SZENT ISTVÁN EGYETEM

A *GINKGO BILOBA* L. MINT PERSPEKTIVIKUS VÁROSTŰRŐ FAJ

Doktori értekezés

Koczka Noémi

Gödöllő

2001.

A Doktori Iskola

neve: Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és Kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Virányi Ferenc
egyetemi tanár, az MTA doktora
SZIE, MKK, Növényvédelemtani Tanszék

Témavezető: Dr. Dimény Judit
egyetemi tanár, mg. tud. kandidátusa
SZIE, MKK, Kertészeti Technológiai Tanszék

……. ……
A Doktori Iskola vezetőjének jóváhagyása A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS 3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS 5
2.1. A *Ginkgo biloba* L. botanikája 5
2.1.1. Eredete 5
2.1.2. Morfológiája 5
2.1.3. Előfordulása 9
2.2. A *Ginkgo biloba* L. környezeti igényei, ellenálló képessége 10
2.2.1. Környezeti igényei 10
2.2.2. Ellenálló képessége biotikus tényezőkkel szemben 10
2.2.3. Ellenálló képessége abiotikus tényezőkkel szemben 11
2.3. A *Ginkgo biloba* L. felhasználása 15
2.3.1. Dísznövényként történő felhasználás 15
2.3.1.1. Szerepe dísznövényként 15
2.3.1.2.Faiskolai nevelés 15
2.3.2. Gyógynövényként való hasznosítás 16
2.3.2.1. Gyógyászati és kozmetikai jelentősége 16
2.3.2.2. Drogtermesztés 17
2.3.3. Élelmiszerként történő felhasználás 18
2.3.3.1. A mag felhasználása 18
2.3.3.2. Magtermesztés 18
2.4. A *Ginkgo biloba* L. szaporítása 19
2.4.1. Generatív szaporítása 19
2.4.2. Vegetatív szaporítása 20
2.4.3. Mikroszaporítása 21
2.5. A *Ginkgo biloba* L. ivari meghatározása 22
2.6. Biokémiai analízisek alkalmazási lehetősége 23
2.6.1. A gélelektroforézis szerepe 23
2.6.2. Az enzimaktivitás vizsgálatának jelentősége 24
3. ANYAG ÉS MÓDSZER 27
3.1. Anyag 27
3.2. Módszer 27
3.2.1. Kadmiumtűrés vizsgálata 27
3.2.2. Sótűrés vizsgálata 29
3.2.3. Magkísérletek 29
3.2.4. Dugványozás 31
3.2.5. Izoenzim vizsgálatok keményítőgélen történő gélelektroforézissel 32
3.2.6. Izoenzim vizsgálatok poliakrilamid gélelektroforézissel (PAGE) és izoelektromos fókuszálással (IEF) 38
3.2.7. Izoenzim vizsgálatok izoelektromos fókuszálással 41
3.3. Az értékelés módja 44

3.3.1. Statisztikai értékelés 44
3.3.2. Gélek értékelése 44
4. EREDMÉNYEK 45
4.1. A kadmiumtűrés értékelése 45
4.2. A sótűrés értékelése 49
4.3. A magkísérletek értékelése 53
4.4. A dugványozás értékelése 60
4.5. A keményítő gélelektroforézissel végzett izoenzim vizsgálatok értékelése 62
4.6. A poliakrilamid gélelektroforézissel (PAGE) és izoelektromos fókuszálással (IEF) végzett izoenzim vizsgálatok értékelése 68
4.7. Az izoelektromos fókuszálással végzett izoenzim vizsgálatok értékelése 70
4.8. Új tudományos eredmények 79
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK 81
6. ÖSSZEFOGLALÁS 91
SUMMARY 95
MELLÉKLETEK 99
M1. IRODALOMJEGYZÉK 101
M2. KIEGÉSZÍTÉS AZ IRODALMI ÁTTEKINTÉSHEZ 120
M3. STATISZTIKAI TÁBLÁZATOK 126

1. BEVEZETÉS

Napjainkban sajnos egyre nagyobb méreteket ölt környezetünk károsítása. Az iparosodás, a közlekedés rohamos fejlődése és kiszélesedése, a vegyi anyagok természetbe jutása korunk legsúlyosabb problémájához vezettek. A környezetvédelem mára központi kérdéssé vált, az emberiség szinte utolsó pillanatban ismerte fel annak szükségességét.

A környezetszennyezés szempontjából talán a levegő állapota a legkritikusabb. Különböző természetes, biológiai folyamatok (pl. elhalt organizmusok bomlása) során is kerülnek a levegőbe káros gázok, de kétségtelenül a legnagyobb szennyezést az ipari üzemek és a járművek által kibocsátott gázok jelentik. A különféle gázok (CO_2, SO_2, nitrózus gázok, ózon stb.) mellett jelentős a szilárd szennyező anyagok feldúsulása is (SCHUBERT 1991).

