméretűek is lehetnek, akár csak elektronmikroszkóppal vizsgálhatók (TOMASZEWSKI 2004, TAIA 2004, STABENTHEINER et al. 2004) De nemcsak a levelek külső tulajdonságai lehetnek fontosak, hanem az anatómiai felépítés, a felépítő sejtek is rendelkezhetnek taxonómiai fontossággal (SPLETT et al. 1993; FRANCESCHINELLI, YAMAMOTO 1993; REIS 2002; DIANE et al. 2003; LEI 2007).

De nem kell messzire mennünk, KÉZDY (2001) a molyhos tölgy alakkörön végzett morfológiai kutatásokat, kiegészítve kémiai és DNS vizsgálatokkal, míg BOROVICS különböző tölgyfajok morfológiai és DNS vizsgálatát végezte el (1998, 1999, 2000). A tölgyek kutatása azóta is nemzetközi szinten folyik, mely jó példa arra, hogy a genetikai és a morfológiai vizsgálatok jól kiegészíthetik egymást (BRUSCHI et al. 2003).

#### **2.4 Magyarországon előforduló, vagy potenciálisan előforduló szil taxonok**

A magyar flórát tárgyaló publikációkban változatos az *Ulmus* nemzetség tárgyalása. KERNER (1876) a magyar flórában három szilfajt közöl, az *U. campestris* L.-t, melyet aztán a hegyi szillel azonosít és *U. montana* WITH.-nek nevez, az *U. glabra* MILL.-t (ami az *U. minor* MILL.-lel azonosítható) és az *U. pedunculata* FOUGER-t (ami az *U. laevis* PALL.-lal egyezik). SIMONKAI 1898-ban azt írja, hogy az akkor ismert dendrológiai könyvekben nagy az elnevezési összevisszaság, ezért megkísérli, hogy eligazodjon az *Ulmus* nemzetségben. Simonkai bírálja Kernert a használt nevek miatt, elveti az *Ulmus campestris* L. nevet, azzal indokolva, hogy a név alatt sokan sokfélért értettek, és nem azonosítható egyértelműen, hogy melyik taxonról van szó. Megkülönbözteti a vénic szilt, *U. pedunculata* FOUGER név alatt és külön szekcióba, a

kocsányos szilfák közé sorolja. A kocsánytalan szilfák között a bibecsatorna hossza alapján differenciál, rövid és hosszú bibecsatornájú csoportot megállapítva. Ez a mai *U. glabra* HUDS. (hosszú bibecsatorna) és *U. minor* MILL. (rövid bibecsatorna) felosztásnak felelne meg. Ő azonban továbbmegy és két-két fajt ír le mindkét csoportban, külön fajba sorolva a paráskérgű szilfát (*U. suberosa* MÖNCH.) és fénylő szilt (*U. nitens* MÖNCH.), ami a mezei szilnek felel meg; a másik csoportban pedig az érdes szilt (=hegyi szil) (*U. scabra* MILL.) és az új fajként leírt pannon szilt (*U. pannonica* SIMK.) mutatja be. Az utóbbi fajt vörös vagy fehér mirigyek választják el a korábbi hegyi sziltől. Ugyancsak megemlíti és helyesen besorolja az *U. pumila*-t is. JÁVORKA (1925) Magyar Flórájában három fajt említ. Egyrészt a vénic szilt (*Ulmus laevis* PALL.), melyet a kocsányos virágok és termések, valamint az erőteljesen aszimmetrikus levélváll alapján különíti el a másik két fajtól. A mezei szilt (nála *U. glabra* MILL) és a hegyi szilt (*U. scabra* MILL.) a levélnyel hossza, a levélalak alapján differenciálja. A későbbi Magyar növényvilág kézikönyve (JÁVORKA, SOÓ 1951) megtartja a fenti három fajt, a tudományos nevek egy részének változtatásával (*U. campestris* L. = *U. glabra* MILL). A mezei szilen belül több változatot említ meg (var. *pubescens*, var. *glandulosa* és var. *suberosa*) és a hegyi szilnél is említést tesz egy mirigyos változatról (var. *pannonica*). VANCSURA (1960) is ezt a rendszert követi, megtartva a három fajt. Határozókulcsában azonban elsősorban levélbélyegek alapján (levélnyel, szőrözöttség, fogak) különíti el a fajokat. SOÓ (1970) szinopszisában a nemzetségen belüli felosztásban egyértelműen SCHNEIDER (1916a, 1916b) rendszerét követi, és megfigyelhető, hogy nagy hatással volt rá MELVILLE rendszere (1938, 1939), ami az általa szintén hivatkozott román flóraműben is tükröződik (BELDIE 1952). Ebben a rendszerben is az *Ulmus laevis* jól elkülönül a többtől és a fajon belül csak formákat ad meg. Az *Ulmus glabra* HUDS. esetében kijelenti, hogy csak a subsp. *glabra* van Magyarországon, és számos változatot, formát és kertészeti változatot ad meg. Az *Ulmus minor* MILL.-ből kiemeli az *U. procerát*, és külön fajba helyezi. A két taxon közötti különbséget a levelek és hajtások szőrözöttségében, a termések szárnyalakjába látja. Az *Ulmus minor* MILL. fajon belül rengeteg változatot, formát ad meg és itt jelenik meg először arra utalás, hogy az *Ulmus minor* MILL.-nak egyszeresen fűrészkes a levele. Az *U. procera* SALISB.-n belül egy változatot és több formát említ, mely formák a levél alakban térnek el egymástól. Ez azért fontos, mert általában az *U. procera* SALISB. fontos bélyegeként említik a kerekded leveleket (COLEMAN 2002). Ugyancsak fontos, hogy említést tesz az *U. ×hollandica*-ról, mint keverékfajról, de nem definiálja azt, valamint megemlíti az *U. pumila*-t, mint díszfát. A későbbi művek megtartották ezeket a taxonokat. GENCSI és VANCSURA (1992) a vénic szilen kívül szintén három őshonos fajt publikált, az *U. glabra* HUDS.-t, az *U. minor*

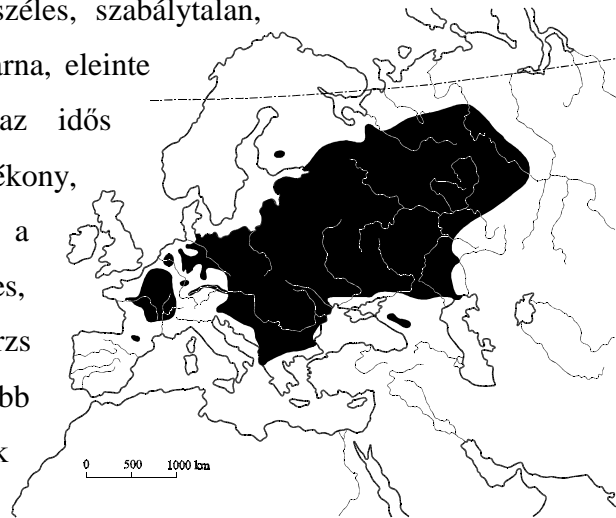
MILL.-t és az *U. procera* SALISB.-t. Említést tesz az *U. ×hollandica*-ról, mint bizonytalan eredetű kultúrhibridről és a fásításra alkalmazott *U. pumila*-ról. A fajok elkülönítésében a levélváll aszimmetriájának mértéke mellett fontos szerepet kap a levélnyél és az elsőrendű erek száma. Az *U. procera* SALISB. elkülönítésére a maradó molyhosságot javasolja, valamint a vörös mirigyek hiányát a fonákon, de ennek forrását nem adja meg. SIMON (2004) határozójában már nem találjuk nyomát az *U. ×hollandica*-nak, viszont megtartja az *U. procera* SALISB.-t. A határozás fő eleme ismét a termés, ami azért nem túl szerencsés, mert csak rövid ideig található meg a fán. Az *U. glabra* HUDS.-t a karéjosodó levélvállal és kétszeresen fűrészkes levéllel különíti el az *U. minor-U. procera* pártól, vagyis utóbbiak rendszerint egyszeresen fűrészkesek (téves, ritkán egyszeresen fűrészkesek, szinte mindig kétszeresen fűrészkes levelek jellemzők mindkét fajra). Mind az *U. procera* SALISB., mind az *U. minor* MILL. leírása hiányos és részben téves, miszerint az *U. minor* MILL. jellemző levélalakja visszás tojásdad (valójában tojásdad, vagy elliptikus a jellemző alak), illetve a hosszabb fél levéllemez levélvállja egyenes (valójában ritkán egyenes, inkább íves, sőt szíves).

A környező országokban változó a szil nemzetség megítélése. Romániában a magyarországi megítéléshez (SOÓ 1970) hasonlóan rengeteg alfajt, változatot és hibridet különítenek el, mely felfogás leginkább Melville felfogását tükrözi (BELDIE 1952). Több országban azonban, így Szlovákiában (HEJNY, SLAVIK 1997) inkább csak a hegyi és a mezei szilt említik, míg máshol az angol szil apró betűvel, megjegyzésként kerül elő (ADLER et al. 1994). Jellemzően a német nyelvterületek inkább csak az „alapfajokat” említik (OBERDORFER 1970, ROTHMALER et al. 1984), nyugaton tapasztalható inkább az angolok befolyása.

Az irodalom tanulmányozása alapján kijelenthető, hogy Magyarországon az *U. laevis* PALL.-n kívül a hegyi szil (*U. glabra* HUDS.) és a mezei szil (*U. minor* MILL.) tekinthető biztosan jelenlévőnek és őshonosnak. A továbbiakban így tárgyalom a hazai szileket. Az *U. minor* MILL. tárgyalására Richens rendszere a legmegfelelőbb, vagyis *U. minor* MILL.– mezei szil alatt minden ide sorolható alfajt vagy alacsonyabb értékű taxont is értek. Hazánkból, illetve a térségből jeleztek több alfajt (*U. minor* subsp. *canescens*, *U. minor* var. *vulgaris*), melyek előfordulhatnak, így ennek lehetőségét meg kell vizsgálni. A három fajon kívül várható Magyarországról a mezei szil és hegyi szil hibridje is (*U. × hollandica*), hiszen több olyan terület is van, ahol a két faj együtt fordul elő. Az őshonos fajokon kívül meg kell említeni a turkesztáni szilt (*U. pumila* L.), melyet nagyobb mennyiségben ültetnek hazánkban. A továbbiakban bemutatom a Magyarországon előforduló taxonokat.

***Ulmus laevis* PALL. (= *U. effusa* WILLD. = *U. pedunculata* FOUG.) – Vénic szil**

Nagytermetű, lombhullató fa (30-35 m), széles, szabálytalan, kevésbé sűrű koronával. A kéreg szürkés-barna, eleinte sima, majd vékony lemezekre válik, az idős példányokon barázdált. Jellemző a vékony, csomókban eredő vízajtások jelenléte a törzsön, a számos vékony, hosszú, egyenes, kevésbé elágazó fattyúajtástól a törzs dudorossá, csomorossá válhat. Az idősebb példányok törzsén jellemző gyökerterpeszek találhatóak. Tuskósarjakat rendszeresen hajt, ritkán gyökérsarjak is megtalálhatóak.



**4. ábra. Az *Ulmus laevis* elterjedési területe**

[www.biodiversityinternational.org/publications/Pdf/921.pdf](http://www.biodiversityinternational.org/publications/Pdf/921.pdf)

A fiatal **hajtások** fényesek, világos- vagy

olajbarnák, esetleg barnás-vörösek; eleinte szürke bunda borítja őket, de ez hamar eltűnik. Az idősebb hajtások sötétebbek, szürkébbek és kopaszak. A paralécek hiányoznak, lenticellák oválisak, jól láthatók, a hajtásnál világosabbak. A **rügyek** karcsúak, hosszúkás-kúp alakúak vagy orsószerűek, hegyesek, legfeljebb 1 cm hosszúak. A rügypikkelyek világosbarnák, fahéjszínűek, sötétebb, pillás szegéllyel, ezért jellegzetes csíkos mintát mutatnak.

A **levelek** hosszúkás oválisak, vagy széles elliptikusak, a levéllemez legnagyobb szélessége közepén, vagy attól a csúcs felé található. 6-14 cm hosszúak, 2,5-9 cm szélesek, kihegyezettek; általában nagyobb, mint a mezei szilnél, de kisebb, mint a hegyi szilnél. A csúcs erőteljes, általában kihegyesedő, konkáv, de a levél sosem három csúcsú (MÜLLER, KROELIN 2003). A levélváll erőteljesen aszimmetrikus (több centimétert is elérhet), a levél széle kétszeresen fűrészkes, az elsődleges fogak rendszerint ívesen, sarlósan a levél csúcsa felé hajlanak, átlagosan 2(3-4) másodlagos fogat viselnek. A levélnek (9)12-19 pár oldalere van, az erek párhuzamosan futnak, nem, vagy alig, csak a lemez szélénél elágazók, a nagyobb erek kiemelkednek. A kifejlett levél többnyire szőrtelen, fényes felszínű, a fonák tapintása bársonyos. Mind a felszínen, mind a fonákon előfordulnak egysejtű, hullámos, hegyes csúcsú fedőszőrök, melyek a színről lekopnak, a fonákon sűrűbben helyezkednek el és a levél bársonyos tapintását okozzák. A levél színén megjelennek még egysejtű serteszőrök, melyek mereven állnak, de nyár derekára általában lekopnak (WESTERCAMP, DEMMELMEYER 1997).

A levélnyel rövid, 4-6(10) mm, szőrös. A levelek április közepén hajtanak ki. Októberben sárgák lesznek és november elejéig lehullnak.

A **virágok** 20-25-ösével csomókban nyílnak. A virágkocsányok 6-20 mm hosszúak. 6-8 porzó található a virágokban, ezek kiemelkednek a virágból. Szélbeporzású, esetenként rovarok is látogatják. Március-áprilisban virágzik.

A lependék **termések** oválisak, vagy majdnem kerek, 1-1,5 cm hosszúak, a szélein pillásak, a mag a szárny közepén helyezkedik el, éretten sárgásbarna, okker. Májusban érnek és hullnak, szélterjesztésűek. Hullás után 2-3 héttel már csíráznak, a csírázás epigeikus, fél évig tarthatók el (BRINKMAN 1974).

**Elterjedése** közép-európai, kontinentális jelleggel (4. ábra). Oroszország európai részének teljes középső és déli részén gyakori, keleti határa az Ural. A Földközi-tenger nyugati partvidékén hiányzik, Kelet-Franciaországtól (legnyugatabbra a Pireneusokban diszjunkt állományban) a Kaukázusig. Északon Finnország déli részéig hatol. Ritkán hatol 600 m fölé. Vizek mellett, ligeterdőkben, vízparti erdőkben, kocsányos tölgyesekben él. Félárnyáktűrő, általában második lombkoronaszintben. A vénic szil természetes körülmények között az elterjedési területén spontán sehol sem kereszteződik más szilfajokkal.

#### ***Ulmus pumila* L. (= *U. pinnato-ramosa* DIECK.) – Szibériai szil, Turkesztáni szil**

Cserje, kis-, vagy közepes termetű, lombhullató fa, általában 15 m, a var. *arborea* 25 m magas, mellmagassági átmérő eléri az 1 m-t. Szabadállásban erősen ágas, széles, majdnem gömb alakú koronát növeszt, a törzse gyakran görbe (TÓTH 1983). Zárt állományban törzse általában egyenes növésű. A kéreg változatos színű: szürke, világosszürke, világos szürkésbarna; korán és erősen, mélyen repedezett hosszanti és keresztrepedésekkel (FEHÉR, VARGA 1996). Elágazási rendszerében dominálnak a hosszú hajtások. A gallyak vékonyak, szürkétől a vöröses árnyalatig, kopaszak, fiatalon zöld mirigyszőrösök és elállnak a vastagabb ágaktól. Sosem paralécések, de elszórtan paraszemölcsösek.

Kicsi, tojás alakú vegetatív **rügyekkel** rendelkezik; melyek 1,5-2,5 mm hosszúak, szélességük 1-1,8 mm. A rügy hegye csúcsos, vagy tompa, 5-8 sötétbordó, lilás, fényes pikkely borítja, melyek az élükön fehéren pillásak. A virágrügyek csaknem gömbölyűek, jóval nagyobbak, 6-7 pikkely borítja.

A **levél** színe kopasz, alakja hosszúkás, tojásdad, elliptikus, vagy lándzsás, hegyes vagy kihegyezett csúcsú, 2-7(8) cm hosszú, szélessége 1,5-3,5 cm. A legtöbbször csak egyszeresen, szabályosan fűrészkes. A levélalap legfeljebb gyengén aszimmetrikus. A levélnyel (2-)3-7(-8) mm hosszú (RUHUA 1999). A levél színe fényes, sima, esetleg ritkán mirigyes, fiatalon



gyengén szőrös lehet, sötét-, míg a fonáka világoszöld, utóbbi fiatalon szintén zöld mirigyes, néha a főbb ereken csomókban vagy elszórtan, gyengén szőrös, ritkán az érzugokban is szőrös, de kopaszodó; egyébként szőrtelen, 9-16 másodlagos érpárral rendelkezik (MRKVICKA 1998).

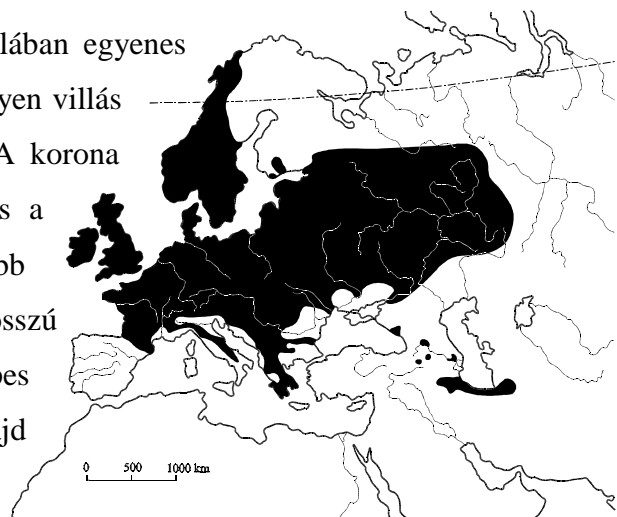
A **virágok** sűrű csomókban nyílnak az előző évi hajtásokon a levélripacsok felett. Lombfakadás előtt, február-márciusban fakadnak. A virágtakaró harang alakú, kb. félmagasságig osztott, a szíromlevelek közötti bevágás U formájú, a szíromlevelek a széle nem vagy alig pillás. A virágból négy porzó nyúlik ki, a portokok pirosak, vagy lilák, porzás után feketedők. A termőn két bibeszál található, melyek fehérek, alig érnek túl a szíromleveleken.

A mag a szárnyas, világosbarna **termés** (lependék) közepén vagy attól egy kissé feljebb helyezkedik el, 8-17 mm átmérőjű, kerekded, ritkán széles-elliptikus, esetleg visszás-tojásdad, a csúcsán kissé bevágott, a bevágás ritkán elérheti a magot. 1-2 mm-es kocsánya van. Májusban hullik.

Közép- és Belső-Ázsiában, Dél-, és Kelet-Szibériában, Észak-Kínában, Koreában, Turkesztánban **terjedt el** őshonosan, de sokfelé telepítik, ültetik. Közép-Európában parkokban, kertekben, valamint mezővédő erdősávokban, utak mentén, újabban erdőkben találhatjuk meg. A szilfavésznek ellenálló, gyors növekedésű, szárazságra nem érzékeny faj.

### ***Ulmus glabra* HUDS. (= *U. montana* WITH. = *U. scabra* MILL.) – Hegyi szil**

25-30(-35-40) m magas lombhullató fa, általában egyenes növésű, karcsú, nyúlánk, szabad állásban mélyen villás ágakkal, gömbölyű vagy ovális koronával. A korona átmérője akár 20 m is lehet. A vezérhajtás a vegetációs idő elején lehet bókoló, később felegyenesedő. Átmérője 2 m-t is elérhet, hosszú életű, 500 évet is élhet. Tőről és tuskóról képes sarjakat hozni. A kéreg fiatalon sima, majd idősebb korban vékony, pikkelyszerű, finom függőleges, hosszanti repedések borítják, majd fokozatosan mélyebb



**5. ábra. Az *Ulmus glabra* elterjedési területe (SCHÜTT et al. 1992 alapján)**

repedések keletkeznek, barnás-szürkés színű. Az elsőéves hajtások erőteljesek, olíva-zöldektől a vöröses-barnaig változhat a színe, többé-kevésbé apró, érdes szőrökkel egyenletesen borított, jellemzők a rövidhajtások, 5-7 levéllel.

A **rügyek** két sorban állnak, sötétbarnák, barnás-feketék, a rügypikkelyek szőrösek, pillásak, a szőrök vöröses, vagy barna színűek rozsdásak (COLEMAN 2002), később kopaszodók. A levélrügyek hegyesek, oldalt állók, a virágrügyek gömbölyűek.

A **levelek** váltakozó állásúak, vagy szórtak. A levelek változatosak, az árnyéklevelek általában elliptikusak vagy visszás-tojásdadok (SCHÜTT et al. 1992), kihegyesedők, több csúcsúak, 9-10 cm hosszúak, 6 cm szélesek; ugyanakkor a fénylevelek keskenyebbek, inkább csak egy csúcsúak, akár 20 cm hosszúak is lehetnek. A leveleknek 15-18(20) pár oldalere van. A levélváll csak kissé aszimmetrikus (egyes határozók szerint nagyon!). Előfordulnak olyan egyedek, melyeken jellemzően az aszimmetrikus levélváll két oldala tölcészerűen összenő. A levél kétszeresen fűrészkes, a fogak összes száma rendszerint 130 felett van. A főbb erek kiemelkednek. Színe rövid, csúcs felé hajló serteszőrökkel fedett, ettől a levélnyél felé simítva érdes tapintású, matt zöld (WESTERCAMP, DEMMELMEYER 1997). A fonák kissé világosabb, kevésbé sűrűn szőrös, nyár közepére kopaszodó; az érzugokban maradó szőrösomókkal, néha az erek mentén szőrsávokkal. Többféle egysejtű fedőszőrrel borított, valamint főleg az erezen vöröses mirigyszőr található, mindkét oldalon, de a fonákon nagyobb mennyiségben (WESTERCAMP, DEMMELMEYER 1997). Őszi lombszíné sárga (néha egészen világító). A levélnyél rövid, 3-5(6) mm hosszú, gyakran a levélváll által takart.

A **virágok** kicsik, párosával állnak, 20-30-as csoportokat alkotnak. Egy-egy csoport körül tölcészerű, világoszöld fellevelek vannak. A lepel 5-6(7) részre osztott, szőrös. A virágból 5-6 sötétlila vagy sötétbordó porzó nyúlik ki messzire. A bibeszálon kétágú mirigyes, rózsaszín bibe van. A bibe sokáig élő, ha nem termékenyül meg, még a porzók lehullása után is termékeny marad. Nem teljesen önsteril.

A **lependék** szélesen elliptikus, elliptikusan-romboid, vagy kerekded, 2-2,5 cm hosszú, a mag közepén helyezkedik el. A szárny csúcsa kicsípelt, keskeny, rövid, nem éri el a mag csúcsát, a mag csúcsa és a bevágás között legkevesebb maghosszúságnyi távolság van. A korán érő termések fotoszintetizálnak a levelek kifejlődéséig. Magyarországon május második felétől érik és hullik. A csírázás indulhat a hullás után közvetlenül, de elhúzódhat a következő évig is (MACKENTHUN 2001).

Széles **elterjedésű** (5. ábra), Európában ez a faj jut a legészakabbra, megtalálható Skandináviában a sarkkörök mentén, keleten eljut az Uralig, előfordul a Fekete-tenger mentén, nyugat-ázsiai elterjedésében Törökország, a nyugat-iráni Alborz-hegység és

Afganisztán szerepel, újra feltűnik a Szovjet (orosz) távol-keleten, Észak-Kínában, Koreában és Észak-Japánban ültetik. Megtalálható az Égei-tenger vidékén, Olaszországban és észak Spanyolországban, a középhegységekben. Hiányzik Dél-Nyugat-Európából, Hollandiából, észak-nyugat Németországból.

Közép-Európában viszonylag árnytűrő. Főleg bükkösökben találjuk meg, de előfordul kis völgyekben, domb- és hegyvidéken vízmosások mentén, hűvös északi lejtőkön, gyakran *Tilia platyphyllos*-szal és *Acer pseudoplatanus*-szal, valamint más jó tápanyag-ellátottságú üde erdőkben, pl. folyók menti keményfás ligeterdőkben.

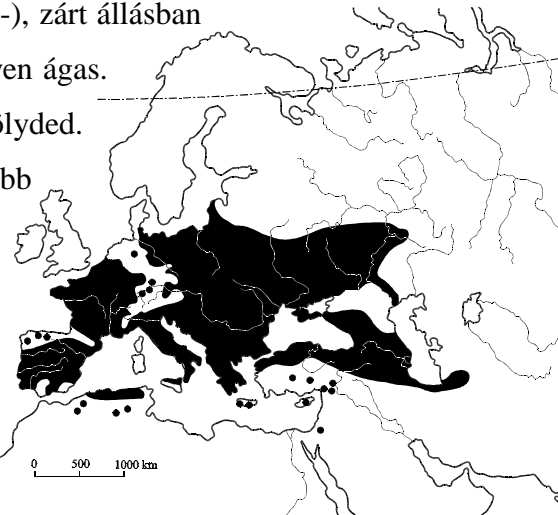
**Egyéb:** Nagyon érzékeny a szilfavészre, de legészakibb területen nem éri a kór, mert nincs vektor.

***Ulmus minor* MILL. (= *U. campestris* L.= *U. carpinifolia* GLEDITSCH) – Mezei szil**

30-35 m magas fa, esetenként csak cserje (2 m-), zárt állásban ágtsizta, hengeres törzsű, szabad állásban mélyen ágas.

A lombkorona változatos, gyakran gömbölyded.

Jellemző az idősebb egyedekre, hogy a hosszabb hajtások bókolók. Koronája gyakran laza. A kéreg sötétszürke, feketés, mélyen barázdálódik. Hosszú életű, 400-500 évig él. Tuskóról, töről, gyökérről jól sarjad, elterjedési területének szélén gyakran csak sarjakkal terjeszkedik.



6. ábra. Az *Ulmus minor* elterjedése (MITTEMPERGHER 1996)

Az ágrendszer hosszú- és

rövidhajtásokból álló, a hosszúhajtások a fiatal, még erőteljes hossznövekedéssel jellemezhető fákon felfelé állók, róluk a rövidhajtások kétoldalasan, egy síkban elhelyezkedve erednek. Az idősebb egyedeken a hosszúhajtások bókolók. Az egyéves **hajtások** vékonyak, barnászörösek, gesztenyebarnák, csupaszak, vagy gyengén szőrösek (ritkán csak a levelek eredésénél szőrösek), ha szőrösek, nyár közepére kopaszodók. Főleg a sarjhajtásokra és az erőteljes hosszúhajtásokra jellemző ez. Legfeljebb néhány elszórt paraszemölcs található. A hajtások lehetnek paralécsek (var. *suberosa*).

A levél**rügyek** oválisak vagy tojásdadok, kihegyezettek, az ágaktól elállóak, fényesek. A rügyeket 4-5, 2,5-5 mm hosszú, tetőcserépszerűen egymásra boruló rügypikkely borítja, melyek nagyon rövid szőrökkel borítottak, a széleken rövid, fehér pillákkal. A virágrügyek gömbölyűek, nagyobbak, leginkább az egyéves hajtások végein állnak.

A **levelek** váltakozó állásúak, elliptikusak, hosszúkás oválisak, tojásdadok vagy ritkán visszás-tojásdadok, 5-9 (13) cm hosszúak, 2,5-5 (9) cm szélesek, kevéssé vagy egyáltalán nem kihegyezettek, 9-12 pár oldalérrel, melyek a levél széle előtt elágaznak. A levélváll rendszerint ferde és aszimmetrikus, ez lehet erőteljes is. A levél széle kétszeresen fogazott, a fogak összes száma kevesebb, mint 110. A fénylevelek durva tapintásúak, kemény, vastag lemezűek (az árnyéklevelek jóval vékonyabbak). A levél színe sima és csupasz, ilyenkor fényes, vagy finoman merev szőrökkel és az ereken mirigyszőrökkel borított, de kopaszodó, ilyenkor matt, érdes (főleg a sarjhajtásokon, hosszúhajtásokon). A fonákon lehetnek egyenletesen elhelyezkedő egyszerű fedőszőrök, illetve rövid fedőszőrök az ereknél. Göndör szőrökből álló csomók lehetnek még az érzugokban, valamint az elsődleges fogak találkozásánál. Jellemző, hogy számtalan pontszerű, piros mirigy van a fonákon, főleg a másodlagos (illetve a még alacsonyabb rendű) erek mentén. A levélnyél viszonylag hosszú, 6-13 (15) mm hosszú, a fiatal leveleken gyakran szőrösek, általában kopaszodók. A pálhák korán lehullnak, a levélnyéllel megegyező hosszúságúak (MITTEMPERGER 1996). Őszi lombszíné sárga.

A többnyire önsteril **virágok** (LÓPEZ-ALMANSA 2004; LÓPEZ-ALMANSA et al. 2003) kicsik, kb. 3 mm-esek, 4-6 fehéres színű, tölcsér formájú lepel borítja, a közöttük levő bevágás legfeljebb a virág feléig ér, V formájú. A virágban 4-6 piros porzó és egy termő, kétágú mirigyes bibe található, mely a lepleken túlér. A virágok levélripacsok tövén, 15-30 virágból álló csoportban ülnek, szélmegporzásúak. Február-márciusban virágzik. A pollen magasra feljut a légrétegekben, gyorsan veszít csírázóképeségéből, gyenge allergén.

A lependék **termései** nagyon rövid kocsányokon ülnek, 13-23 mm hosszúak, 8-13 mm szélesek. A magok a termések csúcsához közel helyezkednek el, a szárny a mag fölött gyakran vöröses. Május közepére érik be és hullik, azonnal csíráképes.

Az egymás mellett álló fák **gyökere** kapcsolt lehet, az egyedek között vegyszerek és betegségek áramolhatnak így.

A mezei szil számos tulajdonságában különbözik a másik két fajtól: melegebb éghajlathoz alkalmazkodott, mint a hegyi szil és jóval inkább elviseli a nyári szárazságot. A mezei szilnek széles **elterjedése** van Európában (6. ábra). Jellegzetesen Közép- és Kelet-Európának az alföldjein, részben pedig a folyók mentén fordul elő. Úgy tűnik, hogy Észak-Európában nem honos. Úgy gondolják, hogy a Brit-szigetekre a késői bronz-kor óta több alkalommal az ember vitte be. Előfordul Ázsiában, Törökországban, elszórta Libanonban, Szíriában és Izraelben. Megtalálható az észak-iraki Albonz-hegység erdeiben is.

Magyarországi **előfordulása** változatos, ma már jóval ritkább, mint valamikor lehetett. Fényigényes, szereti a tápanyagban gazdag talajokat, akár a 8 hetes vízborítást is elviseli, vízparti erdőkben, keményfás ligeterdőkben, elegyes kocsányos tölgyesekben fordul elő. Megjelenik pionírként felhagyott területeken, legelőkön, akár agyagos, mészköves területeken is, száraz domboldalakban. Jellemző bozótosokban, szántóföldek szélén, gátoldalokban, földutak szélén, mezővédő fasorokban. Általában egyesével, ritkábban kisebb csoportokban, melyek valószínűleg sarj eredetűek.

**Taxonómiája** bonyolult, fajok közötti hibrideket figyeltek meg (*U. pumila* × *U. minor*; *U. glabra* × *U. minor*). A faj helyzetét bonyolítja, hogy sokáig természetették, szelektálták, és a természetes elterjedési határán kívül is telepítették. A mezei szil hegyi szillel alkotott természetes hibridjét is leírták Nyugat-Európából: *U. glabra* × *U. minor* = *U. ×hollandica* néven. A hibrid azonosítását nehezíti, hogy mindkét szülőfajjal képes visszakereszteződni, s így folyamatos átmeneti sorokat képezni.

Az alábbi fontos faj alatti tacóxonok tárgyalása szükséges:

***U. minor* var. *vulgaris* RICHENS (= *Ulmus procera* SALISBURY) – Angol szil**

Nagy termetű (40 m) fa. A kifejlett fának kemény, egyenes törzse van, mely több vastag ágban egészen a korona közepéig folytatódik. Minden méretű ágban van csavarodott és olyan, melyik a sűrű korona tetejére tör. Az egyéves hajtások sűrű, merev szőrökkel borítottak, a másodéves hajtások is szőrösek, a hajtások csúcsa felé kevésbé. Parásodhat, hosszú paraléceket fejleszthet (BANCROFT 1937). Szabadon sarjad.

A **rügyek** 2-3 mm hosszúak, barnák, gyengén szőrösek. Korán fakadnak.

A **levelek** sötétzöldek, viszonylag kicsik, 5-7(9) cm hosszúak, oválisak vagy kerekdedek, rövid hegygel esetleg kihegyesedő (SHERMAN-BROYLES et al. 1997), durván érdes felül és durva alul, amikor kifejlődik szokatlanul csavarodott, görbe lesz (MACKENTHUN 2005; JOHNSON 2007, COLEMAN 1998). A fonák világosabb, sárgás beütésű lehet, világoszöld, határozott középérrel. A levél aszimmetrikus, de nem olyan markánsan, mint a mezei szil más alakjainál. Mások szerint a levelek sokkal változatosabbak (SÄVULESCU 1952). A levél éle feltűnően, kétszeresen, mélyen fogazott. A mellékerek száma 8-15 pár,



7. ábra. Az *Ulmus minor* subsp. *vulgaris* elterjedési területe (Richens 1983)

kidomborodnak a fonákon, jól kivehető. A levélnyel (3)4-6(12) mm hosszú, a lemeznél világosabb zöld, feltűnően szőrös. A levelek ősszel, a lehullás előtt sárgák lesznek. Az angol szil fakad a legkorábban, és hullik a legkésőbb.

A **virágok** 15-25 virágból álló csomókban nyílnak, nagyon rövid kocsányuk van, ülők.

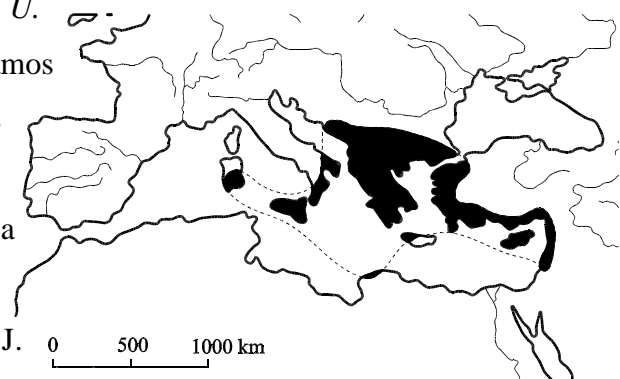
A **termés** lependék, kerekded vagy enyhén elliptikus, a mag közepén helyezkedik el, vagy kicsit magasabban, mint a termés közepe. A szárny kicsípetsége eléri a magot (SĂVULESCU 1952).

**Elterjedése** bizonytalan. A legbiztosabb adatok nyugat-európaiak (Anglia, Spanyolország, Franciaország) (7. ábra), de egyes adatok szerint előfordul Közép- és Kelet-Európában is (TRAXLER 1977; SOÓ 1970; BARTHA 1994.), míg mások ezeket hibás adatnak tekintik (RICHENS 1983; WILLNER 1998).