Az emberiség történetében a természettől való legnagyobb eltávolodást, elszakadást a nagyvárosi életforma kialakulása jelentette. Az urbanizáció ugyanis gyökeresen átalakította környezetünket, a város abiotikus tényezői merőben eltérnek a természetestől. A városokba koncentrálódó ipari és szolgáltató központok, a lakosság egyre nagyobb sűrűsége erősen szennyezi az adott terület talaját, vizét, levegőjét; sőt befolyásolja annak éghajlatát is. Ezeken a károsító faktorokon kívül súlyos pszichikai megterhelést jelent az ott élő emberek számára a felgyorsult élettempó, az állandó zaj, a sivár, mesterséges épülettenger. Ezek következményeképpen lépnek fel az ún. városi ártalmak, melyekkel „kénytelen” együtt élni a városlakó (NAGY 1980).

E káros tényezők hatását mérsékelni lehet a városi zöldterületek bővítésével és az ültetett fajok számának növelésével. A városi fák, növények kettős funkciót látnak el: térképző-esztétikai és biológiai-környezetvédelmi funkciót. Az előbbi pozitív pszichikai hatás gyakorlását jelenti. Az utóbbi pedig a környezetkárosítókat hivatott megszüntetni vagy csökkenteni. A növények párásítják a levegőt, s kiegyenlítettebbé teszik a városi klímát. Térhálós felépítésükkel ideiglenesen megkötik felületükön a port, az egyéb szennyező anyagokat pedig felhalmozzák szerveikben, ezáltal tisztítják a levegőt. A növények zajcsökkentőként is igen hatásosak (NAGY 1980; JÁMBORNÉ BENCZÚR 1988).

A környezetszennyező tényezőket lehetőség szerint meg kell szüntetni, vagy legalábbis hatásukat radikálisan csökkenteni kell. Ez különböző környezetkímélő anyagok és technológiák alkalmazásával valósítható meg. Nagy szerep jut a növényeknek is, melyek tompítani tudják a környezetszennyezők hatását. Toleráns fajok, fajták telepítésével nagymértékben hozzájárulhatunk a környezet védelméhez. Hazánkban is egyrenagyobb szerep jut a stressztűrő és várostűrő fák szelekciós nemesítésének. Ebben a munkában elért eredményeivel kitűnik a Szent István Egyetem Kertészettudományi Karának Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszéke, ahol már az 1950-es években megindult a hazai dendroflóra értékeinek feltárása és elterjesztése. Munkájukat az 1980-as évek közepétől a külhonos fajok várostűrő képviselőire is kiterjesztették (SCHMIDT 2000).

A *Ginkgo biloba* L. korunk nagy „felfedezettje”. Magyar elnevezése páfrányfenyő, tudományos körökben azonban ehelyett egyre inkább a ginkgó, illetve ginkgófa megjelölést használják. A Darwin által „élő kövületnek” nevezett fa dacolva az évmilliókkal szinte változatlan formában maradt fenn, és ismét egyre elterjedtebbé válik. Ez egyrészt a leveleiből készített kivonatok csodás gyógyhatásának köszönhető, másrészt keresett díszfa (MICHEL 1986; HUH és STABA 1992; SCHMID és SCHMOLL 1994; SCHERF 1998).

A ginkgófa nagyon alkalmazkodó, világszerte megtalálható a mérsékelt övben, a mediterrán és a szubtrópusi vidékeken egyaránt. A talajjal szemben nem igényes, a szárazságot jól tűri. Bámulatos immunitással rendelkezik a kórokozókkal és kártevőkkel szemben. Regenerálódó képessége is rendkívül jó. Ráadásul ellenálló képessége az ember okozta káros hatásokkal (pl. levegő-, talajszennyezés) szemben is igen jó (MICHEL 1986; HUH és STABA 1992).

A fenti tulajdonságok alapján a ginkgófa kiválóan alkalmas utcai sorfának. A világ számos részén bebizonyosodott, hogy a legszennyezettebb, legkedvezőtlenebb körülményeket kínáló nagyvárosokban is megél. Szerencsére Magyarországon is egyre többet találkozhatunk vele. Kívánatos lenne azonban még jobban elterjeszteni a fajt, hiszen potenciális környezetvédő szerepe nagy, mindemellett nem hanyagolható el a fa esztétikai értéke sem.

A ginkgófa sok érdekes, egyedi tulajdonsággal rendelkezik, ezért feltétlenül szükséges először a faj botanikai bemutatása. Jelen munkában csak az elvégzett vizsgálatok szempontjából fontos tulajdonságokat emelem ki. Külön foglalkozom a faj felhasználási lehetőségeivel, melyek természetesen eltérő tulajdonságokkal rendelkező egyedeket, illetve fajtákat igényelnek. Eltérő lesz tehát a felhasználás szerint a szaporítás, a nevelés módja. Díszfaként történő hasznosításnál a termős egyedeket a magburok kellemetlen szaga miatt nem kedvelik. A hímnemű fák biztosítása érdekében erőfeszítések történtek a nemek morfológiai és biokémiai azonosítására a szaporítószervek megjelenése előtt (a faj csak 20-30 évesen válik ivaréretté), mely nagy kertészeti jelentősége ellenére mindezidáig nem járt sikerrel.