**Taxonómiája:** Bizonytalan státuszú taxon, ennek ellenére, főleg nyugat-európai kutatók a megtartását javasolják.

***Ulmus minor* MILL. subsp. *canescens* (MELVILLE) BROWICZ ET J. ZIELIŃSKI (= *Ulmus canescens* MELVILLE)**

MELVILLE 1958-ban írta le ezt a fajt, *U. canescens* MELVILLE néven. Mivel számos karakterben nagyon hasonlít a mezei szilre és hibrideket is képez vele, BROWICZ – ZIELIŃSKI (1977) javasolta alfaji rangba sorolni, *Ulmus minor* MILLER subsp. *canescens* (MELVILLE) BROWICZ ET J.



ZIELIŃSKI, név alatt.

8. ábra. Az *Ulmus minor* subsp. *canescens* elterjedési térképe (Browicz, Zielinski 1977)

A következő elkülönítő bélyegeket adták

meg: Fehéres, lágyszőrök borítják a leveleket – főleg a fonákon –, a levélnyelet, a rügyeket és az egyéves hajtásokat.

Olaszország déli részén, a volt Jugoszláviában, Albániában, Görögországban Bulgária déli részén, Törökország nyugati és déli részén, Szíriában, Izraelben, Cipruson fordul elő (8. ábra) (BROWICZ, ZIELIŃSKI 1977, TUTIN 1964).

***Ulmus ×hollandica* MILL. (*U. glabra* × *U. minor*) – Holland szil**

Ez alatt a név alatt számos termesztett és talán spontán faj egyesül, melyek a leírók szerint átmeneti tulajdonságokkal rendelkeznek a mezei és a hegyi szil között. Termékenyek, visszakereszteződhetnek a szülőkkel, így új tulajdonságok alakulhatnak ki. A felismerésben segíthet, hogy gyakran hiányoznak olyan tulajdonságok, melyek az egyértelmű besorolást lehetővé teszik.

Rendszerint magasak és gyorsan nőnek, gyökérsarjakat képeznek. Általában közepes levelük van, melyek 7 cm-nél hosszabbak, legtöbbször 12 pár erük van, a levélnyel 4-9 mm (GENCSI 1992; COLEMAN 2002). A levél színe általában sima vagy matt. A lependék általában nagy, általában a termés közepén helyezkedik el vagy excentrikus. A hajtások szőrtelenek, vagy nagyon gyengén szőrösek. A rügyek rendszerint legalább néhány, a hegyi szilre jellemző rozsdás színű rügyet viselnek.

Élőhelyük, előfordulásuk bizonytalan, sok esetben az egyes változatokat kiterjedten ültették parkokba, fasorokba, főleg Nyugat-Európában.

*„Csodás fa, mozgó, és titokzatos lakhelyem a te kéregtenyereden, levélujjaid közt, félúton a föld és az ég között, a te imára készítő környezetben laktam.”*

*Pierre Gabriell: A szilfa*

### **3. Anyag és módszer**

#### **3.1 Bevezetés**

A faegyedek legtöbb tulajdonsága kisebb-nagyobb mértékű változatosságú. A szilfajok, és ezen belül a mezei szil esetében is szóba jöhet több szerv, szervrendszer, ha a változatosságot szeretnénk vizsgálni. A habitus akár több kilométer távolságból is látható, különösen a szabadon álló egyedeknél feltűnő, de tapasztalataim szerint kicsi változatosság tapasztalható a hazai mezei szileknél, általában felfelé törő, erőteljes főágak jellemzik a koronát, a vékonyabb ágak, különösen a természetesebb egyedek esetében, bókolók lehetnek. A hajtások kérge legalább az első egy-két évben sima, majd durvává válik, később mélyen cserepes lesz, a mezei szil esetében pedig paraléceket viselhet, de nagy változatosságot nem tapasztalhatunk. A virágok aprók, nehezen vizsgálhatók és csak rövid ideig lelhetőek fel. Változatosságuk a nemzetségi szekciókon belül kicsi, a magasabb rendszertani kategóriák elkülönítésében viszont fontos szerepet játszanak. A szil fajok, alfajok, változatok elkülönítésében a levelek bizonyulnak a legalkalmasabbnak (RICHENS 1983, JEFFERS 1999). A vegetációs periódus nagy részén megtalálhatók, számos, jól, pontosan mérhető, egymástól független karaktert lehet rajtuk megkülönböztetni. Ezért én is a leveleket választottam a morfometriai vizsgálataim tárgyául. Azonban a levelek felhasználását is óvatosan kell kezelni. A levelek nagy része tavasszal jelenik meg, melyek karakteresek, jól jellemzik a fajt, egyedet. Sokszor azonban megfigyelhetünk további növekedést a nyár-kora őszi során. Utóbbi levek azonban kevésbé jellemzik az egyedet, illetve taxont (RICHENS 1983). Más megfigyelések szerint (RICHENS 1983; MELVILLE 1946) a fajok, alfajok elválasztásában a hosszúhajtások levelei kevésbé sajátosak, mint a rövidhajtások, utóbbiak az egyedeken belül kevésbé változatosak, az egyedet jobban jellemzik. Ezt azonban tudomásom szerint egyik szerző sem támasztotta alá mérésekkel, így egy fa esetében elővizsgálatként összehasonlítottam a rövid- és hosszúhajtás levelek tulajdonságait.



## 3.2 Vizsgálati anyag

### 3.2.1 Gyűjtési módszer

A vizsgálati anyag begyűjtése a szileket vizsgálók által elfogadott módszerek alapján történt, melyet legkorábban RICHENS (1955) adott közre és a több évtizedes kutatása során ezt alkalmazta (RICHENS 1955; 1958; 1959; 1961a; 1961b; 1965; 1977, stb.). Ő megfigyelte, hogy nem mindegy, melyik levelet választjuk. Hangsúlyozta, hogy a hosszúhajtások leveleinek alakja az egyedek között nem olyan változatos, mint a rövidhajtásoké, ugyanakkor egyedeken belül nagyon változók alakban és méretben, ezért a változatok elkülönítésére nem alkalmas, valamint, hogy kerülni kell a sarjakról származó levelek használatát,

és a rovarkárosítók által megtámadott, deformált leveleket

(RICHENS 1955; JEFFERS 1999). Azt is leírta, hogy a

kifejlett levelek a legjobbak, méghozzá az

első levélbomláskor keletkezők, június 1. és

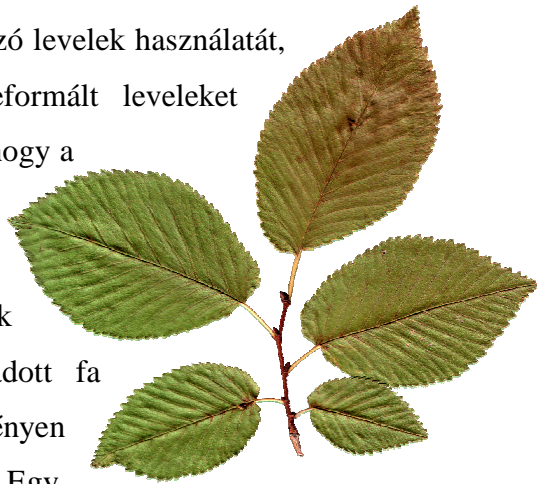
szeptember vége között, az augusztus második

felétől kibomlók már nem mutatják az adott fa

jellegzetességeit (JEFFERS 1999). Ezért a fényen

növő rövidhajtásokról javasolta a gyűjtést. Egy

átlagos rövidhajtáson 5-6 levél található (9. ábra),



9. ábra. Mezei szil rövidhajtás

melyek nem egyformák. A csúcsi levél rendszerint nagyobb a többinél, olykor jelentősen nagyobb, alakja más, gyakran a legnagyobb szélessége a csúcs felé tolódik a többi levélhez képest. A rövidhajtás alapjánál található két(-három) levél viszont a többinél kisebb. Egy rövidhajtáson belül a csúcstól számított második és harmadik levél az, amelyik alakban és méretben egymáshoz a leginkább hasonlít, így ezeket vonta be a vizsgálatokba (JEFFERS 1999).

Mivel fénylevelekre volt szükség a vizsgálatokra, a mintázott egyedek rendszerint az állományok szegélyén, esetleg utak, földutak mentén helyezkedtek el, mivel az állományban található egyedek nagy része alászorult, fénylevele nincs, ha pedig a felső lombkoronaszinttel egymagasságú, olyan magas, hogy a mintavétel kivitelezése nehéz. A mintavétel hernyózó olló segítségével általában 6 méter magasból történt.

A vizsgálathoz olyan faegyedeket választottam, melyek az erőteljes hossznövekedés után, már sok rövidhajtást is hoztak, és ez utóbbiak kerültek túlsúlyba a koronában. Rövidhajtásnak olyan hajtást tekintettem, melynek hossza legfeljebb másfélszerese a csúcson elhelyezkedő levél teljes hosszának. A szilekre jellemző, hogy a fiatal egyedek – akár magoncok, akár

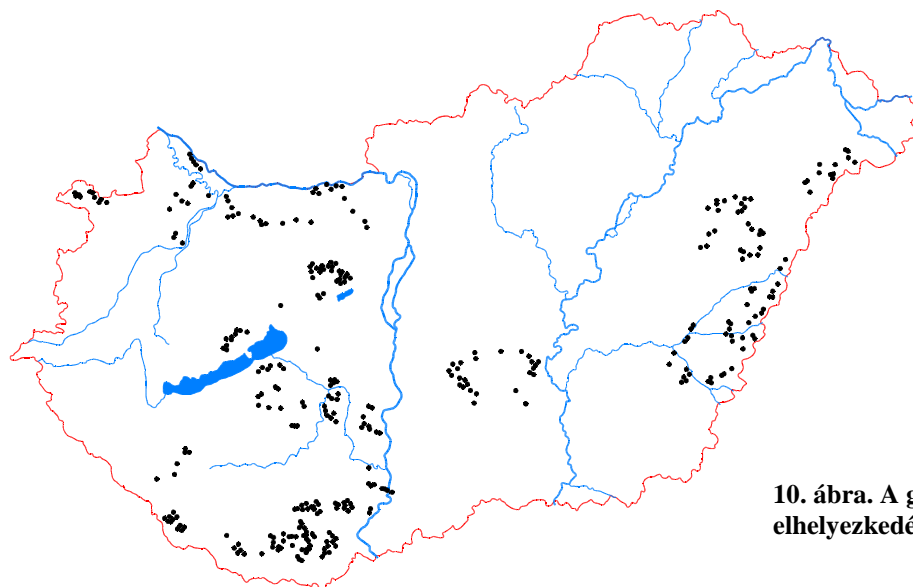
sarjak –a kezdeti hossznövekedése erőteljes. Ilyenkor az egyed akár 1-1,5 m-es hosszúhajtásokat is növeszt, melyeken elszórva, vagy átellenesen állnak a levelek. Ezek a hajtások általában meredeken felfelé tartók, ívesen, tölcseresen széthajlók. A következő évben, években pedig ezeken a hajtásokon képződnek újak. Ha még a hossznövekedés jellemző a fára, akkor újra hosszúhajtások, vagy átmeneti hajtások (a csúcsi levél hosszának 1,5-5-szöröse) képződnek. Ezekre az egyedekre a hosszúhajtások túlsúlya jellemző, még akkor is, ha valamennyi rövidhajtás is található a koronában. Ha a fa hossznövekedése visszaesik, a hosszúhajtásokon rendszerint apró rövidhajtások keletkeznek. Ezek az egyedek feleltek meg leginkább a célnak, függetlenül attól, hogy a valódi méretük mekkora, milyen magasságot, átmérőt értek el, hiszen ezek a termőhelytől függenek.

### *3.2.2 Gyűjtési helyek*

A gyűjtések 2001-2005 közötti időszakban, június 1. és szeptember 30. között történtek (1. melléklet). A gyűjtés az ország területén Dél-Dunántúlra, a Dunántúl középső részére, a Duna-Tisza közére, a Tiszántúlra, a Balaton-felvidékre, a Vértesre, valamint Sopron környékére terjedt ki (10. ábra). Időbeli korlátok miatt a teljes országot nem tudtam bejárni, több nagyobb terület kimaradt a gyűjtésből. A gyűjtés során törekedtem arra, hogy az országon belül egy észak-déli és egy nyugat-keleti (kontinentalitási) gradiens mentén szedjek mintákat. Mintegy 500 mezei szil egyedről gyűjtöttem hajtásokat, melyek véleményem szerint jól reprezentálják a hazai mezei szil állományt. A mezei szil legtöbb fás vegetációtípusban megtalálható, leggyakrabban az üde-nedves termőhelyeken, keményfás ligeterdőkben, puhafás ligeterdők szegélyében, gyertyános tölgyesekben, de szárazabb helyeken, pl. cseresekben is történt gyűjtés, valamint kultúrerdők szegélyében, így nemes nyárasokban, akácok szegélyén. Törekedtem arra, hogy az összes olyan társulásból történjen gyűjtés, ahol a faj jellemző. Minden fa esetében legalább tíz rövidhajtásról gyűjtöttem levelet. Egyes esetekben az egész rövidhajtás is begyűjtésre került, más vizsgálatok elvégzéséhez, illetve a 2002-s évtől kezdve a fákról hosszú- és rövidhajtásokat is gyűjtöttem, melyek herbárium lapokon kerültek elhelyezésre. A vizsgálatokba összesen 501 mezei szil egyed 5252 levelét, 6 hegyi szil 64 levelét vontam be. Ezek a fák 246 lokalitásban helyezkedtek el. Egy-egy lokalitást egy 1 km sugarú kör reprezentál, melyen belül a potenciális vegetáció egységes. Ha két mintázott faegyed ennél közelebb helyezkedik el, de jelentősen különbözik az élőhelye, akkor külön lokalitásnak tekintettem. A 4. táblázat mutatja gyűjtési helyek potenciális élőhelyi megoszlásait.

**4. táblázat. A mintagyűjtési helyek potenciális élőhelyek közötti megoszlása**

puhafás ligeterdő	keményfás ligeterdő	gyertyános kocsányos tölgyes	gyertyános kocsánytalan tölgyes	cseres és molyhos tölgyes	erdős- sztyepp
13	82	144	162	67	30

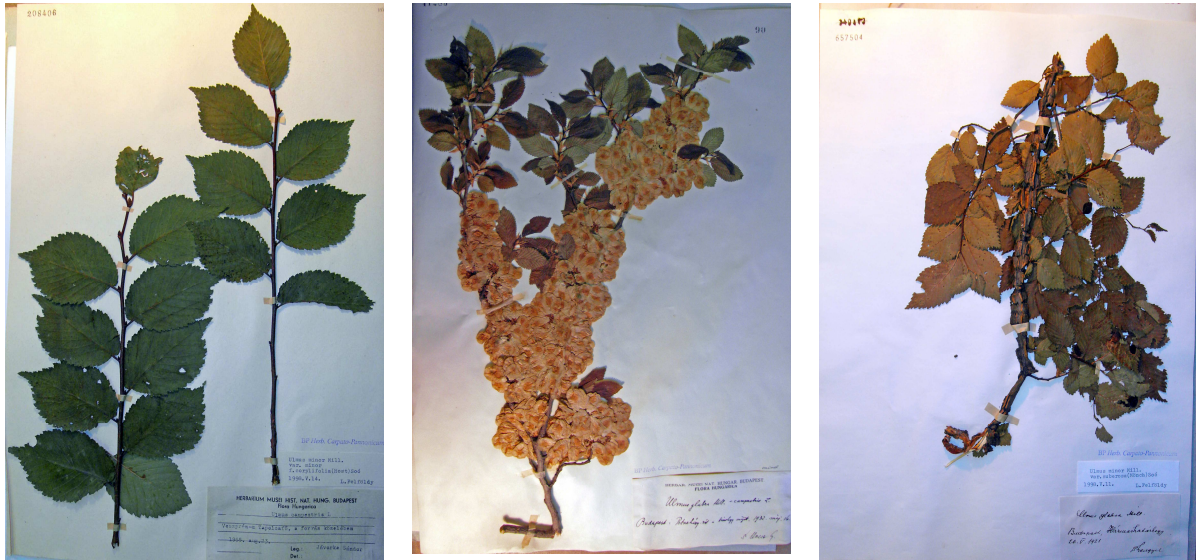


**10. ábra. A gyűjtési helyek elhelyezkedése Magyarországon**

### 3.2.3 Történeti herbáriumok használhatósága

A morfológiai vizsgálatok során szinte automatikusan felvetődik a lehetősége, hogy megvizsgáljuk a történeti herbáriumokat, hiszen ezeken a helyeken általában nagy mennyiségű lap található egy helyen. Ezért megvizsgáltam a Magyar Természettudományi Múzeum Növénytárában a Kárpát-medencei herbáriumban a szileket tartalmazó herbárium lapokat, olyan szempontból, hogy fel tudnám-e használni a vizsgálataimhoz, vagyis tartalmazznak-e olyan rövidhajtásokat, amik felhasználhatók. A vizsgálat során a mezei és angol szileket és kiegészítésként a hegyi szileket tartalmazó lapokat néztem át. Ebben az esetben nem foglalkoztam az angol szil határozásából adódó problémákkal, a mezei szilekkel együtt kezeltem. A mezei és hegyi szilek esetében feltételeztem, hogy a határozások helyesek, feljegyeztem, ha véleményem szerint téves a határozás. A megvizsgált 697 lapból 131 lap tartalmazott rövidhajtásokat (5. táblázat), a többség azonban csak hosszúhajtásokat tartalmaz (11. ábra). A rövidhajtások sem minden tekintetben feleltek meg a követelményeknek, ugyanis nagyon sok esetben a gyűjtés természetes állapotban történt, amikor a levelek még nem fejlődtek ki teljesen (11. ábra). A régi, múlt század első feléből vagy régebből származó lapok sokszor rossz állapotban vannak, gyakran töredezték a levelek. Ha vannak rövidhajtások a lapon, akkor gyakori, hogy a levelek egymást fedik (11. ábra), le vannak

ragasztva, így a mérésekhez nem lehet felhasználni. Mindössze 3 olyan lapot találtam, melyen elegendő számú rövidhajtás volt ahhoz, hogy a tíz levelet mérhessek, ahogy a többi mintánál is tettem.



11. ábra. Néhány tipikus szil herbáriumi lap: csak hosszúhajtásokat tartalmazó (balra), termésez, fejletlen levelű hajtás (középen), sok, egymásra halmozott rövidhajtást tartalmazó preparátum (jobbra) (Fotók: Börcsök, MTA Növénytár Kárpát-medencei Herbárium)

5. táblázat. A Növénytárban megvizsgált herbáriumi lapok, és a rövidhajtásokat tartalmazó lapok száma, és a téves határozások száma

	Összes lap	Rövidhajtást tartalmazó	Hibás határozás
<i>U. glabra</i>	261	44	71
<i>U. minor (incl. U. procera)</i>	436	87	9
<b>ÖSSZESEN</b>	<b>697</b>	<b>131</b>	<b>80</b>

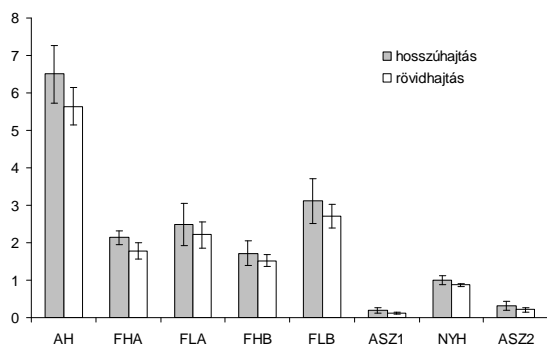
A hegyi szilek esetében viszonylag sok a rossz határozás, hibás besorolás, aminek az oka véleményem szerint az lehet, hogy a legtöbb esetben mezei szil hosszúhajtásokat soroltak tévesen a hegyi szilek közé, melyeken a levelek érdesek és az átlagos mezei szil levélnél nagyobbak. Ezek között előfordulhatnak hibrid egyedek is, de ezt most nem vizsgáltam.

Arra a következtetésre jutottam, hogy a vizsgálataimhoz a lapok nem használhatók.

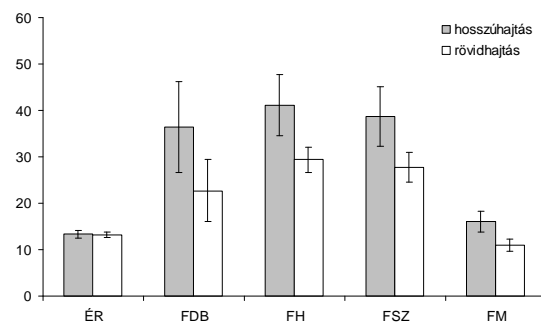
### 3.2.4 Hosszú- és rövidhajtások elővizsgálata

Annak igazolására, hogy a hosszúhajtások valóban kevésbé használhatók egy-egy egyed jellemzésére, mint a rövidhajtásainak levelei, elővizsgálatot végeztem öt egyedben. A fákról hosszú- és rövidhajtásokat is szedtem, melyekről leveleket vizsgáltam. A vizsgálati módszerek azonosak voltak a rövidhajtások vizsgálatával.

Mind az öt esetben azt tapasztaltam, hogy a hosszúhajtások leveleinek tulajdonságai sokkal nagyobb tartományban szóródnak (2. melléklet). Megvizsgáltam az egyes tulajdonságok számtani átlagait, valamint a szórásokat és azok hányadosát, vagyis a relatív szórást, mely jobban összehasonlítható, ha az átlagok különböznek (REICZIGEL et al. 2007). Az alábbiakban az egyik egyed eredményeit mutatom grafikusán ábrázolva (12-13. ábra). Kitűnik, hogy a hosszúhajtások esetében ugyanazok a paraméterek általában nagyobb átlagértéket érnek el, a különbségek általában jelentősek, rendszerint 10%-ot is eléri. Mivel a levélméretekben hatalmas különbségek ennek ellenére nincsenek, így néhány paraméter esetében nem várhatunk nagy különbséget, ilyen pl. az erek száma. Mivel a levéllemez hossza mintegy egy cm-rel nagyobb, ezért a fél levéllemezekhez tartozó jellemző értékek is nagyobbak lesznek. Ennek ellenére a hossz-szélesség arányban ebben az esetben nincs különbség, bár a legtöbb esetben a hosszúhajtások más alakú (rendszerint kerekdedebb) leveleket viselnek, mint a rövidhajtások. Mivel lényeges különbség nincs a levélalakban, jelen esetben az aszimmetria, nyél és fülesség átlagértéke között nagy különbség nincs, de ezekhez az értékekhez tartozó szórások rendre nagyobbak. A fogakat tekintve jól látható, ami megfigyeléseim szerint is általános, hogy a hosszúhajtások nagyobb, mélyebb elsődleges fogakkal rendelkeznek és általában nagyobb a másodlagos fogak száma is. A szórás, s ezzel együtt természetesen a variancia láthatóan nagyobb a hosszúhajtások esetében.



**12. ábra. Hosszú és rövidhajtások leveleinek átlagértékei és szórása a levéllemez hossza (AH), a fél levéllemez alaki tényezői (FLA, FHA, FLB, FHB), az aszimmetria (ASZ1), nyélhossz (NYH) és fülesség (ASZ2) esetében**



**13. ábra. Hosszú és rövidhajtások leveleinek átlagértékei és szórása az erek száma (ÉR), a másodlagos fogak száma (FDB), a fogak hossza (FH), szélessége (FSZ) és mélysége (FM) esetén**

Megjegyzés: Az ábrán látható eredmények a 1083 kódjelű, Kismarja (2004) mellett gyűjtött anyag vizsgálatán alapultak.

Vizsgálva a relatív szórást, jól látható, hogy – alig néhány esetet kivéve – a rövidhajtások esetében kisebb az érték ugyanazon változó esetében.

Ezek alapján megállapítható, hogy a rövidhajtások leveleinek kisebb a változatossága, mint a hosszúhajtás leveleké, vagyis ugyanazt az egyedet jobban jellemzik a rövidhajtás levelei, mivel egységesebben viselkednek, ezért indokolt a rövidhajtások leveleinek használata az elemzések során.

6. táblázat. A vizsgált egyedek hosszú és rövidhajtásainak összehasonlítása, kiemelve a kisebb relatív variancia (H: hosszúhajtás, R: rövidhajtás)

egyed	AH	FLA	FHA	FLB	FHB	ASZ1	NYH	ASZ2	ÉR	FDB	FH	FSZ	FM
001H	9,28	12,98	13,62	18,15	13,88	18,37	10,77	18,51	14,85	13,23	24,93	25,47	18,21
001R	<b>8,95</b>	12,47	<b>9,49</b>	<b>15,70</b>	<b>12,63</b>	<b>11,77</b>	<b>8,06</b>	<b>17,41</b>	<b>6,69</b>	<b>12,38</b>	<b>13,68</b>	<b>14,16</b>	<b>13,20</b>
002H	18,25	11,78	29,82	15,76	21,13	44,06	14,39	33,05	11,95	30,65	18,65	14,07	9,44
002R	<b>10,82</b>	<b>9,96</b>	<b>11,32</b>	<b>14,59</b>	<b>13,38</b>	<b>37,40</b>	<b>7,34</b>	<b>24,59</b>	<b>6,05</b>	<b>26,92</b>	<b>12,43</b>	<b>13,54</b>	9,79
003H	14,95	10,53	26,04	21,59	17,53	24,45	24,09	31,90	12,89	21,62	11,15	8,45	11,08
003R	<b>12,03</b>	13,26	<b>21,43</b>	<b>11,39</b>	<b>12,69</b>	27,87	<b>15,75</b>	<b>26,93</b>	<b>10,90</b>	<b>15,93</b>	<b>10,58</b>	<b>7,36</b>	<b>8,67</b>
004H	12,03	8,74	21,33	13,81	15,31	32,60	16,80	34,71	9,20	10,82	25,67	26,50	36,71
004R	<b>7,32</b>	<b>5,67</b>	<b>10,57</b>	18,26	<b>8,38</b>	<b>26,10</b>	<b>3,04</b>	<b>14,84</b>	<b>7,10</b>	<b>8,69</b>	<b>1,62</b>	<b>5,36</b>	<b>6,66</b>
1083H	11,86	8,28	22,82	18,91	19,05	37,12	12,22	39,91	6,56	26,78	15,97	16,53	14,36
1083R	<b>8,74</b>	12,38	<b>15,66</b>	<b>10,74</b>	<b>11,92</b>	<b>18,32</b>	<b>4,47</b>	<b>27,83</b>	<b>4,15</b>	29,64	<b>9,53</b>	<b>11,59</b>	<b>11,80</b>

Megjegyzés: 001, 002, 003, 004: Rőjtökmuzsaj, 2005; 1083: Kismarja, 2004. Gyűjtötte: Börcsök.

### 3.3 Vizsgálati módszerek

A morfometriában különböző biológiai objektumokat írunk le és jellemzünk. A vizsgálat tárgya az egyed, a faj egyedeit tudjuk mérni és leírni, az egyedre jellemző tulajdonságokat az adatfeldolgozásban változóknak nevezzük, az adatok kiértékelését populáció vagy faj szintjén végezzük el. Az adatok értékeléséhez statisztikai módszereket alkalmazunk.

A morfometria két irányban fejlődik: az egyik a hagyományos vagy klasszikus morfometria, mely a változók variancia és kovariancia mátrixával dolgozik. A változók általában mérőpontok közötti távolságok, ritkábban szögek. Az adatgyűjtés során ezeken felül gyakran nominális változókat is figyelembe vesznek. A kiértékelés többféle lehet. Az egyváltozós módszerek a változók eloszlását vizsgálják és a cél általában egy populáció jellemzése, vagy több populáció összehasonlítása. Nem a szó szoros értelmében egyváltozós, de mégis ide tartozó eljárások az összefüggés-vizsgálatok (korreláció, kovariancia, regresszió), amikor két változó összefüggésére keresik a választ. A többváltozós elemzések ezzel szemben az adathalmazban meglévő rendezettséget igyekeznek megtalálni. Az egyedek egy a változók által meghatározott sokdimenziós térben helyezkednek el, mint egy-egy pont. Ezen pontok alapján történik az elemzés, a klaszter-analízis során általában a pontok közötti távolságot

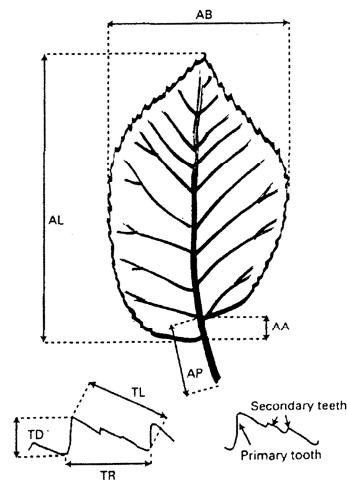
használják fel, míg a diszkriminancia analízis az egyedek közötti eltérés meglétét vizsgálja (PODANI 1997; FIDY, MAKARA, 2005; REICZIGEL et al. 2007).

A másik fejlődési irány az alakra helyezte a hangsúlyt és ezeket a módszereket geometriai morfometriának nevezzük. Azt vizsgálja, hogy hogyan változik a homológ pontok, formák vagy szervek elhelyezkedése. Ezen belül az egyik módszer jól azonosítható, homológ eredetű mérőpontokat használ. A másik az alakkal foglalkozik és a vizsgálatok első lépéseként a vizsgált objektum körvonalát állítják elő, ezért rendszerint körvonal (outline) analízisnek hívják. A körvonal azonban nagyon sok pontból állhat, ami túl nagy mennyiségű adat, így a statisztikai feldolgozás nehéz, vagy nem is lehetséges. Ezért a körvonalat valamilyen függvénnyel közelítik, és ennek a függvénynek a paraméterei jellemzik majd a körvonalat. A körvonal rekonstruálására legjobban elterjedtek a különböző Fourier sorfejtések, ezek közül is leginkább az elliptikus Fourier analízis. A körvonalat egységnyi hosszúságú vektorok láncolatának tekintik, ahol minden vektor a következő vektor origójába mutat (PODANI 1997).

### 3.3.1 „Hagyományos” morfometria

A szílek vizsgálata során az első morfometriai mérések esetében nyolc karakternek a mérése, illetve számolása történt meg (RICHENS 1955, 1958; JEFFERS 1996, 1999, JEFFERS, RICHENS 1970), és ezek segítségével próbálták a változatosságot jellemezni (14. ábra):

- a nagyobbik fél levéllemez hossza (AL),
- a levéllemez legnagyobb szélessége (AB),
- a levélnyél hossza (AP),
- az aszimmetria mértéke (AA),
- a fogak száma,
- az elsődleges fogak hossza (TL),
- az elsődleges fogak szélessége (TR),
- az elsődleges fogak mélysége (TD).



14. ábra. Richens és Jeffers által használt levélparaméterek (JEFFERS 1999)

A későbbi feldolgozások is lényegében ezekből az adatokból indulnak ki, részben ezeket, részben ezek módosított változatait használják (MACKENTHUN 2003). Már Richens is használta ezeknek az adatoknak a relatív változatait (RICHENS 1955; 1958, JEFFERS 1996), mintegy standardizálásként a hosszadattal elosztotta a szélességet, a levélnyél hosszát és az

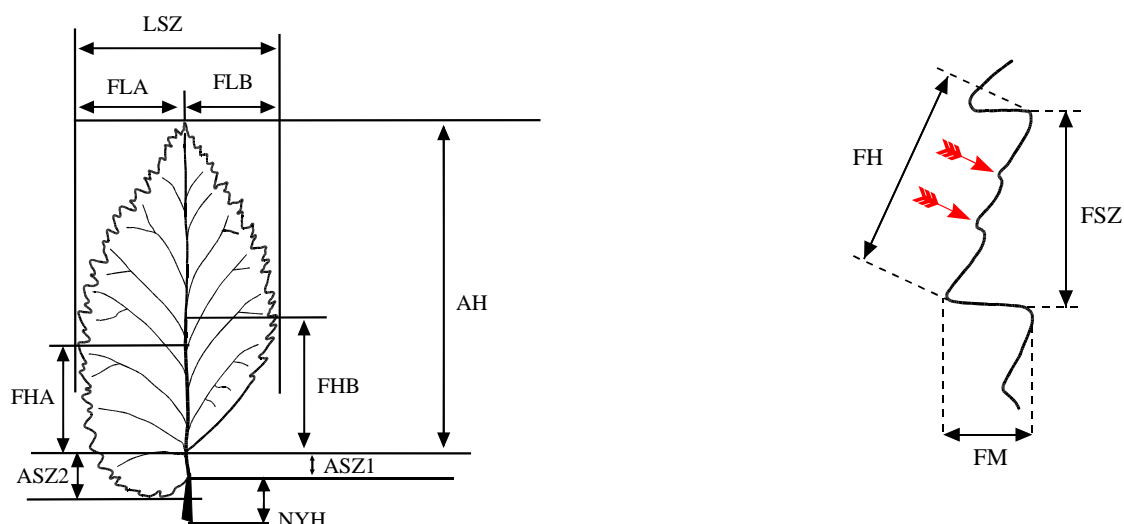
aszimmetriát, így csökkentve a méretekből adódó különbségek hangsúlyosságát. Az általam mért adatok is ezeken alapulnak, de a méréseket kiterjesztettem több változóra, hogy a levél alakja jobban körülírható legyen, így pl. a két fél levéllemez szélességét külön mértem, mert a nagyobb aszimmetriájú levelek esetében lényeges különbség lehet a két lemezfél között. Az általam mért adatok elhelyezkedését, a levélen található mérőpontokat, kitüntetett pontokat mutatja be a 15. ábra. A mért adatokból relatív adatokat is képeztem, melyeket levéllemez hosszával történő osztással számítottam. A mért, illetve származtatott adatok összefoglalását a 7. táblázat tartalmazza.

A gyűjtött levelekről préselés után digitális kép készült, Canon Lide 600F típusú szkennerek segítségével, 300 dpi felbontással. A fenti paraméterek mérése – szabadszemű számolást és a mikroszkópos munkát kivéve – a digitális képeken folyt. A mérések Raisz Dávid által fejlesztett MS Office, Excel bővítmény segítségével történtek (RAISZ 2004). A program kitüntetett mérőpontok segítségével meghatározza a mért adatokat. A mérési pontatlanságok mérséklésére a képek mentése tömörítetlen bitmap fájlformátumban történt. A levélmérő program megnyitásakor előnézeti kép segíti a megfelelő fájl kiválasztását. A mérőpontok elhelyezése nem automatikus, kézzel történik. A mérési folyamat során mind képpel, mind szövegesen segíti a következő lépésben a megfelelő mérőpont elhelyezését, a nehezen meghatározható pontok esetében segédvonalat alkalmaz, majd a mérés végén az adatokat Excel táblázatba menti. A továbbiakban a származtatott adatok számítása MS Excelben történt.

### *Mért adatok*

**Abszolút hossz (AH):** az abszolút hossz az egyes alfajokra, változatokra jellemző adat lehet, ezért mérése mindenképpen fontos. A levél csúcsa és a kisebb fél levéllemez és a főér találkozási távolság. Többnyire a nagyobb fél levéllemezen mérik (JEFFERS 1999; MACKENTHUN 2003), de könnyen képezhető a fenti adatokból: AH+ASZ1.





15. ábra. A levéltulajdonságok mérése  
(vörös nyilak: másodlagos fogak; egyéb magyarázatot lásd a szövegben)

7. táblázat. A mért és származtatott adatok összefoglalása

#### Mért adatok

(1) AH: Abszolút hossz [cm]	A kisebbik fél levéllemez hossza, a csúcstól a főérhez való csatlakozásig
(2) FLA: Nagyobb fél levéllemez szélessége [cm]	A nagyobbik fél levéllemez legnagyobb szélessége, a főértől
(3) FLB: Kisebb fél levéllemez szélessége [cm]	A nagyobbik fél levéllemez legnagyobb szélessége, a főértől
(4) FHA: Szélesség távolsága az alaptól a nagyobb fél levéllemezen [cm]	A kisebbik féllemez és a főér találkozásától a nagyobb fél levéllemez legnagyobb szélességéig mért távolság
(5) FHB: Szélesség távolsága az alaptól a kisebb fél levéllemezen [cm]	A kisebbik féllemez és a főér találkozásától a kisebb fél levéllemez legnagyobb szélességéig mért távolság
(6) ASZ1: Aszimmetria a főérnél [cm]	A két fél levéllemez főérhez csatlakozásának távolsága
(7) ASZ2: A nagyobb lemezfél aszimmetriája (fülesség) [cm]	
(8) NYH: Nyélhossz [cm]	A levélnyel hossza annak alapjától, a nagyobbik fél levéllemez csatlakozásáig
(9) FH: Az elsődleges fogak hossza [ $10^{-1}$ mm]	Lásd ábra
(10) FSZ: Az elsődleges fogak szélessége [ $10^{-1}$ mm]	Lásd ábra

- |   |  |
|---|--|
| (11) FM: Az elsődleges fogak mélysége [ $10^{-1}$ mm] | Lásd ábra  |
| (12) FDB: Másodlagos fogak száma [db]                 | A másodlagos fogak száma a levéllemez teljes területén |
| (13) ÉR: Érszám                                       | Az erek száma a nagyobbik fél levéllemezen             |

#### **Származtatott adatok**

- (14) AH/(FLA+FLB): Lemezhossz és szélesség aránya
- (15) AH/ÉR: Lemezhossz és érszám aránya
- (16) AH/NYH: lemezhossz és nyélhossz aránya
- (17) (FHA+FHB)/2\*AH: Alaktényező
- (18) ASZ1/AH: Relatív aszimmetria
- (19) ASZ2/AH: Relatív fülesség
- (20) ASZ1/ASZ2: Aszimmetria és fülesség aránya
- (21) 2AH/FDB: relatív fogszám

**Fél levéllemez szélessége (FLA és FLB):** a fél levéllemezek szélessége külön-külön. A levélcsúcs és a kisebbik fél levéllemez főérrel alkotott pontja által meghatározott egyenestől történt. A főér általában egyenes, így ez gyakorlatilag megegyezik a főértől mért szélességgel. A korábbiakban a levelek legnagyobb szélességét vették figyelembe (JEFFERS 1996, 1999; MACKENTHUN 2003), a két adat összege természetesen nem adja a legnagyobb mérhető szélességet, hanem annál nagyobb értéket produkál, mivel a két legnagyobb fél-szélesség más-más „magasságban” található.

**A fél szélességekhez tartozó „magasságok” (FHA és FHB):** A fent említett szélességek a levéllemezen nem egymással szemben, hanem eltoltan találhatók meg, mivel a levéllemez aszimmetrikus. A kisebb fél levéllemez és a főér találkozásától mért távolságokkal adhatók meg ezek. Minél kisebbek ezek a távolságok a levéllemez hosszának feléhez képest, annál inkább tojásdad a levél, minél inkább közelítenek ahhoz, annál kerekdedebb. Ha a két érték egymáshoz közelít, a két fél levéllemez kevésbé lesz aszimmetrikus (RAISZ 2001).

**Szélesség és hossz aránya (FHA+FHB/AH):** Az adat a levél alakjáról tájékoztat. Minél inkább közelít az egyhez, annál szélesebb a levél, bár arról nem ad tájékoztatást, hogy ez a legnagyobb szélesség hol helyezkedik el, ezért lehet kerekded és tojásdad is, ugyanazokkal az értékekkel.

**Hosszarányok ((FLA+FLB)/2\*AH):** Ugyancsak a levél alakjáról ad tájékoztatást. Ha értéke 0,5, akkor a levél elliptikus, ha 0,5-nél kisebb, akkor tojásdad, ha nagyobb, visszás-tojásdad. Természetesen ennyire szigorúan nem lehet venni ezeket az értékeket, hiszen 0,4 és 0,6 között nyugodtan elliptikusnak tekinthető a levél.

**Aszimmetria (ASZ1):** A levél aszimmetriáját jól mutatja, hogy a két fél levéllemez más helyen csatlakozik a főérhez. Ennek távolsága jellemző adat lehet egy változatra.

**Relatív aszimmetria (ASZ1/AH):** Az aszimmetria mértéke a levél méretétől is függ. Így sok esetben a levéllemez hosszához való viszonya jobb tájékoztatást ad.

**Fülesség (ASZ2):** A nagyobbik fél levéllemez a legtöbb esetben túllóg a lemez és a főér találkozásánál, vagyis kisebb-nagyobb mértékben füles, máskor szíves, vagy öblösen szíves vállú, levágott, lekerekített. A levéllemez levélalaphoz legközelebb eső pontja és a főérral találkozás pontja közötti távolsággal mérhető a mértéke.

**Relatív fülesség (ASZ2/AH):** A fülesség aránya a levéllemez méretéhez viszonyítva.

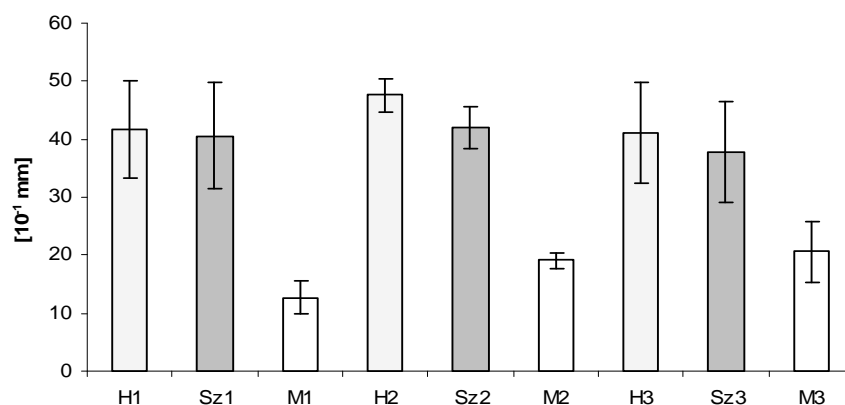
**Aszimmetria és fülesség aránya (ASZ1/ASZ2):** A kétféle aszimmetria „típus” egymáshoz viszonyított aránya.

**Nyélhossz (NYH):** A levélnyel hossza, a nagyobbik fél levéllemez és a főér találkozásától a nyél alapjáig. Hossza változó, a mezei szilre a hegyi és vénic szilénél hosszabb levélnyel jellemző, de hossza nagyon változó. RICHENS (1955) eredetileg a kisebb levéllemez eredésétől számította a levélnyel hosszát. Szükség esetén könnyen számítható az adatokból:  $NYH + ASZ1$  módon.

**Nyélhossz és levéllemez hosszának aránya (relatív nyélhossz reciproka) (AH/NYH):** A méretbeli különbségekből adódó eltérések kiküszöbölésére jobb, ezt az aránypárt használjuk.

**A fogméretek (FH, FSZ, FM):** A 15. ábrán látható méretek mérése Optech LFZT sztereomikroszkóp alatt, mérőokulár segítségével történt. Mivel a fogak mérete változatos egy levélen belül is, ezért előzetes vizsgálat történt a megfelelő mintavételi hely kijelölésére. Az irodalmak csak megfigyelésekre hivatkoznak, de konkrét méréseket nem találtam. Ezért tíz

levélen megmértem az összes fogat és azok méreteit ábrázoltam a levélváltól a csúcs felé haladva, a nagyobb fél levéllemezen. A levéllemezt három régióra osztva megvizsgáltam az adatok szórását. Mind a 10 levél esetében a legmegfelelőbbnek a nagyobb fél levéllemez, általában legszélesebb, középső harmada adódott, mivel a fogak mérete itt a legegységesebb (16. ábra) (3. melléklet). Ezért itt mértem öt fogat, majd az adatokat átlagoltam. A fogak hossza-szélessége előre definiálásra került (RICHENS 1958), ezért előfordult olyan fog, mely szélesebb, mint amilyen hosszú, bár ezt a magyar nyelv elvileg nem ismeri. RICHENS (1958) is hasonló módon jelöli meg a mintavételek helyét, ő a levélcsúcs alatti régiót említi, ahonnan véletlenszerűen választottak egy fogat, melyet megmért.



**16. ábra.** A fogak méreteinek átlaga és szórása egy mezei szil levéllemez három régiójában (H: foghossz, Sz: fog szélesség, M: fog mélység az egyes régiókban (1-3)). 1041 kódjelű egyed vizsgálata alapján (Nyírcsaholy, 2004)

**Érszám (ÉR):** Az erek számolása szabad szemmel, a nagyobb fél levéllemezen történt. A fonákon erőteljesen kiemelkedő másodlagos erek kerültek számolásra. A levélválnál rendszerint egy töből több ágra bomló, faágszerűen elágazó ér van, mely egyként került beszámításra. A csúcsban több rövid, levéllemezbe simuló másodlagos ér fordulhat elő, melyek nem kerültek a számításba. A számolás szabad szemmel a fonáki oldalon történt.

**Egy érre jutó levéllemez hossz (AH/ÉR):** A fajokra, alfajokra jellemző lehet az a területegység, melyet egy-egy ér ellát tápanyaggal. Ennek egyik mérőszáma lehet ez az érték.

**Másodlagos fogak száma (FDB):** A másodlagos fogak számolása részben szabad szemmel, részben nagyító alatt történt. RICHENS (1955) eredeti útmutatása szerint csak a másodlagos fogak kerültek számolásra. Később már maga RICHENS (1958, 1986, stb.) és más szerzők (JEFFERS 1999; MACENTHUN 2003) is már a teljes fogszámról beszélnek, vagyis mind az

elsődleges, mind a másodlagos fogakat számolják. A fogazottság mértéke változatokra lehet jellemző és a másodlagos fogak számával van összefüggésben, mert az elsődleges fogak minden esetben jelen vannak. A másodlagos fogak száma azonban változó, még ha a méretbeli különbségeket nem is vesszük figyelembe.

**Relatív foghossz (2AH/FDB):** Mivel a fogak számát befolyásolja a levelek mérete, ezért a változatokra jellemzőbb lehet egy olyan szám, mely az adott egységre eső foga számát, vagy az egy fog által elfoglalt hossz számát adja meg. Mivel kerület számítása nem történt, ezért a kétszeres levéllemez-hossz (AH) és a fogak számának aránya került számításra.

A mért és származtatott adatokat különböző elemzésnek vettem alá. A vizsgálatokhoz StatistiXL 1.8 (2007) és SPSS 12 (2002) programcsomagot használtam.

#### *Korreláció vizsgálat*

Első lépésben a vizsgált változók között összefüggést kerestem. Mivel a minden változó esetében a normális eloszlás csak részben teljesül, a lineáris korrelációs (Pearson-féle) vizsgálat helyett Spearman-féle rangkorrelációt végeztem, vizsgálva páronként a változók összefüggéseit. A korrelációs együttható általában azt jelzi, hogy két mérési változó milyen mértékben „változik egyszerre”, értéke -1 és +1 között változhat. A Spearman-féle rangkorrelációs együttható a kapcsolat szorosságának mérésére a két változó rangszámainak (a sorban hányadik) különbségét használja fel. Ha korrelációanalízissel megvizsgáljuk az értékpárokat, meghatározhatjuk, hogy a két mérési paraméter hasonlóképpen változik-e, vagyis az egyik változó nagyobb értékei a másik változó nagyobb értékeinek felelnek-e meg (pozitív korreláció), illetve az egyik változó kisebb értékei a másik változó nagyobb értékeinek felelnek-e meg (negatív korreláció). Ha a két változó értékei között nincs kapcsolat, a korreláció értéke nulla közelében lesz (FIDY, MAKARA 2005). Hipotézisvizsgálattal ellenőriztem a korrelációs együttható „jóságát”.

#### *Többváltozós analízis a mezei szil leveleken*

##### *Főkomponens analízis*

A vizsgált szil levelek vagy egyedek vizsgált változók alapján egy sokdimenziós térben elhelyezhetők, a megfelelő értékek vagy azok standardizált változatai alapján. A főkomponens elemzések során dimenziók számát csökkenthetjük úgy, hogy az egyes új tengelyek a régi tengelyek lineáris kombinációjából jönnek létre. Az egyes tengelyek rendre

az adathalmaz lehető legnagyobb varianciáját írják le. Ennek következményeként az első tengely tartalmazza a legnagyobb varianciát, a soron következők pedig egyre kisebbet; és kedvező esetben az első néhány tengely felel a változatosság 80, de akár 90-95%-áért. Az elemzés akkor jár sikerrel, ha a vizsgált paraméterek között korreláció áll fenn. Ez a feltétel biológiai mintákban a legtöbb esetben fennáll (PODANI 1997).

A főkomponens analízist több változatban futattam le.

#### *Elemzés a mért adatok alapján*

Az új tengelyek létrehozásához a mért adatokat használtam fel. Ebben az esetben elkészítettem a leveleket elemzését, illetve a faegyedek vizsgálatát. A faegyedek esetében az egy egyedhez tartozó levelek értékeiből számtani középértéket számítottam és ezen adatok alapján történt az elemzés.

#### *Elemzés a származtatott adatok alapján*

A komponensek létrehozásához a levéllemez hosszát, a fogak hosszát és mélységét, valamint a származtatott adatokat használtam fel. Ebben az esetben csak faegyedekre végeztem elemzést. A faegyedeket jellemző értékeket a hozzá tartozó levelek adataiból, számtani középérték számításával képeztem.

#### *Elemzés a „hagyományos” adatok alapján*

A szilek levélmorfológiai méréseivel legtöbbet Richens foglalkozott (Jeffers 1999) és a mérései során kialakított egy metódust, meghatározta azokat a paramétereket, melyekkel az angliai, francia, spanyol szileket jól tudta jellemezni. Ezek a paraméterek: a levéllemez hossza (AH), a levéllemez relatív szélessége, vagy a hossz és szélesség aránya ( $AH/(FLA+FLB)$ ), a levélnyél relatív hossza ( $NYH/AH$ ), a relatív aszimmetria ( $ASZ1/AH$ ), valamint a másodlagos fogak száma (FDB), az elsődleges fogak hossza (FH) és mélysége (FM). Ezt az elemzést is csak a faegyedekre végeztem el, hasonlóan az előzőekhez, számtani középkel képezve a faegyed jellemzőket a levéladatokból.

#### **Klaszter analízis**

A klaszteranalízis a megfigyelések osztályozásának egy módszere. Nincsenek előre megadott osztályok, a feladatunk ezeknek a csoportoknak, osztályoknak a létrehozása. Az agglomeratív osztályozás során egyedszintű vizsgálatot végeztem, ahol azok a megfigyelések (egyedek) kerülnek egy osztályba (klaszterbe), amelyek a sokdimenziós térben a legközelebb vannak

egymáshoz, illetve a leginkább hasonlók egymáshoz. Ezért az elemzés kezdetekor meg kell határoznunk, hogy hogyan mérjük a megfigyeléseink közötti távolságot vagy az ezzel ellentétesen viselkedő hasonlóságot. A standard euklideszi távolságot választottam a távolság jelzőjének, valamint az egyszerű összekapcsolás (single linkage) algoritmusát a csoportok létrehozására, a csoportokon belüli variancia minimalizálására törekedve. A kialakult osztályozást dendrogramon ábrázoltam. A kialakult csoportokat összevettem a gyűjtési lokalitásokra jellemző évi átlaghőmérséklettel, évi csapadékmennyiséggel, valamint az éghajlati körzettekkel (SZURÓCZKY, TÓKEI 1997), hogy megvizsgáljam, az éghajlati tényezők hatását a kapott csoportokra (PODANI 1997). Vizsgáltam, hogy vannak-e olyan egyedek, melyek a csoportosítás szempontjaitól függetlenül elválnak a többi egyedtől, és ezeknek vannak-e közös jellemzőik.

#### Diszkriminancia vizsgálat

A hierarchikus osztályozás során kapott csoportok helyességét diszkriminancia analízissel támasztottam alá, megvizsgálva minden egyes objektum távolságát a csoportjának átlagától. Amennyiben egy másik csoporthoz közelebb esik egy egyed, akkor átkerül az új csoportba, és az áthelyezés helyességére a számítást újra elvégeztem (PODANI 1997).

#### *Levélszőrök vizsgálata*

A szilfajok, alfajok határozásában szőrtípusok előfordulása a szilleveleken fontos bélyeg. A különböző európai szilfajokon más-más szőröket mutattak ki (WESTERKAMP, DEMMELMEYER 1997). Összességében három szőrtípust találtak:

- egyszerű, egyenes, hegyes fedőszőröket különböző méretben;
- egyszerű, hullámos, hegyes fedőszőrt;
- mirigyszőrt.

Ezek a szőrtípusok a különböző fajokban más-más méretűek (a mezei szilen ez a három típus van, a hegyi szilen többféle fedőszőr is) (8. táblázat) és ez alapján akár a fajok elkülönítése is lehetséges, de ehhez nagy felbontású mikroszkóp szükséges. A hegyi és mezei szil esetében is ugyanazokat a szőrtípusokat találhatjuk, így a hibridjük esetében sem várható, hogy új kombinációk lépnek fel a levélszőrök esetében. A korábbi mérések során RICHENS (1955, 1958, 1959, 1961) kezdetben a levelek felszínének simaságát vagy szőrözöttségét vizsgálta és jelölte, ami a mezei és hegyi sziliek elkülönítése miatt volt fontos. Később a levélnyel szőrözöttségét emelte ki, mely diagnosztikai bélyeget az angol szil elkülönítésében használta

(RICHENS 1986). MELVILLE (1958) az *U. canescens* leírásakor utalt arra, hogy a faj leveleiről hiányoznak a vörös mirigyszőrök. Ezt alátámasztotta WILLNER (1998) is.

8. táblázat. A mezei szil (Minor 1-3) és a hegyi szil (Glabra 1-5) levélfonákán található szőrök (WESTERKAMP, DEMMELMEYER 1997)

szórtípus	hossz [ $\mu\text{m}$ ]	bázis átmérője [ $\mu\text{m}$ ]	fej átmérője [ $\mu\text{m}$ ]	alak	csúcs	sejtszám	felszín
Minor1	60-650	10-20	-	egyenes	hegyes	1	sima
Minor2	40-80	40-140	-	egyenes v. hullámos	hegyes	1	sima
Minor3	35-70	6-13	11-32	egyenes	mirigy	1	sima
Glabra1	150-170	32-40		egyenes	hegyes	1	sima
Glabra2	525-700	20-28		egyenes v. hullámos	hegyes	1	sima
Glabra3	90	50-130		egyenes	hegyes	1	sima
Glabra4	130	15		egyenes	hegyes	1	sima
Glabra5	55-70	6-12	30-40	egyenes	mirigy	1	sima

A vizsgálataimban a következő bontásban figyeltem meg, hogy az *U. minor* MILL. leveleken milyen szórtípusok találhatók meg, előzetes tapasztalataimra támaszkodva.

- Figyeltem, hogy előfordulnak-e rövid, merev serteszőrök a levelek fonákán elszórva, és a levéllyeleken;
- mirigyszőrök változó mennyiségben, főleg a nagyobb ereken, valamint kisebb számban a levéllemezeken elszórva;
- sima, vagy göndörödő fedőszőrök (legtöbb esetben) az érzugokban,
- valamint az elsődleges fogak találkozásánál kisebb foltokban.

Ezen szőrök meglétét vagy hiányát vizsgáltam az egyes faegyedre. A szőrözöttség mintázatát vizsgálva összefüggést kerestem területi eloszlással, valamint éghajlati adottságokkal.

Hangsúlyozni kell, hogy nem mindegy, milyen leveleket vizsgálunk (MOSS 1912; WILLNER 1998; MELVILLE 1939b). Hasonlóan az eddigi vizsgálatokhoz, most is hangsúlyozni kell, hogy a vizsgálatokhoz a legalkalmasabbak a tavaszi, nyáreleji rövidhajtások levelei, mert a később, kora ősszel keletkező levelek már más szerkezetűek, gyakran a sarjakhoz hasonló leveleket viselnek. A sarjak pedig rendszerint egészen más alakú és szőrözöttségű levelekkel rendelkeznek, szinten minden esetben durván szőrös, serteszőrös, nemcsak a fonákon, hanem a levelek színén is. Sokszor ezeken a leveleken alapuló határozásoknak köszönhetően tévesen határozzák meg az egyedeket, rendszerint hegyi szillel, vagy angol szillel tévesztik össze a mezei szileket (WILLNER 1998).



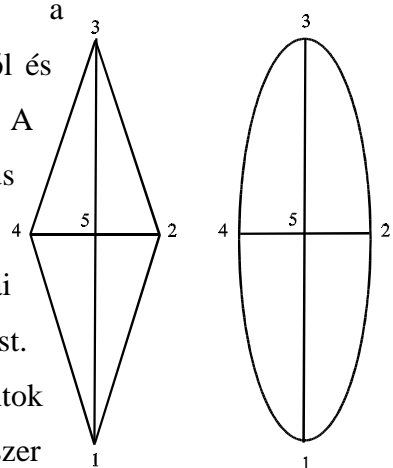
### *Esettanulmány a hibrid szil kimutatására*

A levelek gyűjtése során felmerült annak a lehetősége, hogy egyes levelek nem mezei szil levelek, hanem inkább a hegyi szillel alkotott hibridről származnak. A határozók nem adnak egyértelmű utasítást a hibrid szil azonosításához, csak a szülőfajok között elhelyezkedő méretekről beszélnek, így egyértelmű azonosításuk nehéz. Ezért egy területről, ahol mindkét faj és sejtésem szerint a hibrid is előfordult (Soproni-hegység lába), a leveleket közös elemzésnek vettem alá. A soproni egyedek leveleire főkomponens analízist végeztem. A főkomponensek létrehozásához ezen levelek paramétereiből képzett korrelációs mátrixot használtam fel.

Ugyancsak elvégeztem a levelek hierarchikus osztályozását is. A standard euklideszi távolságot választottam a távolság jelzőjének, valamint az egyszerű összekapcsolás (single linkage) algoritmusát, a csoportokon belüli variancia minimalizálására törekedve. A kialakult osztályozást dendrogramon ábrázoltam. A hierarchikus osztályozás során kapott csoportok helyességét diszkriminancia analízissel támasztottam alá, megvizsgálva minden egyes objektum távolságát a csoportjának átlagától. Amennyiben egy másik csoporthoz közelebb esik egy egyed, akkor átkerül az új csoportba, és az áthelyezés helyességére a számítást újra elvégeztem.

### *3.3.2 Alakjellemezés: geometriai morfometria*

A számítógépek, a számítástechnika térhódításával a „hagyományos” morfometriai mérések eltértek a leíró jellegtől és az utóbbi évtizedekben hatalmas fejlődésnek indultak. A hagyományos morfometria kiértékelésének alapjai, a numerikus taxonómia a múlt század közepén kiforrt (SNEATH, SOKAL 1973), egyre gyakrabban vették igénybe a statisztikai módszereket, klaszter analízist, vagy a főkomponens analízist. Ugyanakkor a módszer részben megmaradt ad hoc kijelölt pontok közötti távolságok és szögek mérésénél. A módszer továbbfejlesztésével a vizsgált objektumokon olyan pontokat jelölnek ki, melyek megfelelő szabályok szerint azonosíthatók,



**17. ábra. Azonos koordinátákkal rendező, de különböző alakú idomok. JENSEN 2003 nyomán**

illetve a különböző fajok esetében homológok (ez nem minden esetben egyértelmű). A pontok közötti összes távolságot mérik, úgy, hogy a pontokat egy koordináta rendszerbe helyezik el. Ezek a módszerek objektívebbé tették a kiértékelést, és sokszor lehetőséget adtak arra, hogy

mintázatok azonosíthatóak a változatosságon belül. Két vizsgált objektum között a különbség adódhat a méretből, valamint az alakból. A legtöbb esetben ezt a két tulajdonságot nem tudták elválasztani egymástól, így előfordulhat, hogy két különböző alakú objektum esetében a mért értékek azonosnak adódnak, ugyanakkor arról nem lesz információnk (17. ábra), hogy mi „történik” a két vizsgálati pont között. Így a statisztikai elemzés a két objektumot azonosnak tekinti, ugyanakkor jelentős különbség van közöttük (SUNDBERG 1992; JENSEN 2003; ADAMS et al. 2004). Erre ad megoldást a körvonalak összehasonlítása, illetve a körvonalak elemzése, közelítése elliptikus Fourier analízissel (JENSEN 2003; ADAMS et al. 2004), melynek használata egyre inkább elterjed a morfológiai elemzések között. Érdekes módon az embertani és állattani vizsgálatokban hamarabb elterjedt a használata (pl. DEMETER et al. 1995, RÁCZ 1995), de találunk növényi vonatkozású példákat is, melyekben mindenféle növényi szerv szerepel, természetesen hagyományosan a levelek (IWATA et al. 2002, YOSHIOKA et al. 2006) jutnak eszünkbe, de megtalálható a lepellevél vizsgálata (OHSAWA et al. 1998), vagy akár a gyökereké is (IWATA et al. 1998).

Ebben a vizsgálatban a független változó a körvonal mentén felvett távolság a  $[0; 2\pi]$  intervallumban, a keresett függvény pedig a felvett pontokra vonatkozó x és y koordinátáknak a távolsággal való együttes változását írja le harmonikusok összegeként. Minden harmonikusra négy Fourier-együttható adódik. A továbbiakban ezeknek a harmonikusoknak az adataival dolgoznak, ezeket vetik alá statisztikai elemzésnek. Érdekes, hogy jóval korábban erre emlékeztető módszert javasolt még 1937-ben MELVILLE, aki a levelek körvonalának meghatározására javasolt egy koordináta-rendszert, melyet a későbbiekben cikkeiben használt is (MELVILLE 1937, 1938, 1939, 1958).

A fentiek miatt a hagyományos morfometriai adatok elemzésén túl az általam gyűjtött szil levelek hasonló elemzését is elvégeztem. A korábban említett módon digitalizált levelek feldolgozása történt meg. Mivel kissé más szempontoknak kell megfelelniük a leveleknek (pl. teljesen épek kell lenni), ezért nem az összes levél kerülhetett bele ebbe az elemzésbe, összesen 4736 levél analízisére került sor. Mivel a levéllemez alakjának jellemzése volt a cél, a levelek nyelét töröltem a képekről. Az IWATA és UKAI (2002) által bemutatott SHAPE 1.3 programcsomagot használtam, mivel ott a körvonal-képzéstől elkezdve, a Fourier-elemzés, valamint a statisztikai értékelés (főkomponens analízis) is elérhető egyben, így a teljes elemzés elvégezhető.

A programcsomag ChainCoder programja a beolvasott színes képből a beállított színcsatorna (zöld, vörös vagy kék) segítségével szürke-árnyalatos képet állít elő. Ebből a következő lépésben fekete-fehér bitmap kép készül. Ebben a vizsgálatban a zöld csatorna bizonyult a

leginkább megfelelőnek. A program segítségével lehetőség van a következő lépésekben a kisebb hézagok kitöltésére (fénylő felület vagy szakadás, repedés, lyuk esetén hézag lesz a képen, mely zavarhatja a következő lépéseket). Záró lépésként a körvonal kódolása következik, majd egy közös fájlba mentése.

A programcsomag Chc2Nef elnevezésű programja végzi el a Fourier-analízist. A kezdő oldalon megadható, hogy hány harmonikust számoljon ki a program, valamint, hogy a standardizálás milyen módon történjen. A vizsgálatok során húsz harmonikus meghatározása történt meg, a standardizálás pedig az első harmonikus alapján folyt. A program mutatja a lánckód alapján helyreállított körvonalat a lánckóddal együtt, valamint a harmonikusok által rajzolt alakzatot, a harmonikusok adataival.

Az adatok elemzése a programcsomag PrinComp szofverével történt. A program főkomponens analízist végez, kiszámítja a komponenseket, megadja az egyes levelek koordinátáit az új térben, valamint meg tudja rajzolni az egyes tengelyekhez tartozó átlagos körvonalú levelet, valamint a kétszeres szórást. A képekről leolvasható, hogy az egyes tengelyek milyen tulajdonságokkal korrelálnak. A kapott koordináták alapján a leveleket ábrázoltam a főkomponensek mentén.

„...a bejárat előtt lombos szilfa is áll, melyet minden odavalósi gyerek ... ismer. ...sosem mulasztom el, hogy ... ne sétáljak egyet ... a terebélyes szilfa ... árnyékában.”

Nathaniel Hawthorne: A hétormú ház

## 4. Eredmények és megvitatásuk

### 4.1 A változók leíró statisztikai elemzése

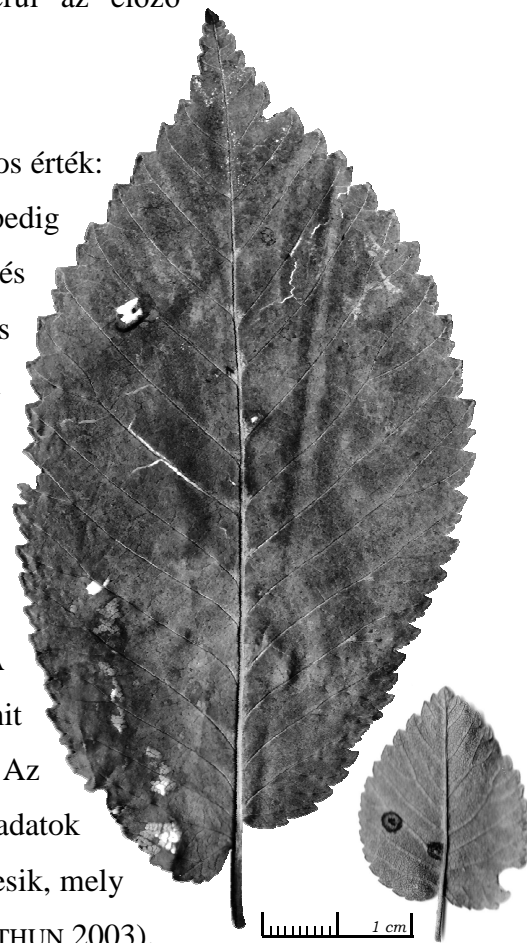
Az adatok gyűjtése MS Excel táblába történt, levelenként, megadva a faegyed gyűjtési kódját, valamint az egyes levél kódját, így minden egyes levelet vissza lehet keresni (4. melléklet). Számítottam az egyedekre jellemző értékeket, számtani átlag képzésével (5. melléklet). A fajra jellemző számtani átlagértékeket és szórásokat az adathalmazból számítottam, ezeket az értékeket a 9. táblázat tartalmazza.

9. táblázat. 502 mezei szil egyed 5252 levelének egyes mért és származtatott levéltulajdonságainak számtani átlagai és szórása (Gyűjtés: Magyarország, 2002-2005)

Mért adatok	átlag	szórás	Származtatott adatok	átlag	szórás
(1) AH [cm]	5,89	1,24	(14) AH/(FLA+FLB)	1,60	0,21
(2) FLA [cm]	2,06	0,42	(15) AH/ÉR	0,47	0,10
(3) FLB [cm]	1,66	0,38	(16) AH/NYH	7,47	2,41
(4) FHA [cm]	2,23	0,65	(17) (FHA+FHB)/2*AH	0,42	0,05
(5) FHB [cm]	2,77	0,71	(18) ASZ1/AH	0,03	0,02
(6) ASZ1 [cm]	0,20	0,13	(19) ASZ2/AH	0,08	0,04
(7) ASZ2 [cm]	0,47	0,22	(20) ASZ1/ASZ2	0,45	0,39
(8) NYH [cm]	0,83	0,22	(21) 2AH/FDB	0,50	0,71
(9) FH [ $10^{-1}$ mm]	41	9			
(10) FSZ [ $10^{-1}$ mm]	39	9			
(11) FM [ $10^{-1}$ mm]	16	4			
(12) FDB	34	16			
(13) ÉR	13	2			

Az alábbiakban részletesen is bemutatásra kerül az előző fejezetben említett 21 paraméter.

**Abszolút hossz (AH):** A mezei szilnél mért átlagos érték: 5,9 cm; legkisebb érték: 2,2 cm; a legnagyobb pedig 11,9 cm (18. ábra), vagyis a legkisebb és legnagyobb érték között mintegy hatszoros különbség van. Az irodalmi adatokkal részben egyezők a kapott eredmények, az irodalom maximálisan 13 cm-es leveleket említ levélnyéllel együtt, a gyűjtött mintában a leghosszabb levéllemez volt 11,9 cm, a levélnyéllel együtt összesen mintegy 14 cm-es. A legkisebb levél viszont kb. feleakkorák, mint amit az irodalmakban általában találhatunk (5 cm). Az értékek normál eloszlást mutatnak, az adatok legnagyobb része az 5-8 cm közötti tartományba esik, mely szintén megfelel az irodalmi adatoknak (MACKENTHUN 2003).



18. ábra. Az egyik legkisebb és az egyik legnagyobb levéllemez a mezei szil esetén. Méretarány 1:1

**Fél levéllemez szélessége (FLA és FLB):** A nagyobb fél levéllemez átlagos szélessége (FLA) a mezei szil esetében 2,1 cm, a legkisebb mért érték 0,8 cm, a legnagyobb pedig 4,4 cm. A kisebb fél levéllemez esetében (FLB) az átlag 1,7 cm, a minimum 0,6 cm, a maximum 3,7 cm.

**A fél szélességekhez tartozó „magasságok” (FHA és FHB):** A fél szélességekhez tartozó átlagos magasságok: nagyobb fél lemez esetében (FHA) 2,2 cm, (maximum 5,4 cm, minimum 0,6 cm). A kisebb fél levéllemez esetén (FHB) 2,8 cm (maximum 6,0 cm, minimum 0,6 cm).

Ha megnézzük a mezei szil esetében az ugyanazon fél lemezhez tartozó hossz és szélesség adatokat és ábrázoljuk azokat akkor látható, hogy a pontok egy diffúz pontfelhőt alkotnak, szoros összefüggés a hossz és a szélesség adatok között nincs. A hossz és szélesség adatok (FLA-FHA; FLB-FHB) között csak gyenge pozitív korreláció mutatható ki (0,55; 0,59). Természetesen hosszabb levélhez átlagosan nagyobb szélességérték tartozik, de ugyanazon

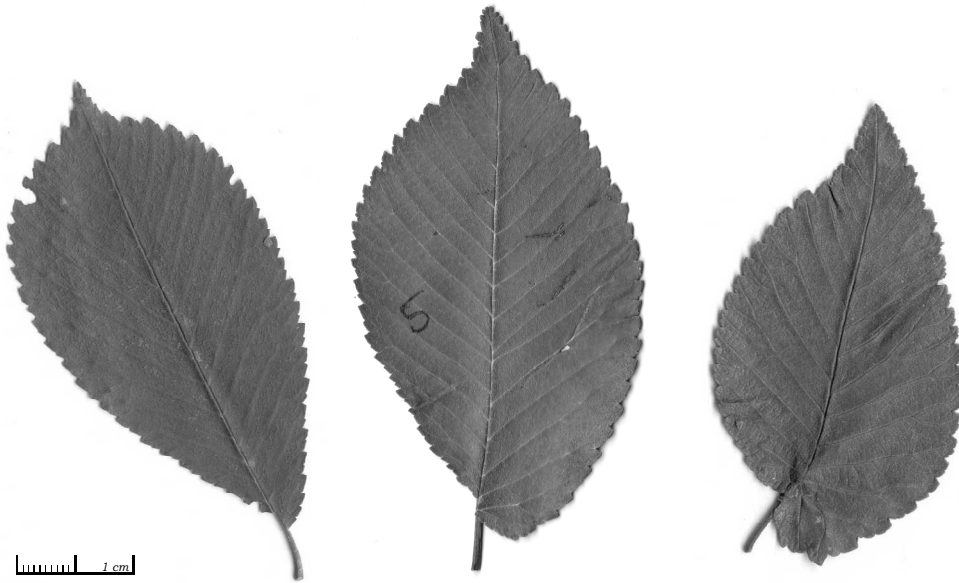
hosszadathoz több szélességadat is tartozhat. Ennek oka, hogy a levelek többféle alakúak lehetnek.

**Hossz és szélesség aránya (AH/FLA+FLB):** A mért mezei szil levelek átlagosan 1,6-szor olyan hosszúak, mint amilyen szélesek. A legkisebb számított érték 1,0, vagyis a szélesség és a hossz megegyezik, a levél kerekded, a legnagyobb érték pedig 2,6, vagyis a levél keskeny-elliptikus (19. ábra). Ugyan a mintában nem szerepelt olyan levél, ahol elérte a 3-t az érték, de elképzelhető, hogy a mezei szilnél van hosszúkás (PRISZTER, CSAPODY 1963) levél is.



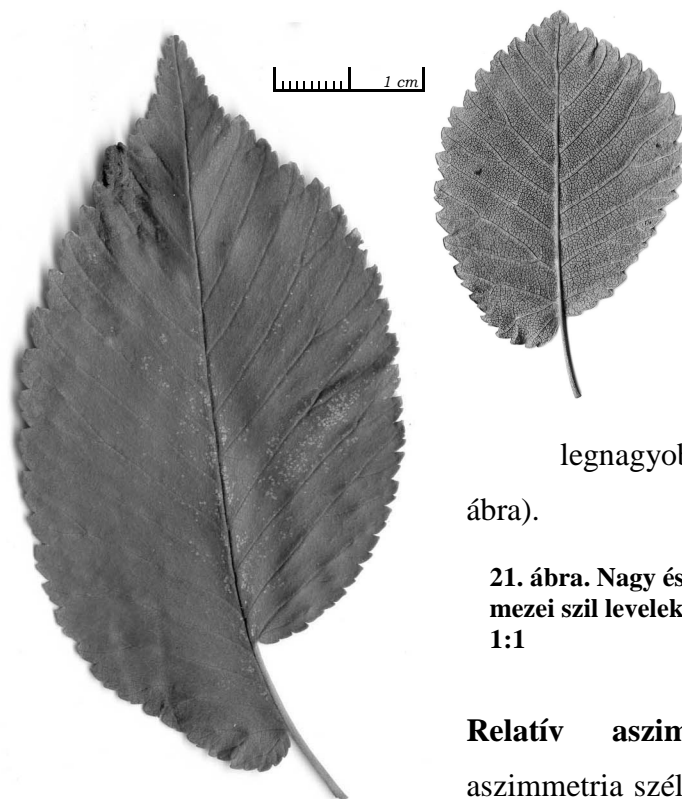
19. ábra. Kerekded (1,0 hossz/szélesség értékű), átlagos elliptikus (1,6) és keskeny elliptikus (2,6) mezei szil levél. Méretarány 1:1

**Hosszarányok ((FHA+FHB)/2\*AH):** A mezei szil esetében az átlagos érték 0,4, vagyis a legjellemzőbb alak az elliptikus, vagy nagyon enyhén tojásdad. A maximum érték 0,6, vagyis előfordulnak visszás tojásdad levelek, a minimum pedig 0,25, vagyis erőteljesen tojásdad levelek is (20. ábra).



20. ábra. Visszás-tojásdad, elliptikus és tojásdad mezei szil levelek (Méretarány: 3:4)

**Aszimmetria (ASZ1):** A mezei szil levelekre a határozók szerint (MACKENTHUN 2003) jelentős aszimmetria jellemző. Az általam mért átlagos mért érték 0,2 cm, vagyis viszonylag kicsi, a legtöbb levél a 0,2-0,6 cm-es tartományba esik. Ugyanakkor elmondható, hogy a változatosság nagy: 0 cm a legkisebb érték, vagyis a levéllemez a két oldalon ugyanott



csatlakozik a főérhez (21. ábra), Ez nem jelenti feltétlen azt, hogy a levél teljesen szimmetrikus. Általában ebben az esetben is meg lehet különböztetni egy többé-kevésbé nagyobb és egy kisebb fél levéllemez, és még ekkor is lehet a váll füles, vagy szíves. A

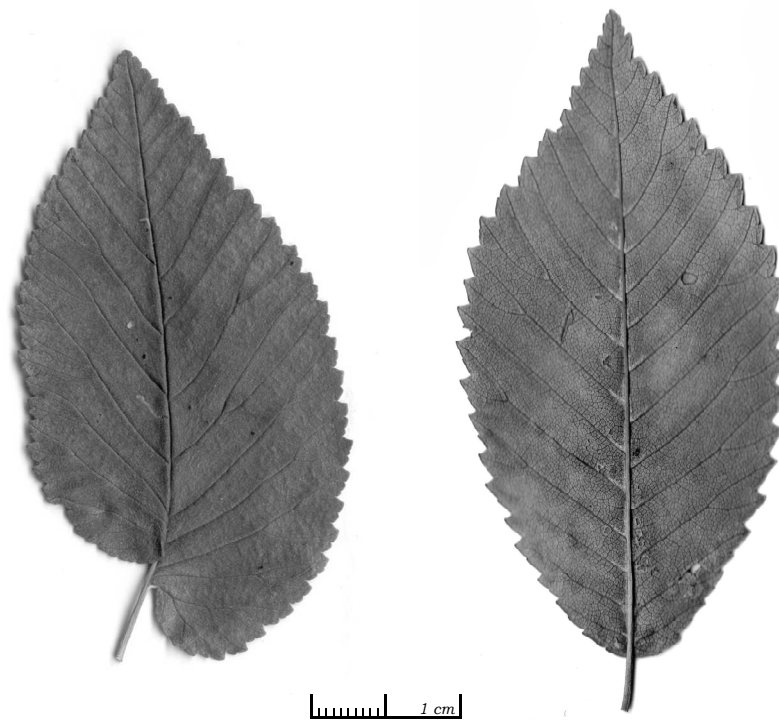
legnagyobb mért érték jelentős, 1,2 cm (21. ábra).

21. ábra. Nagy és 0 cm-es aszimmetria mezei szil levelek esetén. Méretarány 1:1

**Relatív aszimmetria (ASZ1/AH):** A relatív aszimmetria szélsőértékei között is nagy a különbség, a nagyobb levéllemez nem jár együtt nagyobb aszimmetriával, a korreláció nagyon gyenge: 0,34; ugyanakkora levélmérethez különböző méretű aszimmetria tartozhat. A relatív

aszimmetria átlagos értéke 0,03, a minimum 0 (mivel az aszimmetria lehet nulla), a maximum 0,15. A mezei szil esetében szinte bármely méretű levélhez tartozhat nulla értékű aszimmetria, de a nagyobb levelek esetében ritkán találunk ilyet.

**Fülesség (ASZ2):** Az átlagos érték 0,5 cm, vagyis a legtöbb esetben a levél válla – a nagyobb fél lemeznél – túllóg az illeszkedési ponton, vagyis a levélalaphoz legközelebb eső pont a levéllemez és főér találkozásától eltérő helyen van. A minimumérték itt is 0 cm, vagyis vannak olyan levelek, ahol nem füles a váll, hanem ék alakú, vagy levágott. (Mivel a mérés számítógépes programmal történt sok esetben az érték nem pontosan 0 cm, mert csak akkor annyi, ha tökéletesen ugyanarra a helyre sikerül irányítani a kurzort. Ezért a gyakorisági eloszlást nézve mindössze egyetlen ilyet találunk, de gyakorlatilag ennél több van, hiszen ennek a pontatlanságnak köszönhető sok 0 és 0,05 közötti érték.) A legnagyobb mért érték 1,6 cm, a levélváll szíves, vagy öblösen szíves (22. ábra).



22. ábra. Ívesen szíves és levágott levélvállú mezei szil levél. Méretarány 1:1.

**Relatív fülesség (ASZ2/AH):** A mértéke tág határok között változik, mivel a nagyobb lemez hossz, nem jelent feltétlen nagyobb fülességet. Az átlagos érték 0,08; a legkisebb érték természetesen 0 (ha a számlálóban (ASZ2) nulla szerepel), a legnagyobb érték viszont 0,2 (a lemez hossz ötöde!).

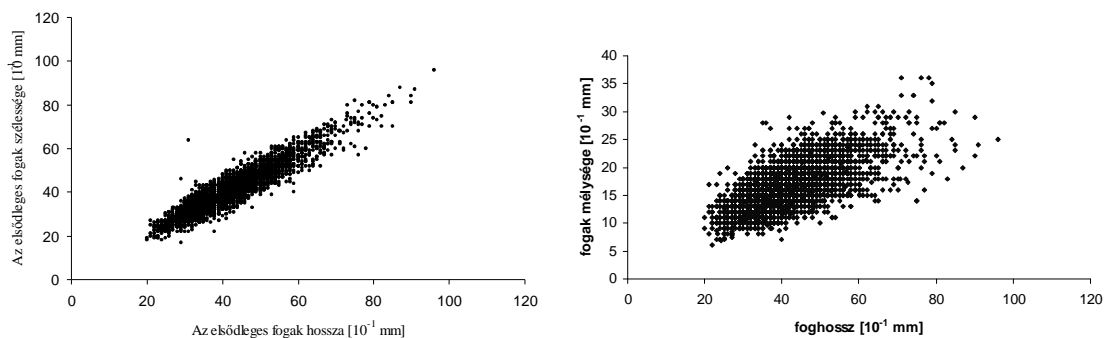


**Aszimmetria és fülesség aránya (ASZ1/ASZ2):** Az átlagos számított érték 0,45. A legkisebb érték 0 (ha valamelyik, vagy mindkét érték 0), a legnagyobb 5,2, mely annak a következménye, hogy a nevezőben kicsi szám található. Ha a két értéket ábrázoljuk függvényként, akkor látható, hogy a fülesség minimális értéke mindig legalább akkora, mint az aszimmetriájé, ami a mérési módszerből adódik. Az aszimmetria a két levéllemez főérhez való kapcsolódásának távolsága, míg a fülesség, a kisebb levéllemez és főér találkozásától a levéllemez „legalsó” pontjának távolságát méri. Nagy szórás tapasztalható a pontokban, egyértelmű összefüggés nincs, ugyanakkora aszimmetriához különböző méretű fülesség tartozhat.

**Nyélhossz (NYH):** Az átlagos nyélhossz 0,8 cm, ami megfelel az irodalomban általában megtalálható értékeknek (MACKENTHUN 2003). A legkisebb mért érték viszont elmarad ezektől, 0,2 cm, ami lényegében megegyezik az irodalmi hegyi szilnél mérettel. A legnagyobb érték 1,7 cm ami az irodalmakban tárgyalttal egyező mértékű, annál valamivel hosszabb.

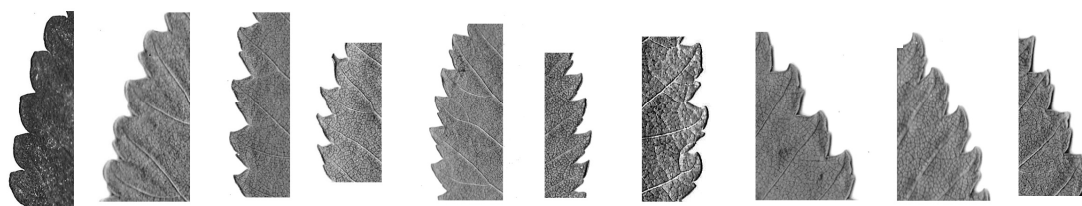
**Nyélhossz és levéllemez hosszának aránya (relatív nyélhossz) (AH/NYH):** Ennek a származtatott adatnak a feladata, hogy szűrje, ha esetleg szoros összefüggés van a levélméret és a nyél között. Ebben az esetben az átlag körül viszonylag kis szórásúak lennének az értékek. Az átlagos érték 7,5; a szórás nagy, 2,5. Vagyis feltételezhetően nincs összefüggés a levéllemez mérete és a levélnyél mérete között. A legkisebb érték 2,5, ebben az esetben a levéllemez alig kétszer hosszabb a levélnyélnél, a legnagyobb érték viszont 38,8, ahol a levéllemez jóval hosszabb.

**Fogméretek (FH, FSZ, FM):** Az elsődleges fogak hossza nagy változatosságot mutat. A mezei szil esetében az átlagos méret 4,1 mm, a mért legnagyobb érték 9,6 mm, míg a legkisebb 2,0 mm. A fogak szélessége hasonló tartományban mozog, az átlag 3,9 mm, a maximum szintén 9,6 mm, a minimum pedig 1,7 mm. A fogak hossza és szélessége között viszonylag szoros összefüggést lehet kimutatni. A két érték között a korreláció  $r_s=0,92$  ( $p<0,001$ ). A fogak mélysége kisebb tartományban mozog, az átlagos érték 1,6 mm, a legnagyobb érték 3,6 mm, a legkisebb 0,6 mm. A fogak mélysége azonban sem a hosszal, sem a szélességgel nincs szoros összefüggésben ( $r_s=0,66$ ;  $r_s=0,60$ ;  $p<0,001$ ). A nagyobb (hosszabb) fogaknak átlagosan nagyobb a mélysége, de minél hosszabb a fog, annál nagyobb az adatok szóródása (23. ábra).



**23. ábra. A fogak szélessége (FSZ) (bal oldal) és mélysége (FM) a foghossz (FH) függvényében (jobb oldalon) a mezei szil levelek esetében (n=5252)**

Sajnos a mért változók segítségével nem lehet a fogak minden tulajdonságát teljes mértékben diagnosztizálni. A változatosságuk nagy, mely változatosság egy részének objektív mérését nem sikerült megoldani. A fent említett mért adatok csak a három pont távolságméréséből származtatott méretek, így az anyag és módszer fejezetben már említett probléma itt is felmerül, nevezetesen nem tudjuk, hogy két-két pont között mi is történik. Ennek megfelelően találunk a fogak között enyhén sarlósan előrehajlót a mezei szil esetében is, ennek mértéke változó. A fogak csúcsa is változatos, a legtöbb esetben hegyes, (ha a levél csúcsához hasonló elnevezéseket használunk), kihegyezett, de olykor egészen csipkés, tompahegyű (24. ábra). Erre már MELVILLE (1978) is utalt, amikor kritikákat fogalmazott meg Richens módszereivel kapcsolatban. Javaslatot is tett a fogak alakjának jellemzésére egy derékszögű koordináta-rendszer segítségével (MELVILLE 1939), a módszer azonban az általam megfogalmazott problémák egy részére ad megoldást.



**24. ábra. Változatos fog alakok mezei szil leveleken Méretarány 1:1**

**Érszám (ÉR):** A nagyobb fél levéllemezen található másodlagos erek száma átlagosan 13. A legkevesebb 7, a legtöbb 21. A maximális érték a hegyi szilre jellemző (JONSELL 2000).

**Egy érre jutó levéllemez hossz (AH/ÉR):** Várhatóan az erek lefutása és az általuk ellátott terület nagysága egy fajon belül nagyjából állandó. Ebben az esetben viszonylag kicsi

különbség várható a minimum és maximum érték között. Az átlagos érték 0,47-nek adódott, míg a legnagyobb érték 1,03, a legkisebb 0,17, ami valójában nagy intervallumot jelent.

**Másodlagos fogak száma (FDB):** A másodlagos fogak száma mezei szilen átlagosan 34. Elmondható, hogy a kisebb oldalon kevesebb, rendszerint jóval kevesebb másodlagos fog található. A legnagyobb számolt érték 121, ami kicsivel magasabb, mint a határozók által megállapított maximális érték (110) (JONSELL 2000), ami ráadásul az elsődleges és másodlagos fogakat is tartalmazza. Tehát az általam tapasztalt maximális érték inkább a hegyi szilre jellemző, ami arra utalhat, hogy a vizsgált levél átmeneti a mezei és a hegyi szil között. Előfordult olyan levél is, melyen nem volt másodlagos fog, vagyis csak egyszeresen fogazott, ami ugyancsak nem jellemző (inkább az *U. pumila* ismertetője), bár egyes múlt század eleji határozók egyszeresen fogazottnak jellemzik a mezei szilt (Soó 1970).

**Relatív fogszám (2AH/FDB):** Ha a fogak számának különbségei a levél méretéből adódnának, akkor ezek az értékek közel azonosak lennének. De nagy az értékek szóródása, a nagyobb levelek között is van kevés másodlagos foggal rendelkező, valamint a kisebb méretű levelek között „sokfogú”. Az átlagos érték 0,5; a legkisebb számított érték 0, (ha nincs foga), illetve a legnagyobb érték 12,9.

A mért levélmorfológiai tulajdonságok alapján a hazai mezei szil egyedek levélmorfológiai változatossága leírható, az egyedek nagy része a szakirodalmi adatokkal egyező megfelelő sávba esik (10. táblázat). Sajnos minden vizsgált tulajdonságra nem tudtam irodalmi összehasonlítást tenni, mert általában csak a legfontosabb néhány paraméterre (hossz, szélesség, levélnyel, esetleg érszám) közölnek adatokat a határozók. Néhány esetben azonban ezeken az adattartományokon kívüli értékeket mértem. Rendszerint a legkisebb és legnagyobb érték között többszörös különbségek vannak. A levélnyel alsó értéke, valamint az erek maximális száma különbözik leginkább az irodalmi értékektől. Az alsó tartományban valószínűleg az extrém száraz élőhelyi körülményekkel magyarázható egyes esetekben, de ennek bizonyítására, az öröklött tulajdonságok kizárására átültetési kísérleteket kellene végezni. Az irodalmi felső értékeken túli értékek viszont utalhatnak a hegyi szillel alkotott hibridek jelenlétére a csoportban. Az adattartományok szélesebb volta abból is adódhat, hogy a határozók általában a „tipikus” egyedek, „tipikus” levelei alapján készülnek, a vizsgálat során azonban minden szilegyed, mely megfelelt a gyűjtési feltételeknek, mérésre került, az

irodalmak viszont sokszor nem szisztematikus mintavételből származó adatokra épülnek, hanem szubjektív, terepi tapasztalatokra.

**10. táblázat. Néhány jellemző levél adat a mezei szil esetében, irodalmi adatok alapján, valamint azok összevont értékei ( $\Sigma$ ) és a vizsgálat során mért értékek (BZ, N=5252)**

	<b>hossz [cm]</b>	<b>szélesség [cm]</b>	<b>nyél [mm]</b>	<b>ér [db]</b>
[1]	-8,5	-6	(3)5-12	-15
[2]	5-10	2,5-5	9-12	9-15
[3]	-10		8-15	7-12
[4]	6-10	4-5	8-15	8-12(15)
[5]	7,2	4,3	7-9	12-13
[6]	3-11(16)	2-6,5	4-10	10-13(16)
[7]			6-12	12
[8]	4-9		5-15	
[9]	5-9	2,5-5	5-12	
[10]	(3)5-10	2-6	5-15	(8)10-17
[11]				
[12]	3-5(10)	2-3(5)	2-	
[13]	5-9(13)	2,5-5(9)	6-13	12
[14]	4-12		5-15	
$\Sigma$	3-10	2-6	5-15	7-17
<b>BZ</b>	<b>2,2-11,9</b>	<b>1,3-7,4</b>	<b>2-17</b>	<b>7-21</b>

[1] NAVARRO 1993

[2] ENCIKLOPEDIA HOLZ.

[3] MITRUSHI 1955

[4] DEMIRI 1983

[5] MACKENTHUN 2003

[6] JONSELL 2000

[7] REHDER 1940

[8] VANCSURA 1960

[9] HENRY, HENRY 1913

[10] HROUDA 1997

[11] SHERMAN-BROYLES ET AL. 1997

[12] PIGNATTI 1982

[13] SAVULESCU 1952

[14] SCHÜTT ET AL. 1992

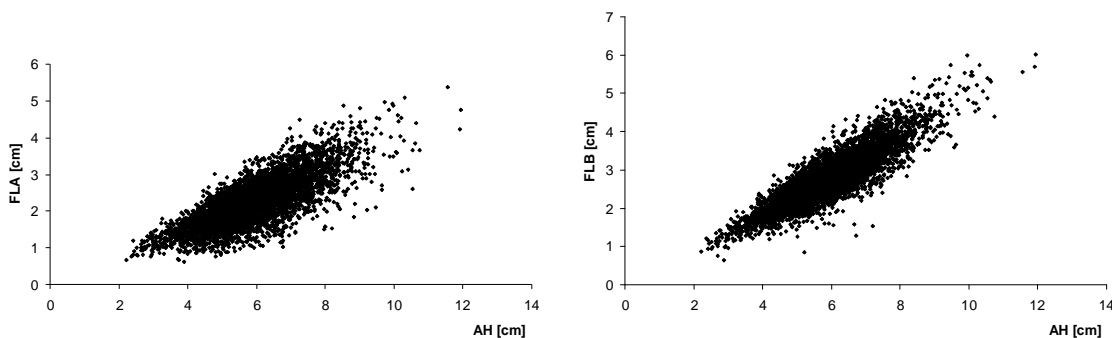
#### 4.2 A változók közötti összefüggések feltárása

Vizsgáltam a változók eloszlásait, megállapítottam, hogy a változók eloszlása megközelíti ugyan a normális eloszlást, de nem éri azt el (6. melléklet). Megvizsgáltam, az egyes változók közötti korrelációkat (7. melléklet). A legtöbb mért változó esetében csak gyenge összefüggést tudtam kimutatni, vagyis a legtöbb esetben a változók függetlenek. Majdnem minden esetben a korrelációk magas,  $p < 0,001$  szinten teljesülnek, mindössze néhány esetben fordul elő, hogy a kimutatott korrelációk még  $p < 0,05$  szinten sem szignifikánsak, vagyis nagy valószínűséggel nincs valósi összefüggés a két változó között, még a jelzett korreláció mértékében sem. Ezek általában alacsony korrelációk, az összefoglaló táblázatban külön jelöltem.

Nagyon erős volt a korreláció ( $r_s = 0,93$ ;  $p < 0,001$ ) – ahogy már korábban is említettem – az elsődleges fogak hossza és szélessége között.

Viszonylag erős korreláció mutatkozott a levéllemez hossza (AH) és a fél levéllemez adatok között (FLA:  $r_s = 0,75$ , FHA:  $r_s = 0,76$ , FLB:  $r_s = 0,68$ , FHB:  $r_s = 0,87$ ;  $p < 0,001$ ).

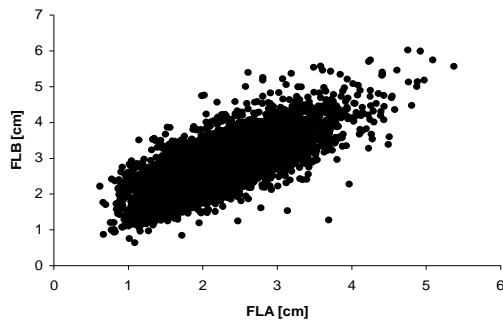
Ennek oka az lehet, hogy a levelek alakja hasonló, a legtöbb esetben elliptikus. Ennek következtében a fél levéllemezhez tartozó hossz és szélesség adatok a levéllemez hosszával együtt, azzal arányosan változnak. Természetesen vannak olyan levelek, melyek nem elliptikusak, hanem annál keskenyebbek, vagy éppen kerekdedebbek, és ezek esetében ezek az értékek az átlagosnál kisebb vagy nagyobb mértékben változnak, ezzel lerontva a korrelációt. A levéllemez hossza és a kisebb fél levéllemez legnagyobb szélességéhez tartozó magasság (FLB) között lineáris összefüggés sejthető (25. ábra).



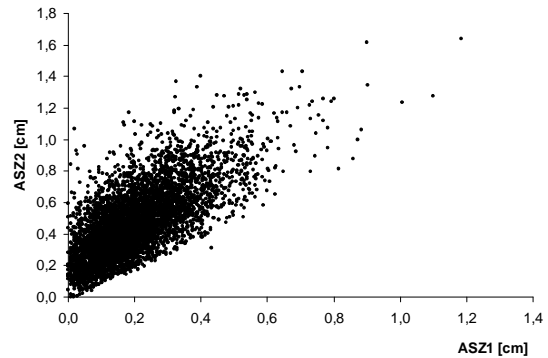
**25. ábra. Összefüggés vizsgálat a levelek lemezének hossza (AH) és a nagyobb (FLA) (bal) kisebb fél levéllemez szélessége (FLB) (bal) között (n = 5252)**

Közepesen erős korreláció mutatható ki a fél levéllemezhez tartozó szélességértékek (FLA és FLB:  $r_s = 0,677$ ;  $p < 0,001$ ), valamint hosszúsági értékek (FHA és FHB:  $r_s = 0,735$ ;  $p < 0,001$ ) között. Mely érthető, hiszen a két fél levéllemez együtt határozza meg a levél alakját és várhatóan az összetartozó párok ugyanolyan alakú levelet formáznak – nehezen elképzelhető, hogy az egyik fél tojásdad, míg a másik visszás tojásdad alakú –, és az egyik növekedése magával hozza a másik növekedését is. (26. ábra).

Közepesen erős kapcsolat ( $r_s = 0,70$ ;  $p < 0,001$ ) mutatható ki az aszimmetria (ASZ1) és a fülesség (ASZ2) között. Azonban, ha ábrázoljuk a derékszögű koordinátarendszerben a két változót, több dolog feltűnik (27. ábra). Egyrészt jól látható, hogy a nagyobb aszimmetria értékekhez nagyobb fülesség tartozik általában. De ugyanakkor már a legalacsonyabb értékek esetében is nagy a szórás, vagyis ugyanahhoz az aszimmetria értékhez több fülességi érték is tartozhat, de a fülesség értéke mindig legalább annyi, mint az aszimmetriáé. Ezért viszonylag erős korrelációt mutat a módszer. Ennek oka a mérés technikájából adódik: az aszimmetria a kisebb és a nagyobb fél levéllemez középérral való találkozásának távolságát méri, míg a fülesség a kisebb levéllemez és főér találkozásától a nagyobb levéllemez legalsó pontjáig mér. A két érték akkor egyenlő, ha a levélváll egyenes, levágott, közel vagy teljesen szimmetrikus, vagyis egyáltalán nem „füles”.



**26. ábra.** Összefüggés elemzés a levelek féllemezeinek legnagyobb szélességei között (FLA és FLB) (bal) között (n = 5252)



**27. ábra** Összefüggés az aszimmetria (ASZ1) és a fülesség (ASZ2) között (n = 5252)

Első tekintetre érdekes, hogy jelentős a korreláció a levéllemez hossza (AH) és az egy levélre jutó levéllemez hossz (AH/ÉR) között ( $r_s = 0,74$ ;  $p < 0,001$ ), ami azt jelenti, hogy a hosszabb levéllemez esetén egy levélérhez nagyobb levéllemez-hossz és ezzel párhuzamosan nagyobb levélfelület és térfogat tartozik. Ennek magyarázata az lehet, hogy a nagyobb levelek erőteljesebb, vastagabb, több szállítóelemmel rendelkező ereket fejlesztenek, így ezek nagyobb levélrészt tudnak ellátni tápanyaggal.

Erős korreláció tapasztalható az aszimmetria (ASZ1) és a relatív aszimmetria (ASZ1/AH) között ( $r_s = 0,94$ ;  $p < 0,001$ ). Ami azt jelenti, hogy nagyobb abszolút aszimmetria esetén a relatív aszimmetria is nagyobb. Hasonló mondható el a fülesség (ASZ2) és a relatív fülesség (ASZ2/AH) esetében is ( $r_s = 0,879$ ;  $p < 0,001$ ). Az nyilvánvaló, hogy a kisebb levelek esetében mind az aszimmetriának, mind a fülességnek méretbeli korlátai vannak, így a kisebb levelekhez általában kisebb aszimmetria és fülesség tartozik. a szoros összefüggést azonban nem tudom magyarázni.

Viszonylag gyenge a levéllemez hosszának (AH) az összefüggése a fogak számával, mint azt korábban már megállapítottam, a fogak száma általában nagyobb levélen több, de vannak olyan levelek is, melyeken egyáltalán nincs, vagy nagyon kevés a másodlagos fog. Kis összefüggés tapasztalható a levéllemez mérete (AH), illetve a fogak hossz és szélesség méretei között (FH, FSZ). Megállapítható, hogy a levélnyél hossza (NYH) és az aszimmetria (ASZ1), valamint a fülesség (ASZ2) és az erek száma (ÉR) más mért tulajdonságokkal nem vagy alig függ össze, ezért jól alkalmazhatók differenciális bélyegként.

### 4.3 Többváltozós adatelemzés az *U. minor* hazai adathalmazán

#### 4.3.1 Főkomponens analízis

##### Egyed szintű főkomponens analízis

Az egyes egyedek átlagos értékeit tartalmazó adatmátrixon három főkomponens analízist végeztem el. A mért adatok alapján, a származtatott adatok alapján, valamint a hagyományosan alkalmazott változók alapján is csoportosítottam a leveleket.

##### Eredmények a mért adatok alapján

Az első hat tengely leírja a változatosság mintegy 90%-át (11. táblázat). Az első tengely felel a változatosság több mint 40%-áért, a 4-6 tengelyek már alig több mint 5%-nyi változatosságot képviselnek.

11. táblázat. Az egyes főkomponensek által leírt változatosság aránya és annak kumulálódása mezei szilerekre, a mért adatok alapján

	egyedi %	kumulatív %
<b>PC 1</b>	42,55	42,55
<b>PC 2</b>	18,44	61,00
<b>PC 3</b>	11,17	72,17
<b>PC 4</b>	6,04	78,21
<b>PC 5</b>	5,64	83,86
<b>PC 6</b>	5,40	89,27

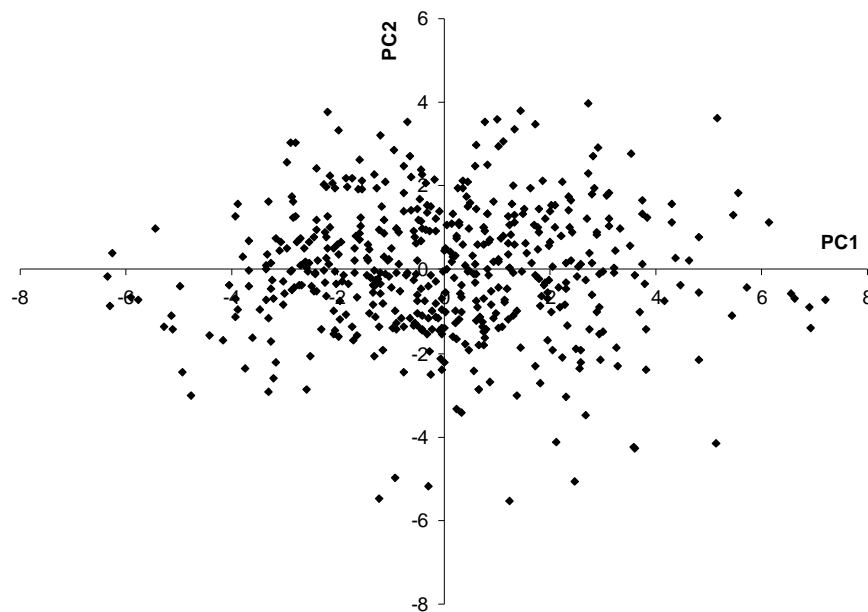
Az egyes változók a tengelyek kialakításában eltérő értékkel vesznek részt. Az *első tengely*, mely leírja a változatosság majd felét, erősen korrelál a levéllemezek nagyságával (AH), valamint ehhez kapcsolatosan az alaki tényezőkkel (FLA, FHA, FLB, FHB), és az elsődleges fogak hosszával (FH), szélességével (FSZ) (12. táblázat). A *második főkomponens* elsősorban az aszimmetria (ASZ1), a nyélhossz (NYH), a fülesség (ASZ2) és az erek száma (ÉR) alapján rendezi a leveleket. A *harmadik főkomponens* kialakításában már nem szerepelnek olyan erősen az egyes tulajdonságok, a nagyobb fél levéllemezekhez tartozó magasság (FHA) ami jelentősebb (vagyis a levél alakja a fontos), valamint a fülesség (ASZ2), kisebb mértékben az aszimmetria (ASZ1), fogméretek (FM, FSZ, FH).

12. táblázat. A főkomponensek és a mért tulajdonságok korrelációja mezei szilerekre, a mért adatok alapján (rövidítéseket lásd a szövegben)

	PC 1	PC 2	PC 3
<b>AH</b>	0,907	0,094	0,306
<b>FLA</b>	0,869	0,148	-0,044

<b>FHA</b>	0,782	-0,148	0,528
<b>FLB</b>	0,775	-0,011	0,122
<b>FHB</b>	0,859	0,052	0,352
<b>ASZ1</b>	0,343	0,679	-0,326
<b>NYH</b>	0,339	0,518	-0,056
<b>ASZ2</b>	0,332	0,667	-0,568
<b>ÉR</b>	0,143	0,641	0,359
<b>FDB</b>	0,482	0,256	-0,192
<b>FH</b>	0,738	-0,477	-0,331
<b>FSZ</b>	0,727	-0,479	-0,334
<b>FM</b>	0,578	-0,484	-0,348

A tulajdonságok közötti kapcsolatokat mutatja meg a korrelációs mátrix. A táblázat értékei a levelekből képzett korrelációs mátrix értékeihez hasonlóak, de attól kissé különböznek, hiszen itt a fákra jellemző átlagértékek alapján történt a számítás. Jól látható, hogy a levéllemez hossza (AH) és az alaki tulajdonságok, szélesség között (FLA, FLB, FHA, FHB) itt is erős, pozitív korrelációt lehet kimutatni.



**28. ábra.** A főkomponens analízis mezei szil egyedekre mezei szilekre, a mért adatok alapján (n = 502)

Ha ábrázoljuk a mezei szilen egyedet a főkomponensek mentén (28. ábra), akkor nem keletkeznek olyan sűrűsödési pontok, melyek alapján fajon belüli csoportokat rajzolhatnánk és így taxonokat különíthetnénk el. Az egyedek nagyobb része egy sűrűbb pontthalmazban az origó körül helyezkedik el, amin kívül egy lazább pontfelhő helyezkedik el, de egyértelmű csoportok nem alakulnak ki.



### *Eredmények a származtatott adatok alapján*

Az eredmények hasonlóan alakulnak ebben az esetben is. Megvizsgálva a származtatott tulajdonságok közötti összefüggéseket, szoros kapcsolat sehol sem található. Az első hat főkomponens magyarázza a változatosság 86%-át (13. táblázat), ugyanakkor az első tengelyek között a változatosság jobban megoszlik, az egyes tengelyek önmagukban kevesebb változatosságot írnak le.

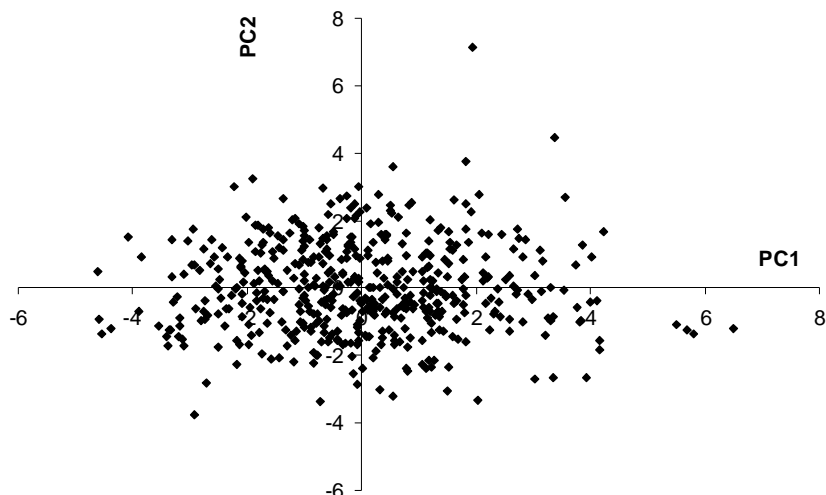
**13. táblázat. Az egyes főkomponensek által leírt változatosság aránya és annak kumulálódása mezei szílekre, a származtatott adatok alapján**

	<b>egyedi</b>	<b>kumulatív %</b>
<b>PC 1</b>	31,16	31,16
<b>PC 2</b>	16,78	47,95
<b>PC 3</b>	14,66	62,60
<b>PC 4</b>	8,98	71,58
<b>PC 5</b>	7,87	79,45
<b>PC 6</b>	6,82	86,27

Az *első főkomponens* a relatív fülesség negatív értékével (ASZ2/AH), az abszolút hosszal (AH), az egy érre jutó levélhosszal (AH/ÉR), a relatív fülességgel (ASZ2/AH) korrelál. A *második tengely* kialakításában a relatív fülesség (ASZ2/AH) értéke vesz részt. A *harmadik főkomponens* pedig a relatív aszimmetriától (ASZ1/AH), valamint az aszimmetria-fülesség arányától függ össze a legnagyobb mértékben (14. táblázat).

**14. táblázat. A főkomponensek és a származtatott adatok korrelációja mezei szílekre, a származtatott adatok alapján (az egyes tengelyeket jelentősen befolyásoló tulajdonságok vastagon kiemelve)**

	<b>PC 1</b>	<b>PC 2</b>	<b>PC 3</b>
<b>AH</b>	<b>0,742</b>	-0,184	0,361
<b>FH</b>	<b>0,733</b>	-0,534	-0,002
<b>FM</b>	0,586	-0,555	-0,207
<b>AH/(FLA+FLB)</b>	0,402	0,443	0,353
<b>AH/ÉR</b>	<b>0,809</b>	-0,248	0,137
<b>AH/NYH</b>	0,570	0,066	-0,080
<b>(FHA+FHB)/2AH</b>	0,532	0,444	0,079
<b>ASZ1/AH</b>	-0,382	-0,272	<b>0,817</b>
<b>ASZ2/AH</b>	<b>-0,612</b>	<b>-0,616</b>	0,349
<b>ASZ1/ASZ2</b>	0,211	0,419	<b>0,688</b>
<b>2AH/FDB</b>	0,092	0,359	-0,147



29. ábra. Mezei szil egyedek ábrázolása főkomponensek mentén, származtatott adatokból képzett főkomponenseken mezei szilekre, a származtatott adatok alapján (n = 502)

A mezei szil egyedek csoportosulása ebben az esetben sem tapasztalható, homogén pontfelhőt alkot, melyből csak néhány egyed adatai lógnak ki kisebb-nagyobb mértékben (29. ábra).

*Eredmények a „hagyományosan” felhasznált adatok alapján*

A Richens által hagyományosan felhasznált adatok alapján (lásd 51. oldal) is főkomponens analízis végeztem a mezei szilek halmazán. Az első öt tengely felel a változatosság mintegy 90%-áért, a tengelyek közül az első három nagyon kiegyenlített értékeket képviselnek (15. táblázat).

15. táblázat. Az egyes főkomponensek által leírt változatosság aránya és annak kumulálódása mezei szilekre, a hagyományos adatok alapján

	<b>egyedi %</b>	<b>kumulatív %</b>
<b>PC 1</b>	35,63	35,63
<b>PC 2</b>	18,27	53,91
<b>PC 3</b>	17,56	71,47
<b>PC 4</b>	10,20	81,67
<b>PC 5</b>	9,968	91,64
<b>PC 6</b>	5,245	96,89

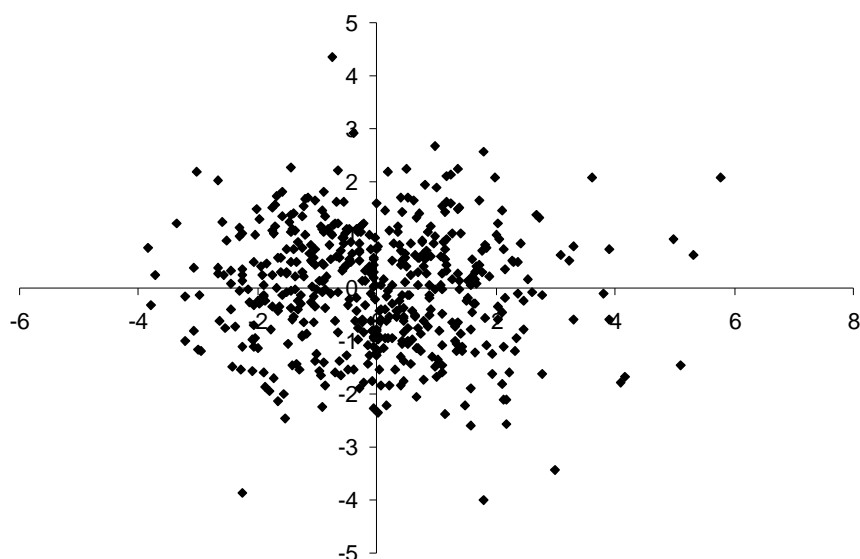
A komponenseket tekintve látható, hogy az *első főkomponens* a levéllemez hosszával, az elsődleges fogak hosszával és mélységével korrelál legnagyobb mértékben, vagyis elsősorban ezek határozzák meg. A *második főkomponens* esetében a másodlagos fogak száma, valamint a relatív aszimmetria járul hozzá leginkább a megszervezéséhez, mindkettő negatív korrelációt mutat. A *harmadik főkomponens* esetében a hossz-szélesség

arány korrelációja a főkomponenssel kiemelkedő a többi értékhez képest, vagyis a levélalak szerint rendezi a leveleket (16. táblázat).

**16. táblázat. A főkomponensek és a származtatott adatok korrelációja mezei szilekre, a hagyományos adatok alapján (rövidítéseket lásd a szövegben, az erős korreláció kiemelve)**

	PC 1	PC 2	PC 3
<b>AH</b>	<b>0,768</b>	-0,002	0,434
<b>FDB</b>	0,422	<b>-0,635</b>	0,201
<b>FH</b>	<b>0,867</b>	-0,132	-0,171
<b>FM</b>	<b>0,764</b>	-0,146	-0,461
<b>AH/(ASZ1+ASZ2)</b>	0,259	0,454	<b>0,752</b>
<b>AH/NYH</b>	0,532	0,460	-0,040
<b>ASZ1/AH</b>	-0,207	<b>-0,648</b>	0,439

Az első két főkomponens mentén ábrázolva a faegyedeket, hasonló képet kapunk, mint az előző két esetben, az egyedek többsége az origó körül, egy tömöttebb pontfelhőben helyezkednek el, míg ekörül a felhő körül egy jóval kevesebb pontból álló, ritkább felhő található. Csoportosulás azonban ebben az esetben sem látható (30. ábra).



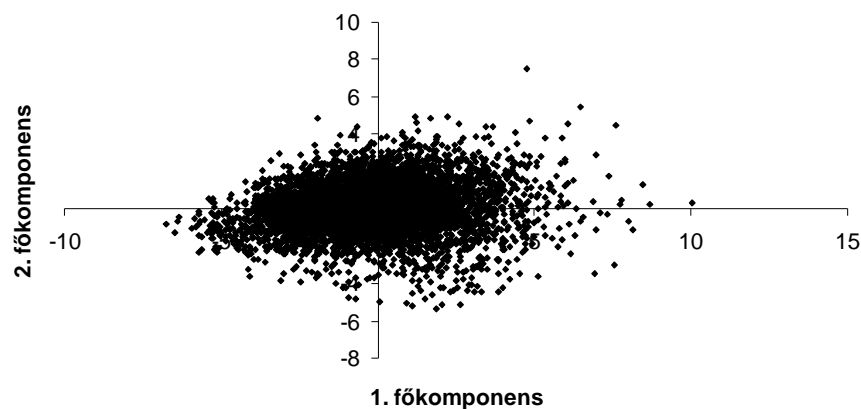
**30. ábra. Mezei szil egyedek ábrázolása főkomponensek mentén, a hagyományosan felhasznált adatokból képzett főkomponenseken (n = 502)**

#### *Főkomponens analízis a levelek szintjén*

A főkomponens analízist a levelek szintjén is elvégeztem a hagyományos adatok alapján. Ebben az esetben a korrelációs mátrix megegyezik a korrelációkkal foglalkozó fejezetben találhatóval. Az első öt főkomponens leírja a változatosság 83%-át (rendre: 46,27%, 15,42%, 10,29%, 6,16%, 5,15%). Az egyedszintű elemzéshez hasonlóan az *első főkomponens* elsősorban a levélmérettel összefüggő paraméterekkel korrelál (AH: 0,916,

FLA: 0,867, FHA: 0,755, FLB: 0,794, FHB: 0,843), valamint kisebb mértékben a fogméretekkel (FH: 0,772, FSZ: 0,761, FM: 0,626) és a fogszámmal (FM: 0,649). A *második tengely* esetében ilyen erős korrelációt már nem találunk. Ez a főkomponens leginkább az aszimmetriával (ASZ1: 0,627), a nyélhosszal (NYH: 0,507), az erek számával (ÉR: 0,564) és a fülességgel (ASZ2: 0,645) korrelál.

Ábrázolva a pontokat az első két főkomponens mentén, az origó körüli sűrű pontfelhőt kapunk, mely az origótól távolodva kevésbé sűrűvé válik. Elkülönülő pontcsoportokat, sűrűsödéseket nem lehet tapasztalni a pontfelhőben (31. ábra).



**31. ábra.** Mezei szil levelek ábrázolása az első két főkomponens mentén mezei szilekre, a hagyományos adatok alapján (n = 5252)

### *Összefoglalás*

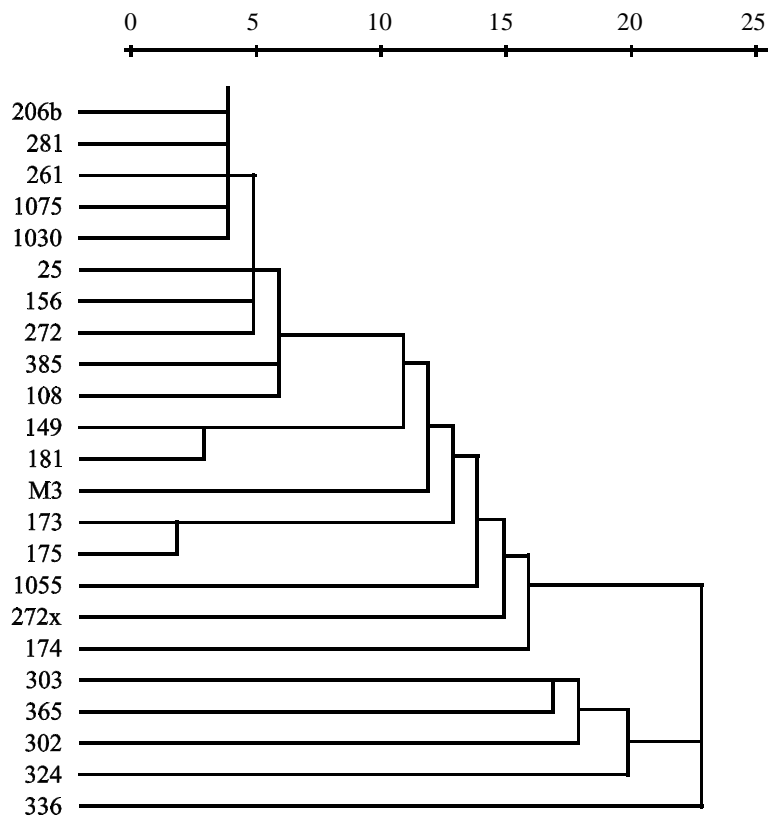
A főkomponens analízis jól **jellemzi** a mezei szil faegyedek, vagy akár a levelek **változatosságát** mind a mért adatok, mind a származtatott mennyiségek esetében. Mindhárom elemzés esetében a pontok hasonlóan rendeződnek, vagyis a központban, az origó körül rendeződik a faegyedek többsége, és attól távolodva egyre kevesebb egyed található. Ebben a vizsgálati mintában azonban nem mutatkoztak olyan pontcsoportok, melyeknek rendszertani kategóriák felelnek meg.

Bár a vizsgálat jól leírja a levelek változatosságát, jól elkülöníthető csoportok nem azonosíthatók.

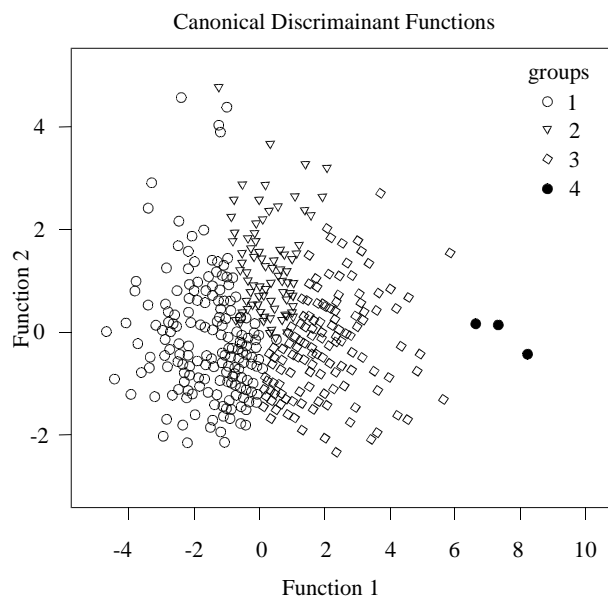
#### *4.3.2 Klaszter analízis mezei szilekre*

A klaszter analízis eredményeként különböző tulajdonságok figyelembevételével létrejött dendrogramokat megfigyelve azt tapasztalhatjuk, hogy mind a négy esetben (mért adatok, származtatott adatok és hagyományos adatok alapján történt elemzés) az egyedek

legnagyobb része, több mint 90%-a csak nagyon alacsony szinten válik el egymástól, mindössze 20-30 egyed esetében tapasztalható magasabb szinten elkülönülés (5% feletti), vagyis nagyobb távolság az egyedek között (32. ábra; terjedelmi okok miatt csak az ábra jellemző részletét közlöm, a teljes dendrogram a 8. mellékletben látható). Ha megfigyeljük az elkülönülő egyedeket, akkor azt tapasztaljuk, hogy a mért adatok segítségével képzett dendrogram esetében találjuk a legtöbb elkülönülő egyedet, a származtatott adatok esetében a legkevesebbet, ami annak köszönhető, hogy a származtatott adatok kisebb abszolút értékeket képviselnek és kisebb a szórásuk is.



**32. ábra. Mezei szil faegyedeket ábrázoló dendrogram részlete (euklideszi távolság számításával, hagyományos adatok alapján, centroid számítással képzett dendrogram, n = 502)**



**33. ábra. Diszkriminancia analízis eredménye a hagyományosan adatok alapján képzett klaszteranalízisre. 1-4: klasztercsoportok**

A dendrogramok alkotta csoportok alátámasztására diszkriminancia analízist végeztem (33. ábra), de ezek a vizsgálatok csak nagyon gyengén támasztották alá a kialakult csoportokat. Ha ábrázoljuk a diszkriminancia tengelyek mentén az egyedeket, akkor azt láthatjuk, hogy egy csomóban helyezkednek el, csak néhány egyed az, amely kívül helyezkedik el ezen a csoporton és a képzett osztályok csak a véletlen alapján alakultak ki, és csak annak a néhány egyednek a különállása, külön csoportba tartozása igazolható valamelyest.

Megvizsgáltam, hogy a különböző osztályozások során melyek azok az egyedek, melyek ezekbe a különálló csoportokba kerültek. Azt tapasztaltam, hogy nagyszámú egyezés található a dendrogramok között, hat egyed mindhárom dendrogram kiemelt részén szerepel, további 22 pedig a háromból két dendrogramon. Ezek szerint az osztályozások, bár különböző paraméterek alapján történtek néhány olyan egyednek jelöltek ki, melyek különböznek a többitől.

Ennek oka az lehet, hogy a gyűjtés során nem vizsgáltam azt, hogy az adott egyed levele mennyire „tipikus” a mezei szilek között, így olyan leveket is gyűjtöttem, melyeknek egy-egy vagy több tulajdonsága az átlagostól jelentősen eltér. Ennek következtében aztán ezek az egyedek a többitől nagyobb távolságra helyezkednek el a többitől.

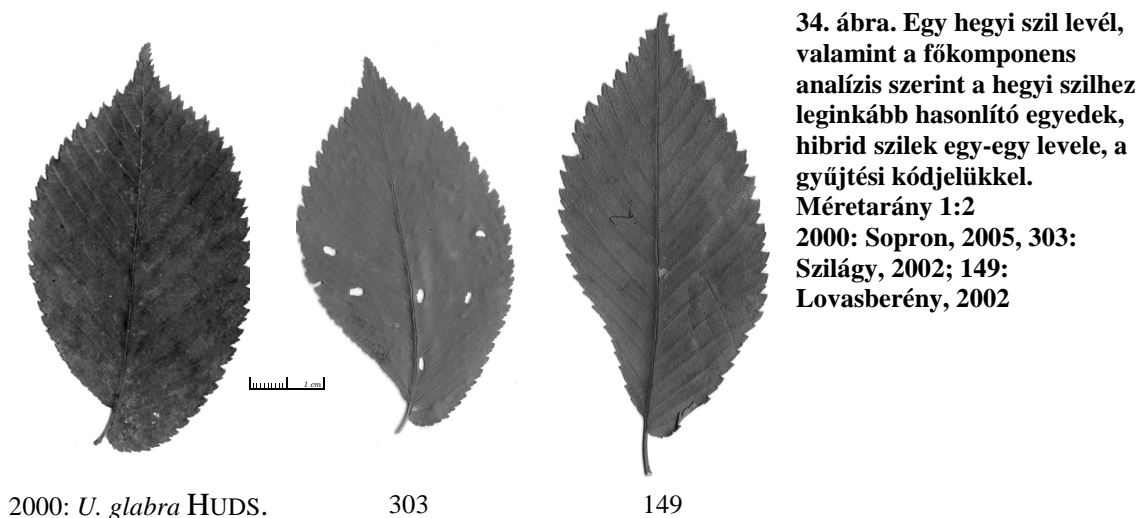
### Összefoglalás és következtetések

A klaszter analízis a főkomponens elemzéshez hasonló eredményre vezetett, vagyis az egyedek nagy része egymástól csak nagyon kis mértékben különbözik egymástól, csak nagyon alacsony szinten válnak el a dendrogramon. Van néhány olyan egyed, melyek azonban minden elemzés során elkülönülnek a többitől. Ennek oka, hogy egy vagy több tulajdonságban lényegesen elkülönülnek a nagy átlagtól, illetve az esetek egy részében valószínűsíthető a hibridek megjelenése a csoportban.

Az egyedeknek extrém értékei egyes vagy több változó esetében többféleképpen magyarázhatók. Egyrészt előfordulhatnak olyan esetek, amik mérési hibaként (konkrét mérési hibaként, vagy gépelési hibaként) jöttek létre. Másrészt elképzelhetők olyan egyedek, melyeknek a genetikai állományuk miatt az átlagostól eltérő paraméterekkel rendelkező leveleik nőnek. De ezek az elválások nem komoly, nagy mértékűek, legfeljebb változat, vagy forma szinten értékelhetők, ami nem volt célt a vizsgálatok során. Ráadásul csak nagyon kicsi számban fordulnak elő a mintámban. Az éghajlati tényezők hatására létrejött extrém levelek kialakulását átültetési kísérletekkel lehetne jól kiszűrni, melyhez dugványt vagy gyökérsarjat kellene használni, a genetikai állomány teljes azonosságának biztosítása érdekében.

A harmadik lehetőség az, ami már korábban is felvetődött, hogy ezek az egyedek – vagy legalábbis egy részük – hibridek, még hozzá a mezei szil (*U. minor* MILL.) és a hegyi szil (*U. glabra* HUDS.) közötti átmeneti alakok, melyek éppen azért, mert a hegyi szil genetikai állományát is hordozzák, az átlagos mezei sziltől eltérő levelekkel rendelkeznek.

Kikerestem azokat az egyedeket melyek mindhárom klaszteranalízisben előfordultak és a következő ábrán bemutatom néhány minta levelét, összehasonlítva egy hegyi szil levéllel (34. ábra).



Jól látható, hogy sok tulajdonságokban hasonlítanak ezek a levelek, pl. a levélméretben, vagy az aszimmetriában, a hegyi szilekhez, míg más tulajdonságuk, pl. a levélnyél hossza különbözik attól. Hangsúlyozni szeretném azonban, hogy ezen egyedek hibrid voltát teljes bizonyossággal genetikai vizsgálatokkal lehetne biztosan igazolni.

Felvetődhet a kérdés, hogy miért nem jelennek meg az angliai elemzésekhez (JEFFERS 1996) hasonló csoportok a hazai mezei szilek elemzésekor és miért viselkednek ennyire egységesen. A nyugat-európai, elsősorban az angliai mezei szil esetében írták le azt, hogy ott nagy a vegetatív szaporodás súlya, sőt egyes helyzetekben kizárólagos (HENRY 1910; CHRISTY 1922; RICHENS 1975, RICHENS, PEARCE 1984). Ennek oka lehet az, hogy a faj itt az elterjedési területének peremén helyezkedik el. Ehhez valószínűleg az emberi terjesztés is nagymértékben hozzájárult és az sem kizárt, hogy a mezei szil az ember telepítette be a Brit-szigetekre (RICHENS 1983). Ennek következtében egy-egy kisebb területen, grófságban jellegzetesen egy vagy néhány féle, vagy nagyon hasonló levél-tulajdonságokkal rendelkező mezei szil fák találhatók. Ezzel ellentétben Magyarország a mezei szil elterjedési területének központjában található, széles társulásspektrumon előfordul, ami a vitalitását is bizonyítja. A vegetatív szaporodással ellentétben a generatív, magokkal történő szaporodás kerül előtérbe (természetesen van sarjakkal történő szaporodás hazánkban is). Megfigyelhető, hogy a mezei szilek évente nagy mennyiségű termést hoznak. Mivel a szilek szél porozta növények, a megporzó pollen messziről, több km távolságból (akár messzebről is) érkezik, így a genetikai állomány folyamatos keveredésben, újrendeződésben van, aminek következtében az egyes tulajdonságokat leíró paraméterek a szélsőértékek között kontinuumot alkotnak. Természetesen előfordulnak ennek következtében olyan egyedek, melyek valamilyen szempontból extrém, az átlagostól nagyon eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek, illetve ennek következtében előfordulhatnak hibrid egyedek.

#### **4.4 Szórtípusok vizsgálata a mezei szil egyedek levelein**

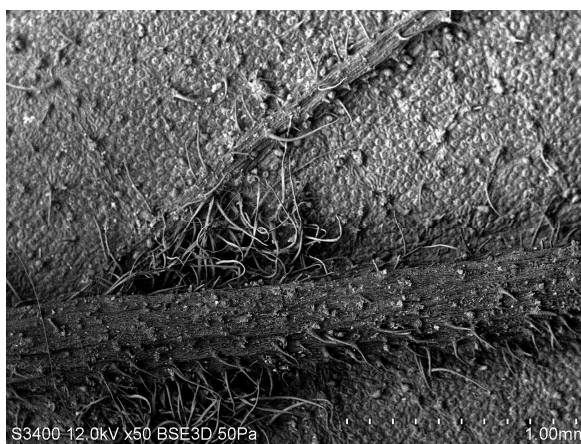
A gyűjtött faegyedek közül 399 fa esetében vizsgáltam, hogy milyen szórtípusok találhatók a leveleken. Megállapítottam, hogy a vörös mirigyszőrök, valamint az érzugokban található, többé-kevésbé göndör fedőszőrök minden egyed esetében megtalálhatók voltak (35-36. ábra). Ezek a tulajdonságok a mezei szil, mint faj azonosításában is segíthetnek. A mennyiségük azonban az egyedek között nagyon változó, egyes egyedek levelein alig



néhány mirigyszőr van, míg máskor olyan sűrűen állnak, hogy az erek melletti területek vöröses árnyalatot kapnak. Az *Ulmus minor* subsp. *canescens* esetében elkülönítő bélyeg a vörös mirigyek hiánya (WILLNER 1998), de a mintában nem találtam olyan egyedet, melyről ez hiányzik, vagyis a mintában nem fordul elő ez az alfaj. Mivel nagy mintán vizsgáltam ezt a tulajdonságot, feltételezhető, hogy Magyarországon nincs ez az alfaj.



35. ábra. Összeaszalódott mirigyszőrök mezei szil fonákon



36. ábra. Levélhóaljban található fedőszőrök

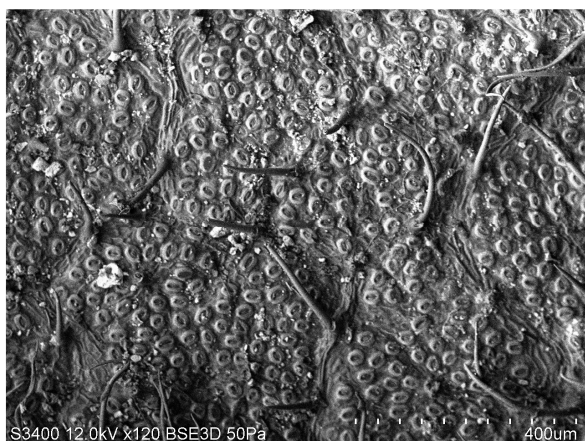
Hasonló mondható el az érzugok szőreiről, a legtöbb esetben a szőrborítás néhány tíz négyzetmilliméteres kiterjedésű, máskor a levéllemez harmadáig is terjedhet, avagy éppen alig észrevehető.

Mivel minden egyeden megtalálhatók ezek a szőrtípusok, a későbbiekben ezeket nem vettem figyelembe, mert semmilyen plusz információt nem adnak a levelek csoportosításához. A továbbiakban megfigyeltem, hogy a különböző vizsgált szőrtípusok hol fordulnak elő az egyes faegyedek levelein, ezek alapján csoportosítottam a fákat, osztályokat felállítva (17. táblázat). Megállapítható, hogy a vizsgált egyedek mintegy felénél nem találhatók szőrök, vagy csak néhány szál található az egész levélen (183 db).

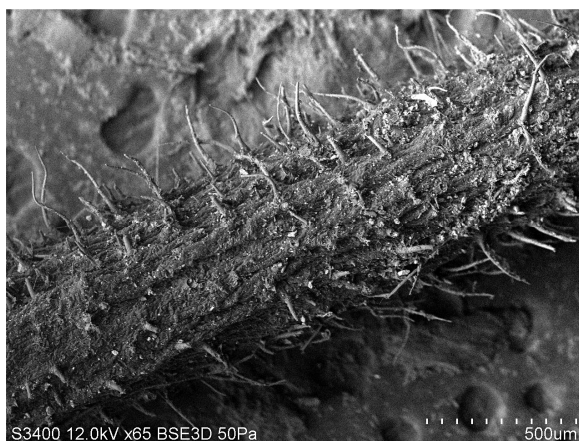
17. táblázat. Szőrtípusok alapján felállított osztályok, illetve az abba tartozó egyedszám

Osztály	[db]
szőr nélküli	183
serte és fedőszőr a fonákon szórva	29
fedőszőr a levélnyélen	51
fedőszőr az elsődleges fogaknál	1
szőrök a fonákon és levélnyélen	92
szőrök a levélnyélen és a fogaknál	5
szőrök a fonákon és fogaknál	1
szőrök a fonákon, a nyélen és a fogaknál	37

Viszonylag kevés olyan levelet találtam, melynek csak a fonákon elszórva (37. ábra) (29 db) illetve csak a levélnyelén (38. ábra) található fedőszőr (51 db). Ha a fonákon megtalálható a fedőszőr, akkor az többé-kevésbé a levelek csúcsa felé orientált, gyakran kissé merev, serteszőr-szerű, ezért ilyen esetben a levélfonák a fogaktól az alap, illetve a főér felé simítva kissé érdes. A levélnyelén változó mennyiségű szőr található, sokszor egészen sűrűn állnak a szőrök, ilyenkor szinte gyapjas, puha tapintású is lehet a levélnyel. Érdekes azonban, hogy a legtöbb esetben a két szőrtípus együtt fordul elő.



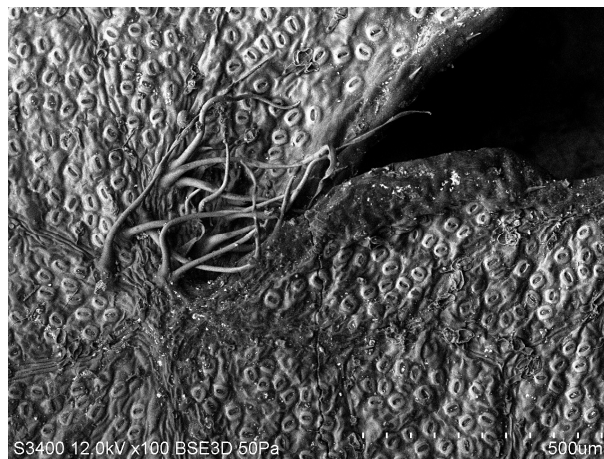
**37. ábra. Elszórt fedőszőrök a levélfonákon**



**38. ábra. Fedőszőrök a levélnyelén**

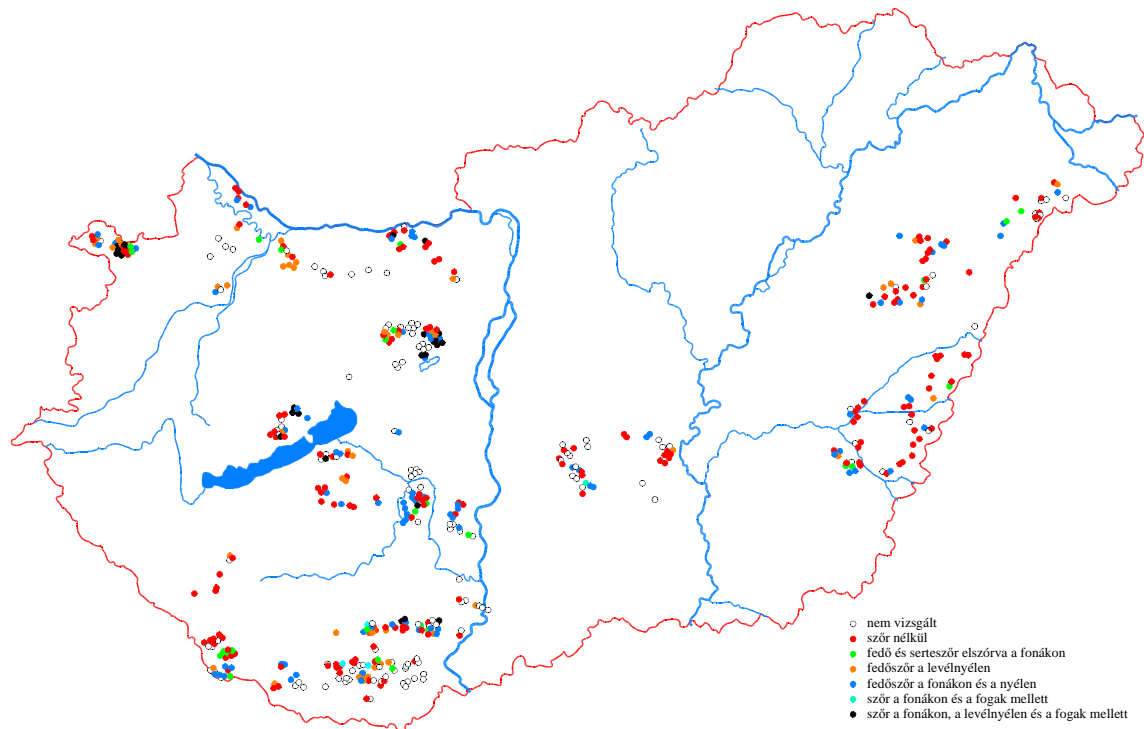
A harmadik szőrtípus az elsődleges fogak találkozásánál fordul elő, kis csomókban (39. ábra). Egy olyan levelet találtam, ahol csak ez a szőrtípus magában fordul elő. Mindössze négy egyednél találtam olyat, ahol csak a levélnyel szőreivel együtt található meg és a vizsgált egyedek tizedénél állt elő olyan eset, hogy mindhárom szőrtípus egyszerre jelenik meg a levélen.

Megvizsgáltam, hogy az egyes osztályoknak elterjedésének van-e valamilyen földrajzi reprezentációja, összefügg-e egy-egy osztály valamilyen területtel, esetleg éghajlati tényezőkkel.



**39. ábra. Fedőszőrök az elsődleges fogak találkozásánál**

Ennek érdekében a vizsgált egyedeket ábrázoltam a gyűjtési térképen, külön színekkel ábrázolva az egyes osztályokat (39. ábra).



40. ábra. Szórtípus osztályok ábrázolása térképen

Ha megvizsgáljuk az egyes osztályok elterjedését, akkor nem található olyan mintázat, ami arra utalna, hogy valamely szórtípus valamilyen területen fordulna elő. Teljesen csupasz levelű egyedek mellett szőrös levelű egyedek is előfordulnak; egymáshoz közeli, néhány kilométeren belül elhelyezkedő egyedek nagyon különböző szórtípusokkal rendelkeznek, gyakran szinte az összes osztály előfordul egy vagy néhány közeli földrajzi lokalitáson. Hangsúlyozni kell, hogy ez a vizsgálat a rövidhajtások leveleire vonatkozik, a hosszúhajtások és a sarjak rendszerint durván szőrös levelekkel rendelkeznek (MOSS 1912).

Olyan egyedeket azonban, melyek mind a fonákon, mind a levél színén durván szőrösek és a levélnyelek is nagyon szőrösek, ezáltal egyértelműen angol szilként (*U. minor* var. *vulgaris* = *U. procera*) azonosíthatók, nem találtam. Olyan egyedek, melyeknek a levélszínén előfordulnak szőrök, léteznek Magyarországon is, de ezek az egyedek az egyéb kritériumoknak nem felelnek meg, miszerint a leveleknek kerekdednek, vagy közel kerekdednek, illetve a rügyeknek és az egyéves hajtásoknak is maradónan szőrösnek kell lenni (JOBLING, MITCHELL 1974; HANSON 1990; MACKENTHUN 2005).

Valószínű az, hogy a térségünkben – Romániából (BELDIE 1952), Magyarországról (SIMON 1992), Ausztriából (TRAXLER 1977) – jelzett angol szil téves adat, mint ahogy azt WILLNER (1998) is gondolja, és a taxon előfordulása csak Nyugat-Európára korlátozódik

(RICHENS 1983; STACE 1997). Ennek oka több lehet. Egyrészt a határozások többségénél csak a szőrözöttséget veszik figyelembe és a levélalakot rendszerint nem (41. ábra).



41. ábra. Tipikus angol szil levél alakok HANSON (1990) szerint. Méretarány 2:3

Másrészt – a herbáriumi vizsgálataim alapján is – úgy tűnik, hogy a határozások során sokszor nem rövidhajtásokat vizsgálnak, hanem hosszúhajtásokat, illetve gyakran sarjakat. Ezek a levelek pedig gyakran erőteljesen szőrösek, serteszőrösek, ezért érdekesek, gyakran az alakjuk hasonlóan kerekded, mint az angol szileké, de általában kisebb aszimmetria jellemző rájuk. Ugyancsak előfordulhatnak abból tévedések, ha hibrideket vizsgálnak, mert a hegyi szil szülőtől a hibrid utódok gyakran érdes levélfelszínt örökölnek, igaz a levélalak ilyenkor is áruklódó lenne.

Ezek alapján véleményem szerint nem fordul elő az angol szil Magyarországon, de hasonló alakú levelekkel, illetve szőrözöttséggel rendelkező egyedek megjelenhetnek, ezek azonban csak a véletlen génkombináció miatt alakulnak ki.

#### 4.5 esettanulmány a hibrid szil kimutatására

Ezt a vizsgálatsort egy esettanulmánynak szántam, melynek során megkíséreltem kimutatni egy vélt csoportból a mezei s a hegyi szil hibridjét. Mivel a határozók sokszor homályos utalásokat adnak a hibridek tulajdonságaira, ott, ahol a hibrid jelenléte feltételezhető, egy lokális mintán végeztem vizsgálatokat.

##### 4.5.1 Főkomponens analízis

A főkomponens elemzést elvégeztem a teljes mezei szil adathalmazhoz hasonlóan mind a mért adatok alapján, mind a származtatott, valamint a hagyományosan felhasznált adatok alapján a Sopron környékéről gyűjtött mezei és hegyi szil leveleken.

### Elemzés a mért adatok alapján

A főkomponensek számításához új, a mezei szilek és a hegyi szilek leveleinek adataira támaszkodó korrelációs mátrixot számítottam (18. táblázat). Feltűnő, hogy sok esetben tapasztaltam erős korrelációt a különböző mért paraméterek között. Így erős a korreláció a levéllemez hossza és a fél levéllemezekhez tartozó paraméterek (FHA, FLA, FHB, FHB) között, illetve ezek az értékek egymással is erősen korrelálnak. Ennek oka a hegyi szilek mátrixba vonása lehet, ugyanis ezeknél a leveleknél a levéllemez jóval hosszabb, és ennek következtében a hosszabb levéllemezhez nagyobb szélesség is tartozik.

18. táblázat. Korreláció a mért adatok között, a soproni minta leveleire

	AH	FLA	FHA	FLB	FHB	ASZ1	NYH	ASZ2	ÉR	FDB	FH	FSZ	FM
AH	1,00	<b>0,93</b>	<b>0,94</b>	<b>0,94</b>	<b>0,98</b>	0,30	-0,28	0,55	0,55	<b>0,85</b>	<b>0,87</b>	<b>0,85</b>	<b>0,76</b>
FLA		1,00	<b>0,87</b>	<b>0,84</b>	<b>0,92</b>	0,27	-0,10	0,64	0,52	<b>0,80</b>	<b>0,83</b>	<b>0,79</b>	<b>0,78</b>
FHA				<b>0,90</b>	<b>0,91</b>	0,18	-0,26	0,39	0,45	<b>0,74</b>	<b>0,81</b>	<b>0,82</b>	0,68
FLB				1,00	<b>0,91</b>	0,15	-0,36	0,41	0,43	<b>0,81</b>	<b>0,84</b>	<b>0,83</b>	<b>0,72</b>
FHB					1,00	0,31	-0,23	0,59	0,53	<b>0,88</b>	<b>0,84</b>	<b>0,81</b>	<b>0,75</b>
ASZ1						1,00	0,06	0,68	0,43	0,34	0,18	0,14	0,23
NYH							1,00	0,06	-0,07	-0,32	-0,40	-0,46	-0,27
ASZ2								1,00	0,48	0,64	0,52	0,41	0,58
ÉR									1,00	0,42	0,32	0,30	0,33
FDB										1,00	0,82	0,79	<b>0,70</b>
FH											1,00	0,96	<b>0,89</b>
FSZ												1,00	<b>0,81</b>
FM													1,00

Ezekkel az adatokkal a fogak száma (FDB) is erősen korrelál, ami megint csak a hegyi szilekkel magyarázható, ugyanis erre a fajra a sokkal nagyobb számú másodlagos fog jellemző a nagyobb levelekkel párhuzamosan. Ráadásul a sok másodlagos fog mellett az elsődleges fogak nagyobb méretekkel rendelkeznek, így a korreláció a levéllemez paraméterei és az elsődleges fogak paraméterei között erősödnek. A fentiekén kívül a fogméretek egymás közötti korrelációját láthatjuk, de ezt már korábban is sikerült kimutatnom.

Az első négy tengely (főkomponens) felel a változatosság 90%-áért, az első főtengety egymaga a változatosság kétharmadát leírja, köszönhetően az erős korrelációknak (19. táblázat).

19. táblázat. Az egyes főkomponensek által leírt változatosság aránya és annak kumulálódása a soproni mintában, a mért adatok alapján

	egyedi %	kumulatív %
PC 1	65,6	65,6

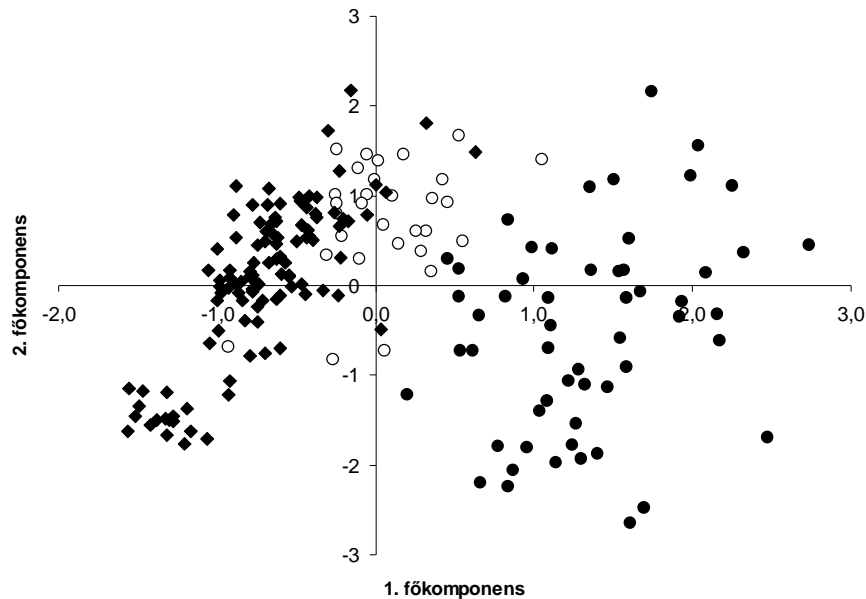
<b>PC 2</b>	13,1	78,6
<b>PC 3</b>	6,63	85,3
<b>PC 4</b>	5,66	90,9

Megvizsgálva a korrelációt a paraméterek és a főkomponensek között, látható, hogy az *első tengellyel* éppen azok a paraméterek korrelálnak leginkább, melyek a mezei szilt és a hegyi szilt jól elválaszthatják egymástól; így a levéllemez dimenzióit leíró paraméterek (AH, FHA, FLA, FLB, FHB), valamint a fogakkal kapcsolatos paraméterek, a másodlagos fogak száma (FDB) és az elsődleges fogak méretei (FH, FSZ, FM). A *második főkomponenssel* leginkább az aszimmetria (ASZ1) korrelál, kisebb mértékben pedig a fülesség (ASZ2). Várhatóan ez a két paraméter inkább a mezei szil leveleket fogja leírni. A harmadik tengely a változatosságnak már csak 6%-át írja le és csak a levélnyél hosszával van erősebb negatív korrelációja (20. táblázat).

**20. táblázat. A főkomponensek és a származtatott adatok korrelációja a soproni mintában, a mért adatok alapján (rövidítéseket lásd a szövegben, kiemelés az erős korrelációt mutatja)**

	<b>PC 1</b>	<b>PC 2</b>	<b>PC 3</b>
<b>AH</b>	<b>0,974</b>	-0,024	-0,098
<b>FLA</b>	<b>0,935</b>	0,083	-0,240
<b>FHA</b>	<b>0,904</b>	-0,147	-0,192
<b>FLB</b>	<b>0,920</b>	-0,200	-0,097
<b>FHB</b>	<b>0,962</b>	0,023	-0,124
<b>ASZ1</b>	0,343	<b>0,768</b>	0,389
<b>NYH</b>	-0,323	0,549	<b>-0,738</b>
<b>ASZ2</b>	0,642	<b>0,629</b>	0,124
<b>ÉR</b>	0,536	0,455	0,073
<b>FDB</b>	<b>0,898</b>	0,029	0,083
<b>FH</b>	<b>0,928</b>	-0,212	0,047
<b>FSZ</b>	<b>0,899</b>	-0,296	0,077
<b>FM</b>	<b>0,847</b>	-0,067	0,030

Ha ábrázoljuk a leveleket az első két főkomponens mentén, akkor egy kompaktabb és egy diffúzabb csoportot lehet megkülönböztetni. A kompaktabb csoport a mezei szileké, mely az origó körül, illetve attól balra helyezkedik el, a diffúzabb, szétszórtabb csoport a hegyi szil leveleké, melyek az origótól jobbra helyezkednek el. Amennyiben külön jelölést alkalmazunk a hegyi szil (telt kör), a mezei szil (négyzet), illetve a hegyi szilek mellett gyűjtött „hibridgyanús” levelekre (üres kör), akkor az elkülönülések még egyértelműbbek lesznek (42. ábra). Az általam hibridnek vélt egyedekről származó levelek beékelődnek a mezei és a hegyi szil levelek közé, ami alátámasztja a sejtést a hibrid jelenlétével kapcsolatban.



**42. ábra. Soproni gyűjtés leveleinek ábrázolása a mért adatok alapján képzett első két főkomponens mentén (n = 192) (telt kör: hegyi szil, üres kör: hibridnek vélt, négyszög: mezei szil)**

#### *Elemzés a származtatott adatok alapján*

Az elemzés az abszolút hossz, az elsődleges fogak hossz és mélységi méretei, valamint az összes származtatott adat alapján történt. Az előzőekben kimutatott korreláció a fogméretek és a levéllemez hossza között itt is megtalálható. Viszonylag erőteljes korreláció mutatható ki az egységnyi érhosszra jutó levéllemez-hossz (AH/ÉR) és a levéllemez hossza (AH), valamint a fogak mérete között (FH, FM). Vagyis minél hosszabb a levéllemez, annál nagyobb levéllemez darab jut egy érre. Mint korábban már leírtam, ennek oka az lehet, hogy a nagyobb levelek erőteljesebb ereket tudnak képezni, így egy ér nagyobb levéldarabot tud ellátni tápanyaggal. A fogakkal való korreláció azért erős, mert a hegyi szilekre jellemző a több fog, melyek ugyanakkor nagyobb levéllemezzel is rendelkeznek. Hasonló ok miatt korrelál a levéllemez hossz és nyél aránya (AH/NYH) a levéllemez hosszal (AH), a fogméretekkel (FH, FM) és az előző hossz-ér aránnyal (AH/ÉR), hiszen a hegyi szilekre a rövid levélnyél, nagy levéllemez, ezzel a nagy AH/NYH arány jellemző (21. táblázat).

Az első 5 főkomponens képviseli a változatosság 92%-át. Ebben az elemzésben az első tengely nem olyan erős, mint az előzőben, de még mindig leírja a változatosság közel 50%-át (48,6%), a második tengely már jóval kevesebbet, mindössze 19,8%-t (22. táblázat).

21. táblázat. Korreláció a származtatott adatokra, a soproni minta esetén

	AH	FH	FM	AH/(FLA+FLB)	AH/ÉR	AH/NYH	(FLA+FLB)/2AH	ASZ1/AH	ASZ2/AH	ASZ1/ASZ2	2AH/FDB
AH	1,00	<b>0,87</b>	<b>0,76</b>	0,63	<b>0,95</b>	<b>0,87</b>	0,55	-0,26	-0,40	-0,07	-0,18
FH		1,00	<b>0,89</b>	0,43	<b>0,88</b>	<b>0,84</b>	0,45	-0,29	-0,27	-0,21	-0,28
FM			1,00	0,39	<b>0,76</b>	<b>0,71</b>	0,40	-0,21	-0,14	-0,20	-0,26
AH/(FLA+FLB)				1,00	0,55	0,53	0,33	0,20	-0,22	0,40	-0,07
AH/ÉR					1,00	<b>0,83</b>	0,55	-0,32	-0,43	-0,13	-0,18
AH/NYH						1,00	0,40	-0,30	-0,43	-0,10	-0,17
(FLA+FLB)/2AH							1,00	-0,09	-0,25	0,07	-0,18
ASZ1/AH								1,00	0,63	<b>0,80</b>	-0,11
ASZ2/AH									1,00	0,10	-0,08
ASZ1/ASZ2										1,00	-0,04
2AH/FDB											1,00

22. táblázat. Az egyes főkomponensek által leírt változatosság aránya és annak kumulálódása a soproni mintában, a származtatott adatok alapján

	egyedi %	kumulatív %
PC 1	48,6	48,6
PC 2	19,4	67,9
PC 3	11	78,9
PC 4	7,42	86,3
PC 5	6,02	92,4

Az *első tengely* létrehozásában a levéllemez hossza, a fogméretek, valamint a levéllemez és az erek száma, valamint a nyélhossz aránya vesz részt, vagyis azok az adatok, melyek leginkább elválaszthatják a hegyi szilt és a mezei szilt. A *második főkomponens* kialakításában a relatív aszimmetria (ASZ1/AH) és az aszimmetria-fülesség aránya (ASZ1/ASZ2) vesz részt, míg a *harmadikban* kisebb korrelációval a relatív fülesség és az egy fogra jutó lemez hossz (2AH/FDB) (23. táblázat).

23. táblázat. A főkomponensek és a származtatott adatok korrelációja a soproni mintában, a származtatott adatok alapján (rövidítéseket lásd a szövegben, kiemelés az erős korrelációt mutatja)

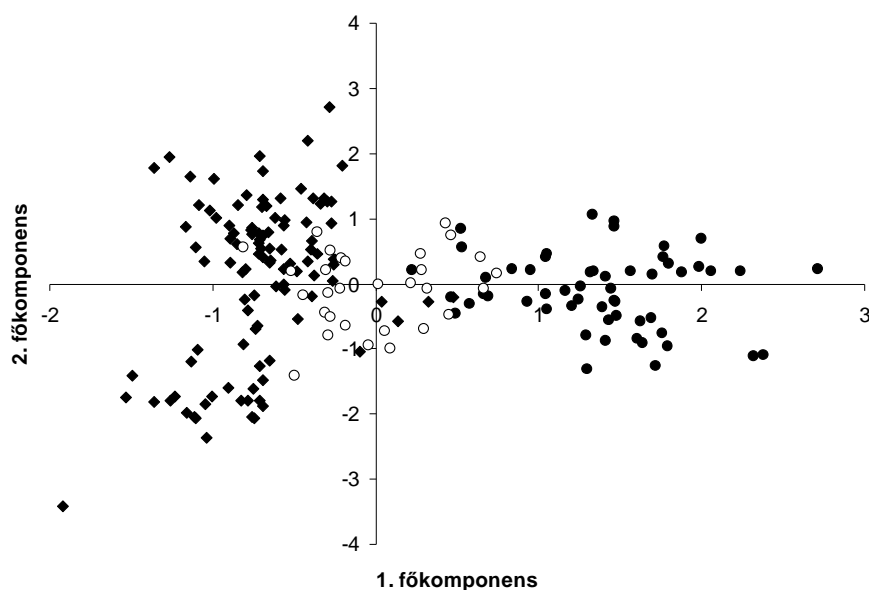
	PC 1	PC 2	PC 3
AH	<b>0,961</b>	0,104	-0,058
FH	<b>0,928</b>	0,001	0,230
FM	<b>0,836</b>	0,037	0,330
AH/(FLA+FLB)	0,579	0,558	-0,344
AH/ÉR	<b>0,957</b>	0,023	-0,036
AH/NYH	<b>0,904</b>	0,021	-0,047
(FLA+FLB)/2AH	0,589	0,185	-0,064
ASZ1/AH	-0,372	<b>0,898</b>	0,110
ASZ2/AH	-0,474	0,386	<b>0,610</b>



<b>ASZ1/ASZ2</b>	-0,165	<b>0,871</b>	-0,333
<b>2AH/FDB</b>	-0,239	-0,239	<b>-0,649</b>

A származtatott adatok alapján képzett főkomponensek az előzőekhez hasonlóan jól elválasztják a mezei szilek csoportját a hegyi szilekétől. Az első két tengely mentén ábrázolva a leveleket, feltűnő, hogy a hegyi szilek jóval kompaktabb csoportot alkotnak ebben az esetben, míg a mezei szilek esetében lényegében ugyanakkora pontfelhőt kapunk. Oka ennek az lehet, hogy a második főteneggellyel leginkább a relatív aszimmetria és az aszimmetria-fülesség arány korrelál, mely paraméterek esetében a hegyi szilek egységesebben viselkednek, mivel általában kicsi aszimmetria és nagy levél jellemző rájuk, vagyis a relatív aszimmetria – a kettő aránya – még kisebb lesz, míg a kicsi aszimmetriával párhuzamosan ugyancsak kicsi a fülesség is. Ezzel ellentétben a mezei szileknél ezek a paraméterek jóval nagyobb változatosságúak.

A hegyi szilekkel egy termőhelyről származó egyedek levelei ebben az esetben is a két csoport közé ékelődnek, vagyis feltételezik egy átmeneti csoport létét, sőt a hegyi szilek közé ékelődnek, vagyis azokhoz nagyon hasonló levelek is előfordulnak (43. ábra).



**43. ábra.** Soproni gyűjtés leveleinek ábrázolása a származtatott adatok alapján képzett első két főkomponens mentén (n = 192) (telt kör: hegyi szil, üres kör: hibridnek vélt, négyszög: mezei szil)

#### *Elemzés a hagyományos adatok alapján*

A válogatott tulajdonságokkal történő elemzés során a korrelációk már ismertek, hiszen azokat számoltam a korábbi elemzések során. Az első három főkomponens már leírja a változatosság 90%-át, az első főkomponens felel a változatosság két harmadáért, leírja a

változatosság jelentős részét, az elemzés hatékonyan redukáltan a tengelyek számát (24. táblázat).

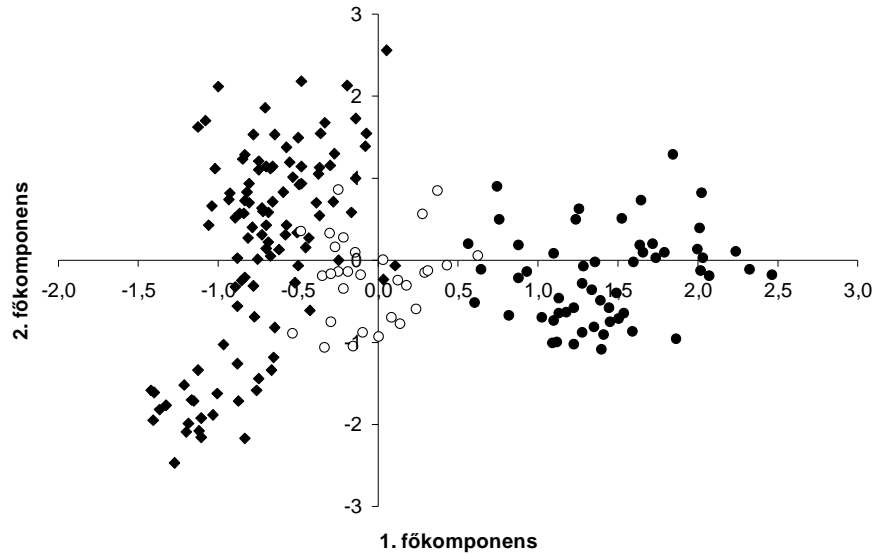
**24. táblázat. Az egyes főkomponensek által leírt változatosság aránya és annak kumulálódása a soproni mintában, a hagyományos adatok alapján**

	<b>egyedi %</b>	<b>kumulatív %</b>
<b>PC 1</b>	66,34	66,34
<b>PC 2</b>	17,06	83,41
<b>PC 3</b>	7,46	90,88

Az *első tengellyel* szinte mindegyik paraméter erős korrelációban van (AH, FDB, FH, FM, AH/(FLA+FLB), AH/NYH), ennek köszönhető, hogy a változatosságnak olyan nagy részét le tudja írni. A második főkomponens a maradék két paraméterrel, a hossz-szélesség aránnyal (AH/(FLA+FLB)) és a relatív aszimmetriával (ASZ1/AH) korrelál erősebben, míg a harmadik tengely esetében már találhatunk ennyire meghatározó tulajdonságot, igaz ez a tengely a változatosságnak csak töredékét, alig több mint 7%-át írja le (25. táblázat).

**25. táblázat. A főkomponensek és a származtatott adatok korrelációja a soproni mintában, a hagyományos adatok alapján**

	<b>PC 1</b>	<b>PC 2</b>	<b>PC 3</b>
<b>AH</b>	<b>0,959</b>	0,048	0,116
<b>FDB</b>	<b>0,893</b>	0,012	-0,124
<b>FH</b>	<b>0,945</b>	-0,103	-0,190
<b>FM</b>	<b>0,863</b>	-0,067	-0,339
<b>AH/(FLA+FLB)</b>	0,597	<b>0,638</b>	0,441
<b>AH/NYH</b>	<b>0,923</b>	-0,037	0,113
<b>ASZ1/AH</b>	-0,282	<b>0,877</b>	-0,369

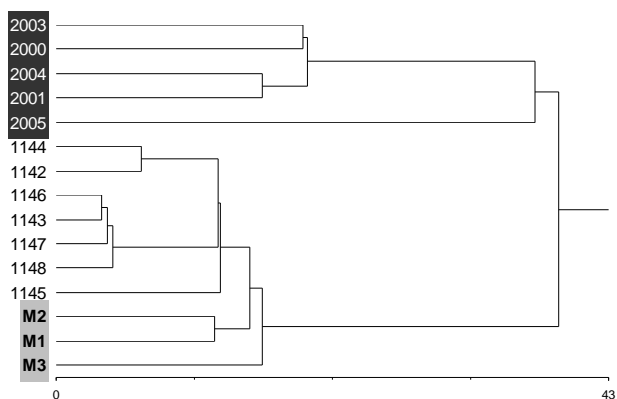


**44. ábra.** Soproni gyűjtés leveleinek ábrázolása a hagyományos adatok alapján képzett első két főkomponens mentén (n = 192) (telt kör: hegyi szil, üres kör: hibridnek vélt, négyszög: mezei szil)

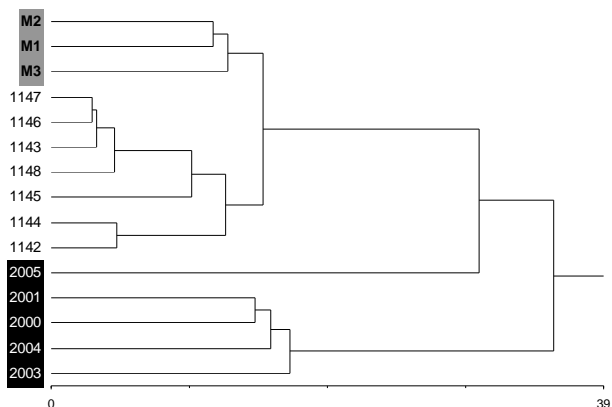
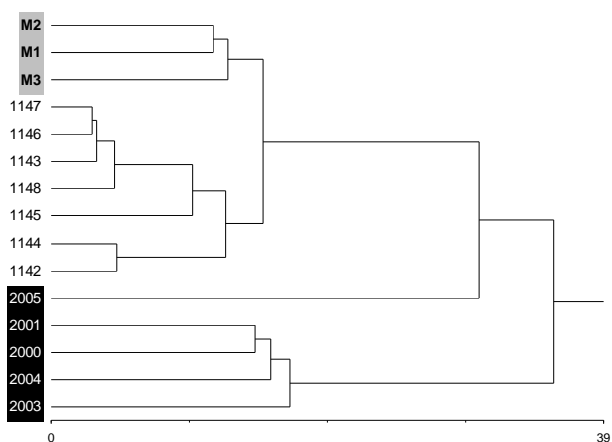
A leveleket ábrázolva az első két főkomponens mentén itt is tapasztalhatjuk a hegyi és a mezei szil elkülönülését, valamint az azonos termőhelyről származó csoport közbeékelődését (44. ábra).

#### 4.5.2 *Klaszter analízis*

Elvégeztem az euklideszi távolságokon alapuló hierarchikus osztályozást is a fenti három módon, különböző mért és származtatott paraméterek figyelembevételével, a fák átlagértékeire, valamint külön a levelekre is elvégeztem. A fák osztályozásakor mindhárom esetben azt tapasztaltam, hogy a hegyi szil a mezei szilektől magas szinten elkülönül. Ugyancsak mindhárom esetben megfigyelhető, hogy a hegyi szillel azonos termőhelyről származó egyedek a következő lépcsőben elkülönülnek a többi mezei szil egyedtől, ami megint a különbözőségükre utal (45. ábra).

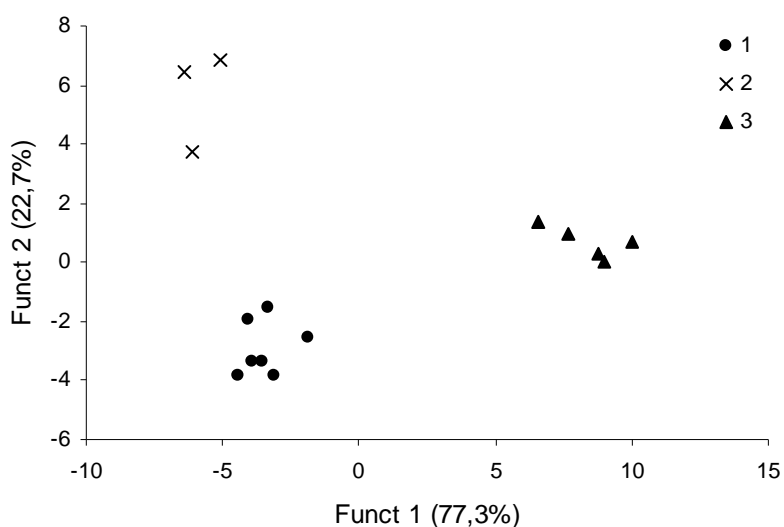


45. ábra. Dendrogram, a mért (fenn), a származtatott (középen) és a hagyományos (lenn) adatok alapján, euklideszi távolságok mérésével, a legközelebbi szomszéd keresésével, a soproni adathalmazon, a különböző csoportok eltérő színnel jelölve. (M1-3: hibridnek vélt egyedek a hegyi szilek mellől, 1144-1145: mezei szilek, 2001-2005: hegyi szilek)



Az, hogy ezek az egyedek a mezei szilek csoportjához tagozódnak, azt jelenti, hogy ezekhez a levelekhez hasonlítanak jobban, amit korábban a főkomponens elemzés is kimutatott. Ennek oka lehet a gének véletlen rendeződése, vagy esetleg az, hogy a vizsgált egyedek nem F1 hibridek, hanem azok visszakereszteződtek az egyik szülőfajjal, jelen esetben a mezei szillel. Én ez utóbbit tartom valószínűbbnek.

A kapott csoportokat diszkriminancia eemzésnek vettem alá, hogy igazoljam a csoportok különbözőségét. Mindhárom esetben a diszkriminancia analízis alátámasztotta a csoportokat. A legjobban a hagyományos adatok alapján lehet leírni azokat. A hegyi szil az első tengely mentén jól elválnak a többi egyedtől. A második tengely viszont a mezei szil – hibrid párost differenciálja.



46. ábra. Diszkriminancia analízis a soproni faegyedekre a hagyományos adatok alapján (1= mezei szil, 2= hibrid szil, 3=hegyi szil)

Az első tengely felel a változatosság 77%-ért, a második a 23%-ért. Az első tengely a fogak számával, a hossz-szélesség aránnyal, a relatív aszimmetriával és a hossz-nyél arányával korrelál, míg a második tengely a levéllemez méretétől és a fogak méretétől függ.

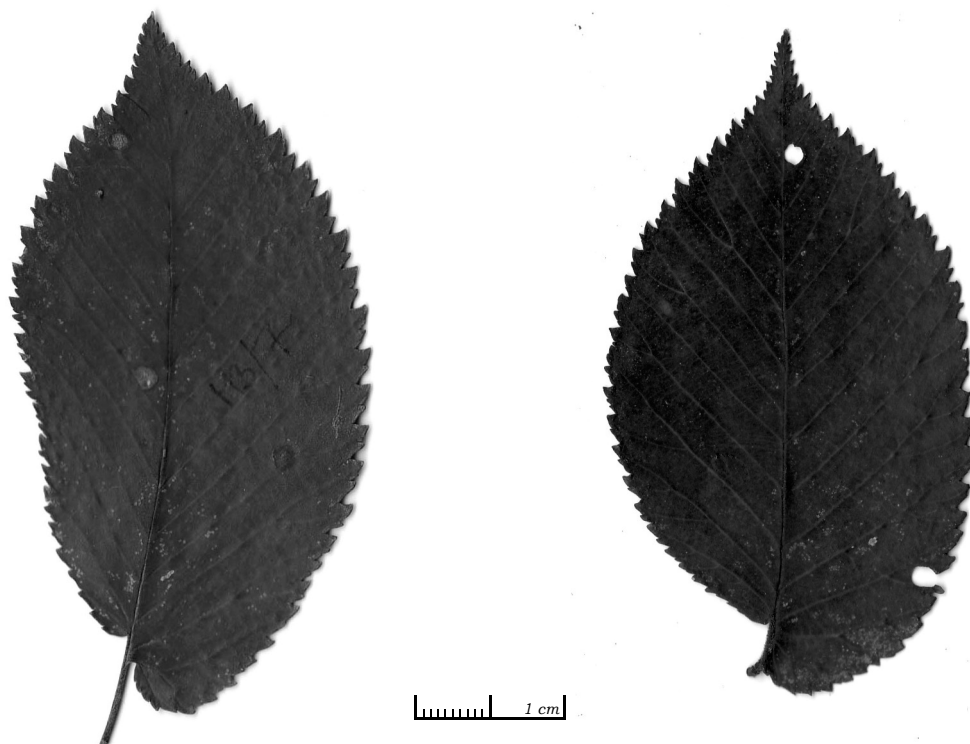
Elvégeztem a levelek szintjén is az elemzést. Ebben az esetben nem is megvan a hegyi szil – mezei szil elkülönülés, de már nem olyan egyértelmű a fajon belüli tagolódás egyik faj esetében sem, és a hibridnek tartott egyedek levelei keverednek a többi mezei szil levéllel. Ennek oka abban keresendő, hogy egy egyeden belül a levelek változatosak lehetnek, így az egy fáról származó levelek keverednek egymással.

#### Következtetések

Felmerült az esélye annak, hogy a gyűjtött mintában olyan előzetesen mezei szilnek tekintett levelek is vannak, melyek sok tulajdonságban a hegyi szilokkal rokoníthatók és ezért hibridek a két faj közötti hibridek (*U. minor* × *U. glabra*). A Soproni-hegyvidékről és

annak környezetéből, mezei és hegyi szilek elemzésekor a fajok elkülöníthetők voltak egymástól. Mind a főkomponens elemzés, mind a klaszter analízis a hibridnek vélt egyedeket a mezei és a hegyi szil egyedek közé helyezi el, utalva az átmeneti tulajdonságaikra. Ezek a hibridek ebben a mintában a mezei szilekhez közelebb helyezkednek el, ami azt jelezheti, hogy nem F1 hibridek, hanem a mezei szil szülővel visszakereszteződött termésből fejlődtek. A teljes bizonyosságot genetikai vizsgálatokkal lehetne elérni (47. ábra).

Hasonló helyeken, ahol a hegyi és a mezei szil együttes előfordulása elképzelhető, véleményem szerint várható a hibridek megjelenése, még ha a szülőfajok nem is közvetlen egymás mellett állnak, hiszen szélporozta növények. Ilyen helyek lehetnek a hegyvidékek alacsonyabb régiói, valamint a hegyekről kifutó patakok menté, a nagyobb folyók menté, melyek mentén a helyi szilek lejjebb húzódnak.



47. ábra. A soproni mintában a két egymáshoz leginkább hasonlító faegyed 1-1 levele. Baloldalon „mezei” szil, melyet utólag a holland szil taxonba (*U. ×hollandica*) soroltam, jobb oldalon hegyi szil levele. Méretarány 1:1

A vizsgálatok jól elválasztották a fajokat és utaltak egy köztes csoport meglétére a hegyi és a mezei szil között. Hasonló eredményeket kapott MACKENTHUN (2003), aki Németországban vizsgált mezei és hegyi szileket, hasonló levélmorfológiai tulajdonságok alapján. Azt találta, hogy nincs olyan tulajdonság, ami biztosan elválasztaná a csoportokat

egymástól, jobb, ha a tulajdonságok nagyobb csoportját használjuk. Az irodalmi adatok általában 7 cm körül húzzák meg a felső határt a mezei szil levéllemez hosszának esetében. Ennél hosszabb levéllemezű szilegyed több is előkerült a gyűjtés során. Ezekre az egyedekre a viszonylag hosszú levélnyél, nagy fogak, gyakran nagy számú, 100 feletti, másodlagos fog, rendszerint kicsi aszimmetria jellemző a nagyméretű leveleken kívül.

#### 4.6 Alakjellemezés: Fourier-analízis eredményei

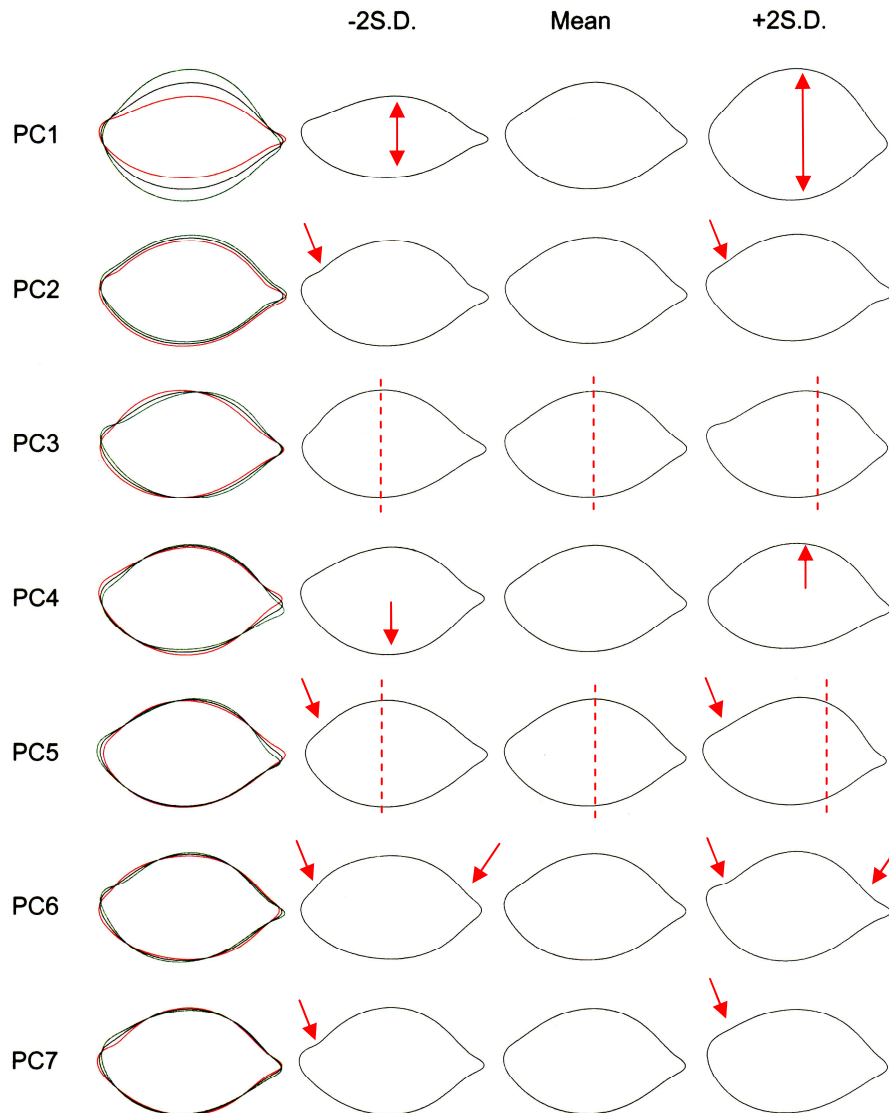
A mezei szil levelek vizsgálata esetében az első hét főkomponens a levelek alakjának változatosságának 93%-áért felel, a legnagyobb értéket képviselő első négy komponens értékei rendre: 60,7%, 14,9%, 5,9% és 4,2%. Vagyis a 4. főkomponens már nagyon kis mértékben felel a változatosságért (26. táblázat).

**26. táblázat. A főkomponensek (PC) egyenkénti és kumulatív részesedése a változatosságból mezei szil levelek vizsgálatakor**

	egyedi (%)	kumulatív (%)
<b>PC 1</b>	60,7235	60,7235
<b>PC 2</b>	14,9710	75,6945
<b>PC 3</b>	5,9592	81,6536
<b>PC 4</b>	4,2103	85,8639
<b>PC 5</b>	3,1717	89,0356
<b>PC 6</b>	2,1210	91,1567
<b>PC 7</b>	1,7176	92,8743

Az egyes főkomponensek által jellemezhető átlagos körvonal, az azoktól a főkomponenst jellemző szórás kétszeresével bíró eltérő kontúrok rekonstruálhatók (47. ábra), így megvizsgálhatjuk, hogy az egyes főkomponensek, mint tengelyek milyen tulajdonságok mentén rendezik a leveleket, megállapíthatjuk, hogy az egyes tengelyek mely levél tulajdonságokkal korrelálnak. Természetesen ezek nem egyeznek meg azokkal a paraméterekkel, amiket a hagyományos morfometriában mértem, de legtöbb esetben a változások egy vagy néhány tulajdonság változásának megfeleltethetők, ráadásul mindezt úgy, hogy az abszolút értékek, a levelek mérete nem befolyásolja a változásokat. Az *első főtengely* esetében a levél alakja a fő befolyásoló tényező, vagyis a levéllemez hossza és szélessége, illetve ezek aránya (48. ábra). Középen helyezkednek el az elliptikus levelek, a pozitív irányban a keskeny elliptikusak, míg negatív irányba a széles-elliptikus, majd a kerekded levelek. A *második főtengely* esetében a levél alapjának változását figyelhetjük

meg, vagyis az aszimmetria és nagyobb mértékben a fülesség változik. A pozitív irányban

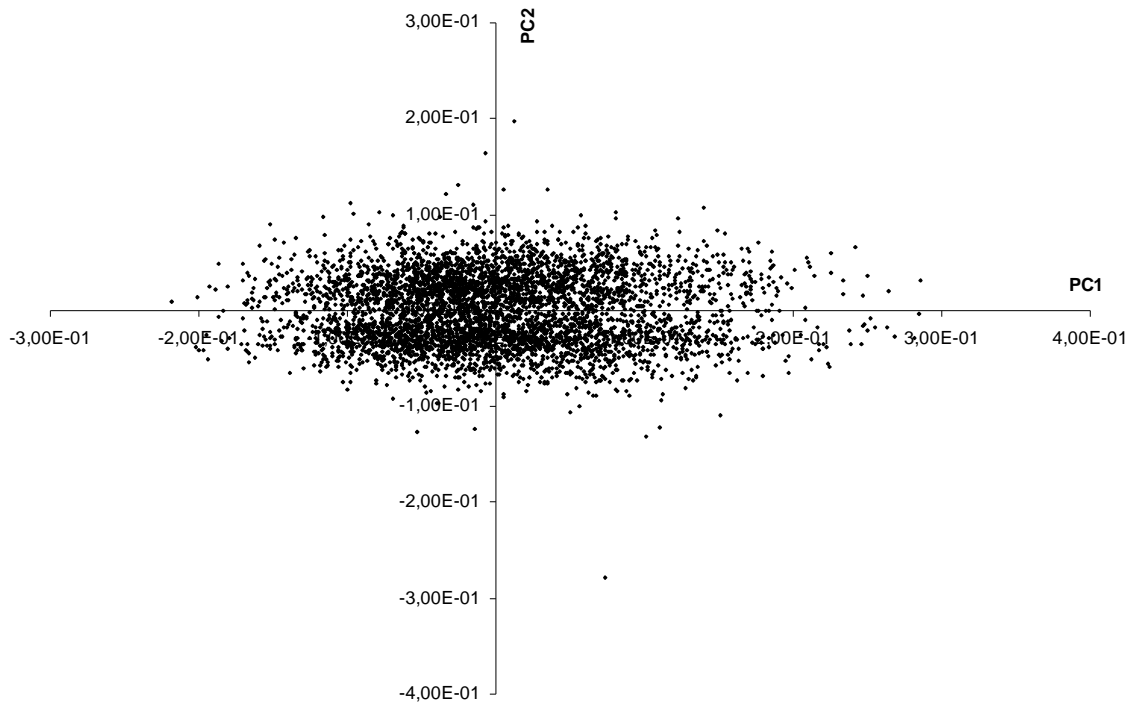


**48. ábra.** Az egyes főkomponensek hatása a levélalakra. Az egy főkomponensekre jellemző rekonstruált átlagos levélalak, illetve a főkomponens által képviselt változatosság jellemzése a kétszeres szórással. A nyilak a fő változásokra mutatnak, a szaggatott vonalak a levelek legszélesebb részét mutatják.

a gyengébb fülességet és kisebb aszimmetriát találhatjuk, a negatív irányban a nagyobb fülesség és aszimmetria van. A *harmadik tengely* ismét a levél alakját befolyásoló adatokkal korrelál, a tojásdadtól (negatív tartomány), az elliptikuson át a visszás tojásdadig (pozitív tartomány) változnak a levelek alakjai. A következő tengelyek a változatosságnak már csak kicsi részét írják le. A *negyedik tengely* az aszimmetrikus fél levéllemezek arányában jellemzi a változatosságot. Az *ötödik tengely* a kisebb fél levéllemez



hasasságával, a levélváll alakjával és a levél alakjával korrelál. A *hatodik tengely* esetében erőteljes a korreláció a levélváll tulajdonságaival, valamint a csúcs alakjával, utóbbi a hegyestől a kihegyezettig változhat. Végül a *hetedik tengely* ismét a levélváll tulajdonságaival korrelál legnagyobb mértékben. A program megadja az egyes pontok (levelek) koordinátáit a főkomponensek mentén, így ábrázolhatjuk azokat a főkomponensek segítségével (49. ábra).



**49. ábra. A mezei szil levelek ábrázolása az 1. és 2. főkomponens mentén (PC1, PC2)**

A változatosságot jól leírják a komponensek, de egyrészt a mezei szilen belül nem találunk sűrűsödéseket, vagyis taxonok nem különíthetők el. A levelek az origó körül csoportosulnak, az x tengely mentén elnyújtott pontfelhőben, ugyanis az első tengely leírja a változatosság közel 60%-át (59,8%). Sűrűsödés az origó körül van, kifelé haladva a levelek egyre ritkábban helyezkednek el, csak néhány extrém adat található a pontfelhő szélén.

*...Kapkodta fejét a szilfa, az agg,  
vallatott rab a pofonok alatt;  
ahány karja volt, mind hátracsavarta  
a nyár haragba-kékiült zivatarja.*

## **5. Összefoglalás**

A 2002 és 2005 között zajló kutatásaimban a mezei szil egyed országos mintájába, 502 egyed 5252 levelének bevonásával végeztem vizsgálatokat. A kutatások alapján a következők legfontosabb következtetéseim a mezei szilekkel kapcsolatban:

### **1.**

A vizsgálatok során tisztáztam két módszertani kérdést a szilek levélmorfológiai vizsgálatával kapcsolatban. Elővizsgálattal igazoltam azt az irodalomban fellelhető állítást, hogy a hosszúhajtások és a rövidhajtások csúcs alatti levelei a vizsgált változók tekintetében elválnak egymástól, a rövidhajtások esetében kisebb a változók szórása. Ennek következtében egy egyeden belül a rövidhajtások csúcs alatti levelei jobban jellemzik a faegyedet és a vizsgálatokba ezek bevonása indokolt.

### **2.**

Ugyancsak elővizsgálattal megállapítottam, hogy a levelek fogméreteinek mérése esetében a nagyobb fél levéllemez középső harmadában az elsődleges fogak méretei a legkisebb szórásúak, így a vizsgálatokhoz innen kell választani fogakat.

### **3.**

Leíró statisztikai vizsgálattal meghatároztam a hazai mezei szil állomány főbb levéljellemezőit és feltártam a mért változók közötti összefüggéseket. Az értekezésben vizsgáltam a mezei szilek morfológiai változatosságát a levelek változói alapján, morfológiai alapon csoportok elkülönítését kíséreltem meg. Megállapítottam, hogy a mért levélmorfológiai tulajdonságok alapján a hazai mezei szil egyedek levélmorfológiai változatossága leírható, az egyedek nagy része a szakirodalmi adatoknak megfelelő sávba esik. Az adatok általában széles tartományt fognak át, rendszerint a legkisebb és legnagyobb érték között többszörös különbségek vannak. Néhány esetben az irodalmi

adattartományokon kívüli értékeket mértem. A levélnyel alsó értéke, valamint az erek maximális száma különbözik leginkább az irodalmi értékektől. A különbözőségnek több oka lehet. Egyrészt adódhat abból, hogy a mintavétel során nem szelektáltam a vizsgálati anyagot, nem kerestem „tipikus” levelekkel rendelkező egyedeket, hanem minden, a gyűjtési feltételeknek megfelelő egyedről mintát gyűjtöttem. Ezen kívül a szélsőséges adatok származhatnak mérési hibából is. Az alsó tartományba eső méretek egyes esetekben az extrém száraz élőhelyi körülményekkel magyarázhatók, de ennek bizonyítására átültetési kísérleteket kellene végezni. Az irodalmi felső értékeken túli értékek megfelelő körülmények között viszont utalhatnak a hegyi szillel alkotott hibridek jelenlétére a csoportban.

#### 4.

Fontos kérdés volt, hogy Magyarországon található-e valamilyen faj alatti (legalább alfaji értékű, „komolyabb”) taxon a vizsgált változók alapján. Az összes változó esetében azonban az adattartományon belül az adatok folytonosságát figyeltem meg, az adatok rendszerint széles tartományt fogtak át és az átmenet folyamatosságát tapasztaltam. Az országos adathalmazon belül az alkalmazott többváltozós statisztikai módszerekkel (klaszter analízis, diszkriminancia elemzés, főkomponens analízis) kíséreltem meg faegyedek csoportjait elválasztani. A felhasznált módszerek egyikének segítségével sem sikerült az adatok csoportosulását megfigyelni, így jól elválló nagyobb csoportokat azonosítani, melyek alfajként azonosíthatók.

Nyugat-Európában viszont sok faj, alfajt, változatot írtak le. Ennek magyarázata az lehet, hogy Nyugat-Európában a mezei szil az elterjedési területének szegélyén helyezkedik el, ezért a vegetatív szaporodás kerül előtérbe a generatív rovására. Magyarország viszont a mezei szil elterjedési területének a közepén helyezkedik el, az országban a mezei szilek sokféle élőhelyen előfordulnak, tapasztalhatóan évről-évre rengeteg magot teremnek. Ennek a következményeként a genetikai állomány folyamatosan keveredik, s így **a mért levélmorfológiai tulajdonságok a tapasztalt tartományokon belül folyamatosan változnak és nem tudtam a nyugat-európai szilekhez hasonló jól elválló csoportokat, jelentősebb taxonokat elkülöníteni az egyedek között.** A vegetatív szaporodás a hazai elterjedési területen is gyakori, akkor tapasztaltam nagyobb sarjtelepek létrehozását, ha az anyanövény fénygazdag helyen, gyakran szabad állásban nőtt.

## 5.

A gyűjtött faegyedek közül 399 fa esetében vizsgáltam, hogy a leveleken található szőrtípusokat.

### 5.a

Megállapítottam, hogy a vörös mirigyszőrök, valamint az érzugokban található, többé-kevésbé göndör fedőszőrök minden egyed esetében megtalálhatók. Az *Ulmus minor* subsp. *canescens* esetében elkülönítő bélyeg a vörös mirigyek hiánya, de a mintában nem találtam erre példát, vagyis a mintában nem fordul elő ez az alfaj, bár areája megközelíti Magyarországot, egyelőre nem sikerült kimutatni.

### 5.b

A különböző egyéb szőrtípusok jelenléte vagy hiánya alapján osztályokat állítottam fel, melyekbe besoroltam az egyedeket. Az osztályokat előfordulását vizsgálva, mintázatot nem sikerült azonosítani, minden nagyobb régióban minden osztályból található egyedek.

### 5.c

Külön figyelmet fordítottam a durva fedőszőrök, serteszőrök jelenlétére a fonákon, illetve a levélnyélen, mivel ezek jelenléte az egyik azonosítója a Magyarországról is jelzett angol szilnek (*U. minor* var. *vulgaris*). Mivel az országból a flóraművekben hagyományosan szereplő taxonról van szó, érdemes megvizsgálni. Tapasztalataim szerint azonban a durva szőrözöttség jelenléte a leveleken nem jelenti automatikusan az angol szilbe sorolást, mivel számos más tulajdonságnak is egyeznie kellene, így pl. a levélalaknak vagy a hajtások szőrözöttségének. A vizsgált mintámban ezek alapján egyik egyed sem azonosítottam angolt szilként, és valószínűsítem, hogy Magyarországon sincs.

## 6.

Mivel felvetődött annak a lehetősége, hogy a vizsgált mintában a hegyi szillel képzett hibrid egyedek is előfordulnak, egy szűkített mintahalmazon, egy kiválasztott mintaterületen, egy esettanulmányként mezei, hibridnek tekintett és hegyi szileket együttes vizsgálatnak vettem alá. A többváltozós analízisek során (klaszter analízis, főkomponens analízis) az általam hibridnek határozott egyedek a mezei szilek és a hegyi szilek között helyezkedtek el. A csoportok elkülönülését a diszkriminancia elemzés is alátámasztotta. Ebből arra következtettem, hogy a Soproni-hegységben megjelenik a holland szil és a többi, más területekről előkerült 7-7,5 cm-nél hosszabb levéllemezzel rendelkező szil egyed a hibrid csoportba tartozik. Az eredmények alapján az egyik korábban mezei szilnek definiált egyed levelei nagyon hasonlítanak a hegyi szilére, de attól több karakterben (pl.

levélnyel). Ezek alapján feltételezem, hogy a **Magyarországon kimutatható a mezei szil és a hegyi szil hibridje, a holland szil (*U. ×hollandica*), ahol a szülőfajok közel vannak egymáshoz.** Ennek biztos igazolására további vizsgálatok szükségesek, pl. rügyek szőrtípusainak, illetve genetikai vizsgálatok bevonásával.

## 7.

A levélalak vizsgálatára Fourier-analízist végeztem. A módszer régóta rendelkezésre áll, de mégis kevésbé használt levelek leírására. A levélnyel nem került bele az elemzésbe, a program csak a levelek alakját vette figyelembe, a méretekből adódó különbségeket standardizálással kizártam. A levél alakját jellemző Fourier-leírók főkomponens analízisét végeztem el, a leveleket képviselő pontokat koordinátarendszerben ábrázoltam. Összefoglalva elmondható, hogy a **mezei szil** levelekre az **elliptikus** levelek a legjellemzőbbek, de mind tojásdad, mind visszás-tojásdad levelek előfordulnak közöttük. A levélcsúcs közepesen **hegyes, vagy kissé tompa**, kisebb mértékben jellemző a kihegyesedő. A levélváll rendszerint **közepesen aszimmetrikus**, de előfordulnak szimmetrikus és erőteljes aszimmetriával rendelkező levelek is.

## 6. Tézisek

1. Elővizsgálatokkal tisztáztam két módszertani kérdést.
  - a. Igazoltam, hogy a rövidhajtások alkalmasabbak egy szil egyed jellemzésére, mint a hosszúhajtások. A hosszúhajtásokon általában kerekesebbek a levelek, a fogak nagyobbak és rendszerint durván, többé-kevésbé maradónan szőrösek ezek a levelek, de egy hajtáson belül is nagyon változatosak.
  - b. Igazoltam, hogy egy levél esetében a levéllemez középső harmada a legmegfelelőbb az adott levél elsődleges fogainak jellemzésére.
2. A vizsgált tulajdonságok a tapasztalt tartományokon belül folyamatosan változnak, így nem tudtam csoportokat, elkülöníteni az egyedek között a mért levélmorfológiai tulajdonságok alapján. Ennek valószínű oka a vegetatív szaporodás kisebb aránya.
3. Leveleken található szőrök vizsgálata alapján olyan csoportok kialakítását kíséreltem meg, melyek földrajzilag is elkülönülnek. Csoportok jelenlétét azonban nem sikerült igazolnom.
4. Esettanulmányban a soproni adatok alapján kimutattam a mezei szil és a hegyi szil hibridjét a holland szilt (*U. ×hollandica*). A mezei és hegyi szil között elhelyezkedő csoport létét mind a hierarchikus osztályozás, mind a főkomponens analízis alátámasztotta.
5. A mezei szil levélalakját jellemeztem elliptikus Fourier-leírókkal. A mezei szil levelekre az elliptikus levelek a legjellemzőbbek, de mind tojásdad, mind visszás-tojásdad levelek előfordulnak közöttük. A levélcsúcs közepesen hegyes, vagy kissé tompa, a levélváll közepesen aszimmetrikus.

## 7. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni mindazoknak, akik segítettek a dolgozat létrejöttében, a támogatásukat, bármilyen formában is érkezett. Néhányukat kiemelném, s így külön köszönet jár

Édesanyámnak,	hogy mert türelmetlen lenni;
Édesapámnak,	hogy mert hallgatni,
Asszonyomnak,	hogy meghallgatott és a meleg vacsorát adott;
Fiamnak,	hogy megtanított minden kavics fontosságára;
Lányomnak,	az őszinte öröméért;
Király Gergelynek,	az éles szeméért és a szókimondásért;
Bartha Dénesnek,	hogy idáig juthattam;
Molnár Sándornak,	hogy rugdosott;
Pásztory Zoltánnak	a hitért és az imákért;
Varga Ferencnének,	a javaslatokért;
Bírálóimnak,	hogy segíteni próbáltak;
Fruhstuck Tamásnének,	hogy kimentett a monotóniából;
Barátaimnak,	a biztatásért.

Akit netán kihagytam, bocsássa meg gyarlóságom.

A kutatómunkát támogatta az FVM Erdészeti közcélú pályázata (07-11-94-7-1-010-8-01), valamint a KVVM KAC pályázata (HP-02-2-023).

Sopron, 2009. március 28.

Börcsök Zoltán

## 8. Felhasznált irodalom

- [1] ACKERFIELD, J., WEN, J. (2002): A morphometric analysis of *Hedera* L. (the ivy genus, *Araliaceae*) and its taxonomic implications. *Adansonia* **3**: 197-212.
- [2] ADAMS, D.C., ROHLF, F.J., SLICE, D.E. (2004): Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology* **71**: 5-16.
- [3] ADLER W., OSWALD K., FISCHER R. (1994): *Exkursionsflora von Österreich*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart und Wien. pp. 363-364.
- [4] ALBERT, M.E., D'ANTONIO, C.M., SCHIERENBECK, K.A. (1997): Hybridization and introgression in *Carpobrotus* spp. (*Aizoaceae*) in California. I. Morphological evidence. *American Journal of Botany* **84**(8): 896-904.
- [5] ARMSTRONG, J.V., SELL, P.D. (1996): A revision of the British elms (*Ulmus* L., *Ulmaceae*): the historical background. *Botanical Journal of the Linnean Society* **120**: 39-50.
- [6] BANCROFT, H. (1937): The British elms. *Journal of Botany* **75**: 337-346.
- [7] BARTHA, D. (1994): Alig ismert fajok I. Mezei szilek. *Erdészeti Lapok* **129**: 50.
- [8] BARTHA, D. (1997): Fa- és cserjehatározó. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- [9] BARTHA, D. (1999): Magyarország fa- és cserjefajai. Mezőgazda Könyvkiadó, Budapest. pp: 264-273.
- [10] BARTHA, D., NAGY, L. (2001): A hazai szilfajok (*Ulmus* spp.) génmegőrzése. <http://ngt-erdesztet.efe.hu/teendok/szilek.htm>
- [11] BATE-SMITH, E.C., RICHENS, R.H. (1973): Flavonoid chemistry and taxonomy in *Ulmus*. *Biochemical Systematics* **1**: 141-146.
- [12] BEAN, W.J. (1970): Trees and shrubs hardy in the British Isles. Vol. IV. Murray Publ. pp. 634-660.
- [13] BELDIE, A. (1952): *Ulmaceae* In: SAVULESCU, T. (ed.): *Flora Republicii Populare Romane* **1**: 336-349. Bukarest, Academia Republicii Populare Romane.
- [14] BOROVIČS, A. (1998): A tölgyek hibridizációja, morfológiai és genetikai változatossága. *Erdészeti Kutatások* **88**: 89-108.
- [15] BOROVIČS, A. (1999): A kocsányos és kocsánytalan tölgy fajcsoport elkülöníthetősége: adalékok a hibridek és kistölgyek megítéléséhez. *Erdészeti Kutatások* **89**: 93-110.
- [16] BOROVIČS, A. (2000): Keresztezési kísérletek és taxonómiai vizsgálatok az őshonos tölgyek hazai alakkörében. Doktori értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron.
- [17] BRINKMAN, K.A. (1974): *Ulmus* L. – Elm. In: SCHOPMEYER, C.S. (tech. cord.) seeds of woody plants in the U.S. Agric. Handbook. 450 Washington DC. USDA Forest Service pp. 829-834.
- [18] BROWICZ K., ZIELIŃSKI J. (1977): Two new taxa within the *Ulmaceae* family for the flora of Bulgaria and their geographical distribution. *Fragm. Florist. Et Geobot.* **23**: 141-150.
- [19] BRUSCHI, P., GROSSONI, P., BUSSOTTI, F. (2003): Within- and among-tree variation in leaf morphology of *Quercus petraea* (MATT.) LIEBL. natural populations. *Trees* **17**: 164-172.
- [20] BUCHEL, A.S. (2000): The species of the genus *Ulmus* L. In: DUNN C.P. (szerk.): *The elms – Breeding, Conservation and Disease management*. Kluwer, Boston. pp: 351-358.
- [21] CAMPANA, R.J., STIPES, R.J. (1981): Compendium of elm diseases. *The American Phytopathology Society* pp. 5-25.
- [22] CASTROVIEJO, S., AEDO, C., CIRUJANO, S., LAÍNZ, M., MONSTERRAT, P., MORALES, R., MUNOZ, F., NAVARRO, C., PAIVA, J., SORIANO, C. (eds.) (1993): *Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. III [Plumbaginaceae (partim)-Capparaceae]*. Real Jard. Bot. C.S.I.C. Madrid. pp. 244-248.
- [23] CASELDINE, C., FYFE, R. (2006): A modelling approach to locating and characterising elm decline/landnam landscapes. *Quaternary Science Reviews* **25**(5-6): 632-644.



- [24] CHASE, M. et al. (2003): An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* **141**: 399-436.
- [25] CHRISTY, M. (1922): The flowering-times of some British elms. *The Journal of Botany (London)* **60**: 36-41.
- [26] COGOLLUDO-AGUSTÍN, M.A., AGÚNDES, D., GIL, L. (2000): Identification of native and hybrid elms in Spain using isozyme gene markers. *Heredity* **85**: 157-166.
- [27] COLEMAN, M. (1998): Elm – The forgotten tree. *British Wildlife* **9**: 137-143.
- [28] COLEMAN, M. (2002): British Elms. *British Wildlife* **13**(6): 390-395.
- [29] COLEMAN, M., HOLLINGWORTH, M.I., HOLLINGWORTH, P.M. (2000): Application of RAPDs to the critical taxonomy of the English endemic elm *Ulmus plotii* DRUCE. *Botanical Journal of the Linnean Society* **133**: 241-262.
- [30] COLLADA, C., FUENTES-UTRILLA, P., GIL, L., CERVERA, T. (2004): Characterization of microsatellite loci in *Ulmus minor* MILLER and cross-amplification in *U. glabra* HUDSON and *U. laevis* PALL. *Molecular Ecology Notes* **4**: 731-732.
- [31] DEMETER, A., VÁMOSI, J., PEREGOVITS, L., TOPÁL, GY. (1995): An image-capture and data-collection system for morphometric studies. in: MARCUS, L.F., CORTI, M., LOY, A., NAYLOR, G., SLOCE, D.E. (eds.): *Advances in Morphometrics*. Plenum Press, New York. pp. 91-102.
- [32] DEMIRI, M. (1983): Flora ekskursioniste e Shqiperise. Shtepia Botuese e Librit Shkollor, Tirana. pp. 142-143.
- [33] DENK, T., GRIMM, G.W. (2005): Phylogeny and biogeography of *Zelkova* (*Ulmaceae* s.str.) as inferred from leaf morphology, ITS sequence data and the fossil record. *Botanical Journal of Linnean Society* **147**(2): 129-157.
- [34] DIANE, N., JACOB, C., HILGER, H.H. (2003): Leaf anatomy and foliar trichomes in *Heliotropiaceae* and their systematic relevance. *Flora* **198**: 468-485.
- [35] DRUCE, G.C. (1912): *Ulmus plotii*. *Journal of Botany* **56**: 96-97.
- [36] DUNN, C.P. (ed.) (2000): *The Elms. Breeding, Conservation and Disease Management*. Kluwer Academic Publishers.
- [37] DUNN, C.P. (2003): Keeping taxonomy based in morphology. *Trends in Ecology and Evolution* **18**(6): 270-271.
- [38] ELWES, H.J., HENRY, A. (1913): *The Trees of Great Britain & Ireland*. Vol. VII. pp 1848-1929. Private publication
- [39] EUGLONER, A., PENSZKA, K., SZERDAHELYI, T. (2001): *A hajtásos növények ismerete*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. p. 77.
- [40] FAZEKAS, GY., SZERÉNYI, G. (2002): *Biológia I. Sclar Kiadó*. p. 258.
- [41] FEHÉR, S., VARGA, F. (1996): *Újra lesz szilfánk! Bútor & Faipar 1996. március*
- [42] FELINER, G.N., AGUILAR, J.F., ROSSELLÓ, J.A. (2001): A new species of *Armeria* (*Plumbaginaceae*) from southern Spain with molecular and morphometric evidence on its origin. *Botanical Journal of Linnean Society* **135**: 71-84.
- [43] FIDY, J., MAKARA, G. (2005): *Biostatiztika. InforMed 2002 Kft., Budapest*
- [44] FINESCHI, S., COZZOLINO, S., MIGLIACCIO, M., VENDRAMIN, G.G. (2004): Genetic variation of relic tree species: the case of Mediterranean *Zelkova abelicea* (LAM.) BOISSER and *Z. sicula* DI PASQUALE, GARFI` and QUE´ZEL (*Ulmaceae*). *Forest Ecology and Management* **197**: 273-278.
- [45] FÖLDVÁRY, M. (1942): Szilfatörzsön nőtt lucfenyő. *Erdészeti Lapok* **81**: 590.
- [46] FRANCESCHINELLI, E.V., YAMAMOTO, K. (1993): Taxonomic use of leaf anatomical characters in the genus *Simarouba* AUBLET (*Simaroubaceae*). *Flora* **188**: 117-124.

- [47] FRANIEL, I., WIEŚKI, K. (2005): Leaf features of silver birch (*Betula pendula* ROTH). Variability within and between two populations (uncontaminated vs Pb- contaminated and Zn-contaminated site) *Trees* **19**: 81-88.
- [48] FU, L., XIN, Y. (2000): Elms of China In: DUNN C.P. (szerk.): The elms – Breeding, Conservation and Disease management. Kluwer, Boston. pp: 21-40.
- [49] FU, L., XIN, Y., WHITEMORE, A. (2003). *Ulmaceae*, in: WU, Z., RAVEN, P. (eds) *Flora of China*, Vol. **5**: 1-10. *Ulmus* Linnaeus, Sp. (*Ulmaceae* through *Basellaceae*). Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, USA.
- [50] FUENTES-UTRILLA, P., LÓPEZ-RODRÍGUEZ, R.A., GIL, L. (2004): The historical relationship of elms and vines. *Invest Agrar: Sist Recur. For.* **13**(1): 7-15.
- [51] GARFÌ, G. BARBERO, M., TESSIER, L. (2002): Architecture and growth patterns of *Zelkova sicula* (*Ulmaceae*) in southeast Sicily as a response to environmental conditions. *Journal of Mediterranean Ecology* **3**(2-3): 65-76.
- [52] GENCSI, L., VANCSURA, R. (1997): *Dendrológia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- [53] GIANNASI, D.E. (1978): Generic relationship in the *Ulmaceae* based on flavonoid chemistry. *Taxon* **27**: 331-344.
- [54] GIL, L., FUENTES-UTRILLA, P., SOTO, A., CERVERA, M.T., COLLADA, C. (2004): Phylogeography: English elm is a 2,000-year-old Roman clone. *Nature* **431**: 1053.
- [55] GOODALL-COPESTAKE, W.P., HOLLINGSWORTH, M.L., HOLLINGSWORTH, P.M., JENKINS, G.I., COLLIN, E. (2005): Molecular markers and ex situ conservation of the European elms (*Ulmus* spp.). *Biological conservation* **122**: 537-546.
- [56] GRUDZINSKAYA, I.A. (1966): Inflorescences of the species of *Ulmus* L.; their formation, structure and certain problems of their evolution. *Bot. Zhurnal (Leningrad)* **51**(1): 15-27.
- [57] GRUDZINSKAYA, I.A. (1967): *Ulmaceae* and reasons for distinguishing *Celtidoideae* as a separate family *Celtidaceae*. *Bot. Zhurnal (Leningrad)* **52**(12): 1723-1749.
- [58] GRUDZINSKAYA, I.A. (1974): On taxonomic position and area of the section *Chaetoptelea*, genus *Ulmus*. *Bot. Zhurnal (Leningrad)* **59**(1): 60-66.
- [59] HANSON, M.W. (1990): Essex Elm. *Essex Naturalist* **10**: 1-85.
- [60] HEIMLER, D., MITTEMPERGER, L., BUZZINI, P., BODDI, V. (1990): Quantitative HPTLC separation of flavonoid glycosides in the taxonomy of elm (*Ulmus* spp.) *Chromatografia* **29**(1-2): 16-20.
- [61] HEJNÝ, S., SLAVÍK, B. (szerk.) (1997): *Květena České Socialistické Republiky*. 1. Praha. pp 513-520.
- [62] HENRY, A. (1910): On elm-seedlings showing Mendelian results. *Botanical Journal of the Linnean Society* **39**: 290-300.
- [63] HENRY, J.E., HENRY, A.H. (1971): *Trees of the Great Britain and Ireland*. Reprint, Publishers for the Royal Forestry Society.
- [64] HODÁLOVÁ, I., MARHOLD, K. (1998): Morphometric comparison of *Senecio germanicus* and *S. nemorensis* (*Compositae*) with a new species from Romania. *Botanical Journal of Linnean Society* **128**: 277-290.
- [65] HOLLINGSWORTH, M.L., HOLLINGSWORTH, P.M., COLEMAN, M. (2000): The European Elms: Markers, Population Genetics, and Biosystematics. In DUNN (ed.) *The Elms: Breeding, Conservation, and Disease Management*.
- [66] HORTOBÁGYI, T. (szerk.) (1979): *Növényrendszertan*. Tankönyvkiadó, Budapest. p. 594.
- [67] HROUDA, L. (1997): *Ulmaceae* MIRBEL. In: HEJNY, S., SLAVÍK, B. (eds): *Kvetena CSR I*. Academia, Praha, pp. 513-520.
- [68] IWATA, H., NIIKURA, S., MATSUURA, S., TAKANO, Y., UKAI, Y. (1998): Evaluation of variation of root shape of Japanese radish (*Raphanus sativus* L.) based on image analysis using elliptic Fourier descriptors. *Euphytica* **102**: 143-149.

- [69] IWATA, H., NESUMI, H., NINOMIYA, S., TAKANO, Y., UKAI, Y. (2002): Diallel analysis of leaf shape variations of *Citrus* varieties based on elliptic Fourier descriptors. *Breeding Science* **52**: 89-94.
- [70] IWATA, H., UKAI, Y. (2002): SHAPE: A Computer Program Package for Quantitative Evaluation of Biological Shapes Based on Elliptic Fourier Descriptors. *The Journal of Heredity* **93**(5): 384-385.
- [71] JÁVORKA, S. (1925): Magyar Flóra. Studium, Budapest. pp: 254-256.
- [72] JÁVORKA, S., SOÓ, R. (1951): A magyar növényvilág kézikönyve, Budapest Vol. II. 812-814.
- [73] JEFFERS, J.N.R. (1996): Multivariate analysis of a reference collection of elm leaves. *Journal of Applied Statistics* **23**(6): 571-587.
- [74] JEFFERS, J.N.R. (1999): Leaf variation in the genus *Ulmus*. *Forestry* **72**(3): 183-190.
- [75] JEFFERS, J.N.R., RICHENS, R.H. (1970): Multivariate analysis of the English elm population. *Silvae Genetica* **19**: 31-38.
- [76] JENSEN, R.J. (2003): The conundrum of morphometrics. *Taxon*, **52**: 663-671.
- [77] JOBLING, J., MITCHELL, A.F. (1974): Field recognition of British elms. Forestry Commission Booklet 42.
- [78] JOHNSON, O. (2007): Európa fái. Kossuth Kiadó, Budapest. pp. 242-255.
- [79] JONSELL, B. (főszerk.) (2000): Flora Nordica Vol. I. *Lycopodiaceae* to *Polygonaceae*. pp. 214-219.
- [80] KERNER, A. (1876): Die Vegetations-Verhältnisse des mittleren und östlichen Ungarns und angrenzenden Siebenbürgens. *Österreichische botanische Zeitschrift* **26**(2): 49-54.
- [81] KÉZDY, P. (2001): Taxonómiai vizsgálatok a hazai mlyhos tölgy alakkörön (*Quercus pubescens* s.l.) Doktori értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron.
- [82] LARENA, B.G., AGUILAR, J.F., FELINER, G.N. (2004): Morphometric and molecular evidence for taxonomic recognition of a new subspecies of *Armeria filicaulis* (*Plumbaginaceae*). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* **61**(1): 35-48.
- [83] LEI, S.A. (2007): Intraspecific variation in leaf anatomy of Blackbrush (*Coleogyne ramosissima* Torr.) in. SOSEBEE, R.E. et al. (2007): Proceedings: Shrubland dynamics – fire and water. USDA Forest Service RMPS-P-47. pp. 170-173.
- [84] LIPSCOMB, D., PLATNICK, N., WHEELER, Q. (2003): The intellectual content of taxonomy: a comment on DNA taxonomy. *Trends in Ecology and Evolution* **18**(2): 65-66.
- [85] LÓPEZ-ALMANSA, J.C., GIL, L. (2003a): Empty samara and parthenocarpy in *Ulmus minor* s.l. in Spain. *Silvae Genetica* **52**(5-6): 241-243.
- [86] LÓPEZ-ALMANSA, J.C., PANNELL, J.R., GIL, L. (2003b): Female sterility in *Ulmus minor* (*Ulmaceae*): hypothesis invoking the cost of sex in a clonal plant. *American Journal of Botany* **90**(4): 603-609.
- [87] LÓPEZ-ALMANSA, J.C. (2004): Review. Reproductive ecology of riparian elms. *Invest Agrar. Sist. Recur. For.* **13**: 17-27.
- [88] MACHON, N., LEFRANC M., BILGER I., HENRY J.-P. (1995): Isoenzymes as an aid to clarify the taxonomy of French elms. *Heredity* **74**: 39-47.
- [89] MACHON, N., LEFRANC M., BILGER I., MAZER, S.J., SARR, A. (1997): Allozyme variation in *Ulmus* species from France: analysis of differentiation. *Heredity* **78**: 12-20.
- [90] MACKENTHUN, G. (2001): *Ulmus glabra* HUDS. emed. MOSS. 1762. In: SCHÜTT P., WEISGERBER H. et al. (Hrsg.) *Enzyklopädie der Holzgewächse* – 24. Erg. Lfg. 6/01. S. 1-14.
- [91] MACKENTHUN, G. (2003): Zur Blattmorphologie von feld- und Bergulme. *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft* **88**: 101-115.
- [92] MACKENTHUN, G. (2004): *Ulmus*. In: SCHÜTT P., WEISGERBER H. et al. (Hrsg.) *Enzyklopädie der Holzgewächse* – 37. Erg. Lfg. 9/04. S. 1-20.

- [93] MACKENTHUN, G. (2005): *Ulmus procera* SALISBURY, 1796. In: SCHÜTT P., WEISGERBER H. et al. (Hrsg.) Enzyklopädie der Holzgewächse – 39. Erg. Lfg. 3/05. S. 1-10.
- [94] MALLET, J., WILLMOTT, K. (2003): Taxonomy: renaissance or Tower of Babel? Trends in Ecology and Evolution **18**(2): 57-59.
- [95] MELVILLE, R. (1937): The accurate description of leaf shapes by rectangular coordinates. Annals of Botany NS **1**(4): 673-679.
- [96] MELVILLE, R. (1938): Contributions to the study of British elms. I. What is Goodyer's elm? Journal of Botany **76**: 185-192.
- [97] MELVILLE, R. (1939a): Contributions to the study of British elms. II. The east Anglian elm. Journal of Botany **77**: 138-146.
- [98] MELVILLE, R. (1939b): The application of biometrical methods to the study of elms. Proceedings of the Linnean Society of London (Botany) **151**: 152-159.
- [99] MELVILLE, R. (1946): Typification of variation in the smooth-leaved elm, *Ulmus carpinifolia* GLEDITSCH. Journal of the Linnean Society **53**: 83-90.
- [100] MELVILLE, R. (1958): *Ulmus canescens*: an Eastern Mediterranean elm. Kew Bulletin **3**: 499-502.
- [101] MELVILLE, R. (1975): *Ulmus* L. in: STACE C.A. (ed.): Hybridization and the flora of the British Isles. Academic Press. pp. 292-299.
- [102] MELVILLE, R. (1978): On the discrimination of species in hybrid swarms with special reference to *Ulmus* and the nomenclature of *U. minor* MILL. and *U. carpinifolia* GLED. Taxon **27**(4): 345-351
- [103] MITRUSHI, I. (1955): Druret dhe shkurret e shqiperise. Mihal Duri, Tirana. Pp. 456-461.
- [104] MITTEMPERGER, L., (1996): *Ulmus carpinifolia* GLEDITSCH, 1773. In: SCHÜTT P., SCHUCK H.J. et al.: Enzyklopädie der Holzgewächse – 4. Erg. Lfg. 4/96. S. 1-14.
- [105] MITTEMPERGER, L., LA PORTA, N. (1991): Hybridization studies in the Eurasian species of elm (*Ulmus* spp.). Silvae Genetica **40**: 237-243.
- [106] MOLNÁR, S., BARISKA, M. (2002): Magyarország ipari fái. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- [107] MOSS, C.E. (1912) British elms. Gardenesr Chronicle **51**: 199, 216-217, 234-236.
- [108] MRKVICKA, A.CH. (1998): *Ulmus pumila*, die „Turkestan-Ulme“ – eine wenig beachtete Art der Forstflora im pannonischen Österreich. Flora Austr. Novit. **5**: 34-38.
- [109] MÜLLER-KROELING, S. (2003): *Ulmus laevis* PALL., 1784. . In: SCHÜTT P., WEISGERBER H. et al. (Hrsg.) Enzyklopädie der Holzgewächse – 33. Erg. Lfg. 9/03. S. 1-13.
- [110] NAKAGAWA, T. GIUSEPPE GARFI, G., REILLE, M., VERLAQUE, R. (1998): Pollen morphology of *Zelkova sicula* (*Ulmaceae*), a recently discovered relic species of the European Tertiary flora: description, chromosomal relevance, and palaeobotanical significance. Review of Palaeobotany and Palynology **100**: 27-37.
- [111] NAVARRO, C, CASTROVIEJO, S (1995) *Ulmaceae*. In: CASTROVIEJO S (ed) Flora Ibérica Volume III. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid, pp 244-250.
- [112] NEILRICH, A. (1859): Flora von Nieder-Österreich I. Wien. pp. 243-244.
- [113] OBERDORFER, E. (1970): Exkursionsflora für Süddeutschland und die angrenzenden Gebiete. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, pp. 302-303.
- [114] OBERDORFER, E. (1983): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 3. Auflage. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, pp. 318-319.
- [115] OGINUMA, K., RAVEN, P.H., TOBE, H. (1990): Karyomorphology and relationships of *Celtidaceae* and *Ulmaceae* (*Urticales*). Journal of Plant Research **103**(2): 113-131.
- [116] OMORI, Y., TERABAYASHI, S. (1993): Gynoecial vascular anatomy and its systematic implications in *Celtidaceae* and *Ulmaceae*. Journal of Plant Research **106**(3): 249-258.

- [117] OHSAWA, R., TSUTSUMI, T., UEHARA, H., NAMAI, H., NINOMIYA, S. (1998): Quantitative evaluation of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* MOENCH) kernel shape by elliptic Fourier descriptor. *Euphytica* **101**: 175-183.
- [118] PARKER, A.G., GOUDIE, A.S., ANDERSON, D.E., ROBINSON, M.A., BONSALE, C. (2002): A review of the mid-Holocene elm decline in the British Isles. *Progress in Physical Geography* **26**(1): 1-45.
- [119] PEARCE, N.J., RICHENS, R.H. (1977): Peroxidase isosymes in some elms (*Ulmus* L.) of Eastern England. *Watsonia* **11**: 382-383.
- [120] PÉCH, D. (1887): A Nyárárdmenti berki erdők szilfája. *Erdészeti lapok* **26**: 161-165.
- [121] PEGLAR, S.M., BIRKS, H.J.B. (1993): The mid-Holocene *Ulmus* fall at Diss Mere, South-East England – disease and human impact? *Vegetation History and Archeobotany* **2**(2): 61-68.
- [122] PERRY, I., MOORE, P.D. (1987): Dutch elm disease as an analogue of Neolithic elm decline. *Nature* **326**: 72-73.
- [123] PIGNATTI, S. (1982): *La flora d'Italia. Vol. 1.*
- [124] PODANI, J. (1997): Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeltárás rejtelmeibe. Scientia, Busapest.
- [125] PODANI, J. (2003): A szárazföldi növények evolúciója és rendszertana. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- [126] PRISZTER, SZ., CSAPODY, V. (1963): A növénytudomány terminológiája. Háromnyelvű szakszótár. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- [127] RÁCZ, G.R. (1995): Hazai vízicickányok (*Neomys fodiens*, *Neomys anomalus*) állkapcsának vizsgálata morfológiai módszerekkel. Szakdolgozat. ELTE TTK.
- [128] RAISZ, Á. (2001): Bükk (*Fagus sylvatica*) populációk összehasonlító levélalaktani vizsgálata. Diplomamunka, Sopron, NYME.
- [129] RAISZ D. (2004): Levélmérő szoftver (Visual Basic), Budapest.
- [130] RAMEAU J.C., MANSION D., DUME G. (1993): Flore Forèstiere Francaise 1. Plaines et collines. pp. 680-689.
- [131] RAPAICS, R. (1931): A szilfa életkora. *T.* **63**: 537-538.
- [132] RASMUSSEN, P., CHRISTENSEN, K. (1999): The mid-Holocene *Ulmus* decline: a new way to evaluate the pathogen hypothesis. Geological Survey of Denmark and Greenland. Poster.
- [133] REHDER A.(ed.) (1940): Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North-America. New York, pp. 174-183.
- [134] REIS, C., SAJO, M.G., STEHMANN, J.R. (2002): Leaf structure and taxonomy of *Petunia* and *Calibrachoa* (*Solanaceae*). *Brazilian Archives of Biology and Technology* **45**(1): 59-66.
- [135] RICHENS, R.H. (1955): Studies on *Ulmus* I. The range of variation of east Anglian elms. *Watsonia*, **3**: 138-153.
- [136] RICHENS, R.H. (1958): Studies on *Ulmus* II. The village elms of southern Cambridgeshire. *Forestry* **31**: 132-146.
- [137] RICHENS, R.H. (1959): Studies on *Ulmus* III. The village elms of Hertfordshire. *Forestry* **32**: 138-154.
- [138] RICHENS, R.H. (1961a): Studies on *Ulmus* IV. The Village elms of Huntingdonshire and a new method for exploring taxonomic discontinuity. *Forestry* **34**: 47-64.
- [139] RICHENS, R.H. (1961b): Studies on *Ulmus*. V. The village elms of Bedfordshire. *Forestry* **34**: 181-200.
- [140] RICHENS, R.H. (1965): Studies on *Ulmus* VI. Fenland elms. *Forestry* **38**(2): 225-235.
- [141] RICHENS, R.H. (1968): The correct designation of the European field elm. *Feddes Repertorium* **79**. 1-2.

- [142] RICHENS, R.H. (1976): Variation, cytogenetics and breeding of the European field elm (*Ulmus minor* sensu latissimo = *U. carpinifolia* SUCKOV). Anali za Šumarstvo (Annales Forestales) **7/4**: 105-145. Zagreb.
- [143] RICHENS, R.H. (1977): New designations in *Ulmus minor* MILL. Taxon **26**: 583-584.
- [144] RICHENS, R.H. (1980): On fine distinctions in *Ulmus* L. Taxon **29**(2/3): 305-320
- [145] RICHENS, R.H. (1983): Elm. Cambridge pp. 347.
- [146] RICHENS, R.H. (1984): *Ulmus ×hollandica* MILLER var. *insularum* RICHENS, var. nov. Watsonia **15**: 105-108.
- [147] RICHENS, R.H., JEFFERS, J.N.R. (1975): Multivariate analysis of the elms of Northern France. I. Variation within France. Silvae Gen. **25**(5-6): 141-150.
- [148] RICHENS, R.H., JEFFERS, J.N.R. (1978): Multivariate analysis of the elms of northern France. Silvae Genetica **27**(3-4): 85-95.
- [149] RICHENS, R.H., JEFFERS, J.N.R. (1985): The elms of Wales. Forestry **58**(1): 9-25.
- [150] RICHENS, R.H., JEFFERS, J.N.R. (1986): Numerical taxonomy and ethnobotany of the elms of northern Spain. Anales Jardín Botánico de Madrid **42**(2): 325-341.
- [151] RICHENS, R.H., PEARCE, N.J. (1984): Isoperxidase variations in *Ulmus* L. Forestry **57**(1): 75-84.
- [152] ROBERTS, A., WITHERS, P. (2007): StataXL 1.8. www.statistixl.com
- [153] ROTHMALER, W., SCHUBERT, R., MEUSEL, H. (1984): Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD. Band 2. 12. Auflage. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, pp. 148-149.
- [154] RUBINOFF, D., CAMERON, S., WILL, K. (2006): Are plant DNA barcodes a search for the Holy Grail? Trends in Ecology and Evolution **21**(1): 1-2.
- [155] RUHUA, H. (1999): *Ulmus pumila* LINNÉ, 1753. In: SCHÜTT P., SCHUCK H.J. et al. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse – 15. Erg. Lfg. 3/99, 1-6.
- [156] SÄVULESCU, T. (ed.) (1952): Flora Republicii Populare Romane I. pp: 337-348. Bukarest.
- [157] SCHNEIDER, C. (1916a): Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Ulmus* I. Gliederung der Gattung und Übersicht der Arten. Öster. Botanische Zeitschrift **66**(1-2): 21-34
- [158] SCHNEIDER, C. (1916b): Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Ulmus* II. Über die richtige Benennung der europäischen Ulmen-Arten. Öster. Botanische Zeitschrift **66**(3-4): 65-82.
- [159] SCHÜTT, P., SCHUCK, H.J., STIMM, B. (1992): Lexikon der Forstbotanik. Ecomed, Landsberg, pp. 538-544.
- [160] SEBERG, O., HUMPHRIES, C.J., KNAPP, S., STEVENSON, D.W., PETERSEN, G., SCHARFF, N., ANDERSEN, N.M. (2003): Shortcuts in systematics? A commentary on DNA-based taxonomy. Trends in Ecology and Evolution **18**(2): 63-65.
- [161] SHERMAN-BROYLES, S., BARKER, W.T., SCHULZ, L.M. (1997): *Ulmaceae* – Flora of North America. Oxford Univ. Press. pp. 368-375.
- [162] SHERMAN, S.L., GIANNASI, D.E. (1988): Foliar flavonoids of *Ulmus* in Eastern North America. Biochemical Systematics and Ecology **16**(1): 51-56.
- [163] SIMON, T. (2000): A magyarországi edényes flora határozója. Harasztok – Virágos növények. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. pp. 646-647.
- [164] SIMONKAI, L. (1898a): A hazánkban termő szilfa-félékről. Term. Tud. Közl. **30**: 49-50.
- [165] SIMONKAI, L. (1898b): Őshonos és termesztett szilfáink fajai. Erdészeti Lapok **37**: 159-179.
- [166] SKRZYPCZYŃSKA, M. (2002): Studies on insects and mites causing galls on the leaves of elm *Ulmus laevis* PALL. In the Mogilski Forest in southern Poland. J. Pest Science **75**: 150-151.
- [167] SNEATH, P.H.A., SOKAL, R.R. (1973): Numerical Taxonomy. Freeman, San Francisco
- [168] SOÓ, R. (1970): A magyar flóra és vegetációrendszertani-növényföldrajzi kézikönyve IV. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 485-489.

- [169] SØNDERGAARD, P., EGLI, B.R. (2006): *Zelkova abelicea* (*Ulmaceae*) in Crete: floristics, ecology, propagation and threats. *Willdenowia* **36**: 317-322.
- [170] SONG, B.H., WANG, X.Q., LI, F.Z., HONG, D.Y. (2001): Further evidence for paraphyly of the *Celtidaceae* from the chloroplast gene *matK*. *Plant Systematics and Evolution* **228**: 107-115.
- [171] SONIBARE, M.A., JAYEOLA, A.A., EGUNYOMI, A. (2004): A morphometric analysis of the genus *Ficus* Linn. (*Moraceae*). *African Journal of Biotechnology* **3**(4): 229-235.
- [172] SPLETT, S., BARTHLOTT, W., STÜTZEL, T., BARROS, M.A.G. (1993): Leaf anatomy of Brazilian *Eriocaulaceae* and its diagnostic significance. *Flora* **188**: 399-411.
- [173] SPRATT, D.A. (ed.) (1993): Prehistoric and Roman Archaeology of North-East Yorkshire. CBA Research Report 87; BAR British Series 104.
- [174] SPSS Inc. (2002). SPSS Base 12.0 for Windows User's Guide. SPSS Inc., Chicago IL.
- [175] STABENTHEINER, E., PFEIFHOFER, H.W., PETERS, J., JIMÉNEZ, M.S., MORALES, D., GRILL, D. (2004): Different surface characteristics of primary and secondary needles of *Pinus canariensis*. *Flora* **199**: 90-99.
- [176] STACE, C. (1992): New flora of the British Isles. Cambridge.
- [177] STAFFORD, P.J. (1995): The Northwest European pollen flora 53: *Ulmaceae*. Review of Paleobotany and Palynology **88**: 25-46.
- [178] STICKLEN, M.B., BOLYARD, M.G., HAJELA, R.K., DUCHENSE, L.C. (1991): Molecular and cellular aspects of Dutch elm disease. *Phytoprotection* **72**: 1-13. Review
- [179] STREIBER, N., BROWN, E.A., CONN, B.J., QUINN, C.J. (1999): Systematic studies in *Dracophyllum* (*Epacridaceae*) 1. Morphometric analyses of *Dracophyllum secundum* sensu lato. *Telopea* **8**(3): 381-391.
- [180] STURLUDOTTIR, S.A., TURNER, J. (1985): The elm decline at Pawlaw Mire: an anthropogenic interpretation. *New Phytologist* **99**: 323-329.
- [181] SUNDBERG, M. D. (1992): An introduction to stereological analysis: morphometric techniques for beginning biologists. Pages 51-72, in GOLDMAN, C.A., ANDREWS, S.E., HAUTA, P.L., KETCHUM, R. (eds.): Tested studies for laboratory teaching, Volume 6.
- [182] SYSTMA, K.J., MORAWETZ, J., PIRES, C., NEPOKROEFF, M., CONTI, E., ZJHRA, M., HALL, J.C., CHASE, M.W. (2002): Urticalean Rosids: Circumscription, Rosid ancestry, and phylogenetics based on *rbcL*, *trnL-F*, and *ndhF* sequences. *American Journal of Botany* **89**(9): 1531-1546.
- [183] SWEITZER, E.M. (1971): Comparative anatomy of *Ulmaceae*. *Journal of the Arnold Arboretum* **52**(4): 523-583.
- [184] SZURÓCZKY, Z., TÓKEI, L. (1997): Meteorológiai Alapismeretek, Egyetemi jegyzet, ELTE, Budapest
- [185] TAIA, W.K. (2004): Leaf characters within tribe *Trifolieae* (Family *Leguminosae*). *Pakistan Journal of Biological Sciences* **7**(8): 1463-1472.
- [186] TAUTZ, D., ARCTANDER, P., MINELLI, A., THOMAS, R.H., VOGLER, A.P. (2003): A plea for DNA taxonomy. *Trends in Ecology and Evolution* **18**(2): 70-74.
- [187] TERABAYASHI, S. (1991): Vernation patterns in *Celtidaceae* and *Ulmaceae* (*Urticales*), and their evolutionary and systematic implications. *Journal of Plant Research* **104**(1): 1-13.
- [188] THOME, O.W. (1886): *Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Vol. II. pp. 34-35.
- [189] THORNE, R.F. (1968): Synopsis of a putatively phylogenetic classification on the flowering plants. *Aliso* **6**: 75-76.
- [190] THORNE, R.F. (1992): Classification and geography of flowering plants. *Botanical Review* **58**: 225-348.
- [191] TOMASZEWSKI, D. (2004): The wax layer and its morphological variability in four European *Salix* species. *Flora* **199**: 320-326.

- [192] TÓTH, B. (1983): A "Puszta" (turkesztáni) szil: egy sokoldalúan új fajta. Erdészeti Közlemények **75**: 45-48.
- [193] TOWNSEND, A.M. (1975): Crossability patterns and morphological variation among elm species and hybrids. *Silvae Genetica* **24**: 18-23.
- [194] TRAXLER, G. (1977): *Ulmus procera* SALISB., Haar-Ulme, im Burgenland. Burgenländische Heimatblätter **39**: 41-43.
- [195] TUTIN, E. (1964): *Ulmus*. Flora Europaea. Cambridge Univ. Press. Vol. I. 65.
- [196] UEDA, K., KOSUGE, K., TOBE, H. (1997): A molecular phylogeny of *Celtidaceae* and *Ulmaceae* (*Urticales*) based on rbcL nucleotide sequence. *Journal of Plant Research* **110**: 171-178.
- [197] YESSON, C., RUSSEL, S.J., PARRISH, T., DALLING, J.W., GARWOOD, N.C. (2004): Phylogenetic framework for *Trema* (*Celtidaceae*). *Plant Systematics and Evolution* **248**: 85-109.
- [198] YOSHIOKA, Y., IWATA, H., HASE, N., MATSUURA, S., OHSAWA, R., NINOMIYA, S. (2006): Genetic combining ability of petal shape in garden pansy (*Viola ×wittrockiana* GAMS.) based on image analysis. *Euphytica* **151**: 311-319.
- [199] VANCSTURA, R. (1960): Lombos fák és cserjék. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 391-403.
- [200] WESTERKAMP, C., DEMMELMEYER, H. (1997): Blattoberflächen mitteleuropäischer Laubgehölze: Atlas und Bestimmungsschlüssel = Leaf Surfaces of Central European Woody Plants: Atlas and Keys. Gebrüder Borntraeger, Berlin. pp. 456-463.
- [201] WHANG, S.S., CHOI, K., HILL, R.S., PAK, J-H. (2002): A morphometric analysis of infraspecific taxa within the *Ixeris chinensis* complex (*Asteraceae*, *Lactuceae*). *Bot. Bull. Acad. Sin.* **43**: 131-138.
- [202] WIEGREFE, S.J., SYTSMA, K.J., GURIES, R.P. (1994): Phylogeny of Elms (*Ulmus*, *Ulmaceae*): Molecular evidence for a Sectional Classification. *Systematic Botany* **19**(4): 590-612.
- [203] WIEGREFE, S.J., SYTSMA, K.J., GUIRES, R.P. (1998): The *Ulmaceae*, one family or two? Evidence from chloroplast DNA restriction site mapping. *Plant Systematics and Evolution* **210**: 249-270.
- [204] WILLNER, W. (1998): Neue Befunde an *Ulmus* in Österreich. *Fl. Austr. Novit.* **5**: 26-33.
- [205] ZAVADA, M.S., KIM, M. (1996): Phylogenetic analysis of *Ulmaceae*. *Plant Systematics and Evolution* **200**(1-2): 13-20.

[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)

[www.arbolesornamentales.com/Ulmaceae.htm](http://www.arbolesornamentales.com/Ulmaceae.htm)



## 9. Ábra- és táblázatjegyzék

1. ábra Az Elsevier kiadó logója: szilre futó szőlő.....	7
2. ábra Az <i>Ulmaceae</i> s.l. család elterjedése.....	11
3. ábra Az <i>Ulmus</i> nemzetség elterjedése (Campana, Stipes 1981).....	15
4. ábra Az <i>Ulmus laevis</i> elterjedési területe .....	27
5. ábra Az <i>Ulmus glabra</i> elterjedési területe .....	29
6. ábra Az <i>Ulmus minor</i> elterjedése .....	31
7. ábra Az <i>Ulmus minor</i> subsp. <i>vulgaris</i> elterjedési területe.....	33
8. ábra Az <i>Ulmus minor</i> subsp. <i>canescens</i> elterjedési térképe .....	34
9. ábra Mezei szil rövidhajtás .....	37
10. ábra Gyűjtési helyek elhelyezkedése Magyarországon.....	39
11. ábra. Néhány tipikus szil herbáriumi lap: csak hosszúhajtásokat tartalmazó (balra), természetes, fejletlen levelű hajtás (középen), sok, egymásra halmozott rövidhajtást tartalmazó preparátum (jobbra) (Fotók: Börcsök, MTA Növénytár Kárpát-medencei Herbárium).....	40
12. ábra. Hosszú és rövidhajtások leveleinek átlagértékei és szórása a levéllemez hossza (AH), a fél levéllemez alakú tényezői (FLA, FHA, FLB, FHB), az aszimmetria (ASZ1), nyélhossz (NYH) és füleség (ASZ2) esetében.....	41
13. ábra. Hosszú és rövidhajtások leveleinek átlagértékei és szórása az erek száma (ÉR), a másodlagos fogak száma (FDB), a fogak hossza (FH), szélessége (FSZ) és mélysége (FM) esetén .....	41
15. ábra. A levéltulajdonságok mérése.....	45
16. ábra. A fogak méreteinek átlaga és szórása egy mezei szil levéllemez három régiójában (H: foghossz, Sz: fog szélesség, M: fog mélység az egyes régiókban (1-3)). 1041 kódjelű egyed vizsgálata alapján (Nyírcsaholy, 2004).....	48
19. ábra. Kerekded (1,0 hossz/szélesség értékű), átlagos elliptikus (1,6) és keskeny elliptikus (2,6) mezei szil levél. Méretarány 1:1 .....	58
20. ábra. Visszás-tojásdad, elliptikus és tojásdad mezei szil levelek (Méretarány: 3:4).....	59
22. ábra. Ívesen szívés és levágott levélvállú mezei szil levél. Méretarány 1:1.....	60
23. ábra. A fogak szélessége (FSZ) (bal oldal) és mélysége (FM) a foghossz (FH) függvényében (jobb oldalon) a mezei szil levelek esetében (n=5252).....	62
24. ábra. Változatos fog alakok mezei szil leveleken Méretarány 1:1 .....	62
25. ábra. Összefüggés vizsgálat a levelek lemezének hossza (AH) és a nagyobb (FLA) (bal) kisebb fél levéllemez szélessége (FLB) (bal) között (n = 5252) .....	65
28. ábra. A főkomponens analízis mezei szil egyedekre mezei szilre, a mért adatok alapján (n = 502).....	68

29. ábra. Mezei szil egyedek ábrázolása főkomponensek mentén, származtatott adatokból képzett főkomponenseken mezei szilekre, a származtatott adatok alapján (n = 502) .....	70
30. ábra. Mezei szil egyedek ábrázolása főkomponensek mentén, a hagyományosan felhasznált adatokból képzett főkomponenseken (n = 502) .....	71
31. ábra. Mezei szil levelek ábrázolása az első két főkomponens mentén mezei szilekre, a hagyományos adatok alapján (n = 5252).....	72
32. ábra. Mezei szil faegyedeket ábrázoló dendrogram részlete (euklideszi távolság számításával, hagyományos adatok alapján, centroid számítással képzett dendrogram, n = 502).....	73
33. ábra. Diszkriminancia analízis eredménye a hagyományosan adatok alapján képzett klaszteranalízisre. 1-4: klasztercsoportok.....	74
35. ábra. Összeaszalódott mirigyszőrök mezei szil fonákon.....	77
36. ábra. Levélhálóaljban található fedőszőrök.....	77
37. ábra. Elszórt fedőszőrök a levélfonákon.....	78
38. ábra. Fedőszőrök a levélnyélén .....	78
40. ábra. Szórtípus osztályok ábrázolása térképen .....	79
41. ábra. Tipikus angol szil levél alakok HANSON (1990) szerint. Méretarány 2:3 .....	80
42. ábra. Soproni gyűjtés leveleinek ábrázolása a mért adatok alapján képzett első két főkomponens mentén (n = 192) (telt kör: hegyi szil, üres kör: hibridnek vélt, négyszög: mezei szil).....	83
43. ábra. Soproni gyűjtés leveleinek ábrázolása a származtatott adatok alapján képzett első két főkomponens mentén (n = 192) (telt kör: hegyi szil, üres kör: hibridnek vélt, négyszög: mezei szil).....	85
44. ábra. Soproni gyűjtés leveleinek ábrázolása a hagyományos adatok alapján képzett első két főkomponens mentén (n = 192) (telt kör: hegyi szil, üres kör: hibridnek vélt, négyszög: mezei szil).....	87
46. ábra. Diszkriminancia analízis a soproni faegyedekre a hagyományos adatok alapján (1= mezei szil, 2= hibrid szil, 3=hegyi szil) .....	89
47. ábra. A soproni mintában a két egymáshoz leginkább hasonlító faegyed 1-1 levele. Baloldalon „mezei” szil, melyet utólag a holland szil taxonba ( <i>U. ×hollandica</i> ) soroltam, jobb oldalon hegyi szil levele. Méretarány 1:1.....	90
48. ábra. Az egyes főkomponensek hatása a levélalakra. Az egy főkomponensekre jellemző rekonstruált átlagos levélalak, illetve a főkomponens által képviselt változatosság jellemzése a kétszeres szórással. A nyilak a fő változásokra mutatnak, a szaggatott vonalak a levelek legszélesebb részét mutatják. ....	92
49. ábra. A mezei szil levelek ábrázolása az 1. és 2. főkomponens mentén (PC1, PC2)....	93

1. táblázat. Az ulmoid és celtoid csoport elkülönülése az <i>Ulmaceae</i> s.l. családban .....	12
2. táblázat. Az <i>Ulmaceae</i> család nemzetségei a korábbi és az aktuális jellemzések szerint	14
3. táblázat A világban ismert szilfajok, valamint azok előfordulási területe (BUHEL 2000; FU, XIN 2000; FU et al. 2003 alapján) .....	18
4. táblázat. A mintagyűjtési helyek potenciális élőhelyek közötti megoszlása .....	39
5. táblázat. A Növénytarban megvizsgált herbáriumi lapok, és a rövidhajtásokat tartalmazó lapok száma, és a téves határozások száma .....	40
6. táblázat. A vizsgált egyedek hosszú és rövidhajtásainak összehasonlítása, kiemelve a kisebb relatív variancia (H: hosszúhajtás, R: rövidhajtás) .....	42
7. táblázat. A mért és származtatott adatok összefoglalása .....	45
8. táblázat. A mezei szil (Minor 1-3) és a hegyi szil (Glabra 1-5) levélfonákán található szőrök (WESTERKAMP, DEMMELMEYER 1997) .....	52
9. táblázat. 502 mezei szil egyed 5252 levelének egyes mért és származtatott levéltulajdonságainak számtani átlagai és szórása (Gyűjtés: Magyarország, 2002-2005)..	56
10. táblázat. Néhány jellemző levél adat a mezei szil esetében, irodalmi adatok alapján, valamint azok összevont értékei ( $\Sigma$ ) és a vizsgálat során mért értékek (BZ, N=5252) .....	64
11. táblázat. Az egyes főkomponensek által leírt változatosság aránya és annak kumulálódása mezei szilekre, a mért adatok alapján.....	67
12. táblázat. A főkomponensek és a mért tulajdonságok korrelációja mezei szilekre, a mért adatok alapján (rövidítéseket lásd a szövegben).....	67
13. táblázat. Az egyes főkomponensek által leírt változatosság aránya és annak kumulálódása mezei szilekre, a származtatott adatok alapján.....	69
14. táblázat. A főkomponensek és a származtatott adatok korrelációja mezei szilekre, a származtatott adatok alapján (az egyes tengelyeket jelentősen befolyásoló tulajdonságok vastagon kiemelve) .....	69
15. táblázat. Az egyes főkomponensek által leírt változatosság aránya és annak kumulálódása mezei szilekre, a hagyományos adatok alapján.....	70
16. táblázat. A főkomponensek és a származtatott adatok korrelációja mezei szilekre, a hagyományos adatok alapján (rövidítéseket lásd a szövegben, az erős korreláció kiemelve) .....	71
17. táblázat. Szórtípusok alapján felállított osztályok, illetve az abba tartozó egyedszám .	77
18. táblázat. Korreláció a mért adatok között, a soproni minta leveleire .....	81
19. táblázat. Az egyes főkomponensek által leírt változatosság aránya és annak kumulálódása a soproni mintában, a mért adatok alapján .....	81
20. táblázat. A főkomponensek és a származtatott adatok korrelációja a soproni mintában, a mért adatok alapján (rövidítéseket lásd a szövegben, kiemelés az erős korrelációt mutatja).....	82
21. táblázat. Korreláció a származtatott adatokra, a soproni minta esetén.....	84

22. táblázat. Az egyes főkomponensek által leírt változatosság aránya és annak kumulálódása a soproni mintában, a származtatott adatok alapján .....	84
23. táblázat. A főkomponensek és a származtatott adatok korrelációja a soproni mintában, a származtatott adatok alapján (rövidítéseket lásd a szövegben, kiemelés az erős korrelációt mutatja).....	84
24. táblázat. Az egyes főkomponensek által leírt változatosság aránya és annak kumulálódása a soproni mintában, a hagyományos adatok alapján .....	86
25. táblázat. A főkomponensek és a származtatott adatok korrelációja a soproni mintában, a hagyományos adatok alapján .....	86
26. táblázat. A főkomponensek (PC) egyenkénti és kumulatív részesedése a változatosságból mezei szil levelek vizsgálatakor.....	91

## 10. Mellékletek (CD)

1. melléklet: A mezei szil egyedek gyűjtési jegyzőkönyve
2. melléklet: Hosszú- és rövidhajtások leveleinek összehasonlító értékelése
3. melléklet: Levélfogak összehasonlító táblázata
4. melléklet: A mezei szil levelek mért és származtatott adatai
5. melléklet: A mezei szil egyedeket jellemző levélváltozók
6. melléklet: A levél-változók elsozlásvizsgálata
7. melléklet: Levélváltozók közötti Spearman-féle korreláció számítása
8. melléklet: Mezei szil faegyedek és levelek főkomponens analízise
9. melléklet: Mezei szil egyedek klaszter analízise
10. melléklet: Mezei szil egyedek levélszór vizsgálata
11. melléklet: Soproni mezei szil levelek főkomponens analízise
12. melléklet: Soproni mezei szil levelek klaszter analízise és diszkriminancia értékelése
13. melléklet: Fourier analízis eredményének ábrázolása derékszögű koordinátarendszerben