Célkitűzéseim a következők voltak:

1. A faj kadmium- és sótűrésének tesztelése, melyből a várostűrésre lehet következtetni.
2. A generatív szaporítás vizsgálata a legmegfelelőbb módszer kiválasztása céljából. A peroxidáz enzim aktivitás és a csírázóképesség közötti összefüggés vizsgálata.
3. Autovegetatív szaporítási kísérletekben a dugványok eredetének (anyanövény neme, a dugvány alapi, illetve csúcsi volta) hatásának vizsgálata.
4. Izoenzimes analízisek elvégzése a faj izoenzim mintázatának meghatározása és az ivari meghatározás lehetőségeinek vizsgálata céljából.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A *Ginkgo biloba* L. botanikája

2.1.1. Eredete

A *Ginkgoales* rend eredetét a fosszilis maradványok alapján a (280 millió évvel ezelőtti) perm időszakig lehet visszavezetni, amikor is képviselői az egész északi féltekén és a déli félteke egyes részein széles körben elterjedtek voltak (LÖTSCHERT 1975; MICHEL 1986). A *Ginkgo* nemzetség mintegy 180 millió éve, az alsó jura időszakban alakult ki. A kréta idején a nemzetségben több faj is megjelent (HUH és STABA 1992). Az ősi fajok maradványai a harmadkori rétegekből Magyarországon is előkerültek (HORTOBÁGYI 1986). A jégkorszak beköszöntével (2 millió éve) a legtöbb *Ginkgo*-faj kipusztult, kivéve a *Ginkgo biloba*-t, mely így vált a *Ginkgoaceae* család egyetlen túlélőjévé (DELAVEAU 1981). A megmaradt ginkgófák a dél-kínai térségből nem terjedtek el újból, ezért a modern történelem kezdetére a vadon élő ginkgófák száma csekély volt (HUH és STABA 1992).

„Élő kövület“-nek is nevezik, hiszen ez a fa a talán legrégebben élő magvas fafaj (McCLINTOCK 1989). A ginkgófa taxonómiai besorolását az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat A *Ginkgo biloba* L. botanikai besorolása (HUH és STABA 1992)

Törzs	Gymnospermatophyta
Altörzs	Coniferophytina
Osztály	Ginkgopsida
Rend	Ginkgoales
Család	Ginkgoaceae
Nemzetség	Ginkgo
Faj	biloba

2.1.2. Morfológiája

A *Ginkgo biloba* L. magyar elnevezése páfrányfenyő (illetve újabban ginkgófa), amely a rendszertani fejlődésben elfoglalt helyére utal. Egyes tulajdonságokban ugyanis a páfrányokra (csillós hímivarsejt, villás levélerezet), másokban viszont a fenyőkre (növekedés, hajtásrendszer) hasonlít (TERPÓ 1987; GENCSI és VANCSURA 1997). A ginkgófa több ezer évet is megér, a kifejlett példányok magassága általában eléri a 20-30 métert, kerülete a 7 métert (McCLINTOCK 1989; DEL TREDICI 1991).

Kétlaki. Igen ritkán előfordulnak azonban egylaki példányok is (MIYOSHI 1931; ZICK 1936; SANTAMOUR et al. 1983a; DEL TREDICI 1992b). Lombhullató fafaj.

Gyökér

A ginkgó kifejlett gyökerei az idősebb hajtásokhoz hasonlóan évgyűrűkkel rendelkeznek. A gyökércsúcs felett nem sokkal a külső sejtréteg elparásodott. A floémsejtek sok vastag háncsrostot tartalmaznak, néhány xilém parenchimasejtben pedig kristályok találhatóak (HUH és STABA 1992). A legtöbb ginkgófa gyökerén foszforfelvételt segítő mikorrhizát (*Glomus caledonium*) (FONTANA 1985; SITTE et al. 1998), valamint szimbióta nitrogénmegkötő baktériumokat találunk (SENGBUSCH 1989).

Hajtásrendszer

A *Ginkgo biloba* L. kérge fiatalon sima, világosbarna, később szürkésbarna, repedezett. Puha fája egyenes szálú, fehér, világossárga színű, selymes fényű és nem tartalmaz gyantajáratokat (SCHÜTT et al. 1984). Rovarriasztó hatással rendelkezik. Faipari felhasználását kisebb szekrények, sakkfigurák, pecsétek és apró keleti faragások készítésére korlátozzák (SCHMID és SCHMOLL 1994).

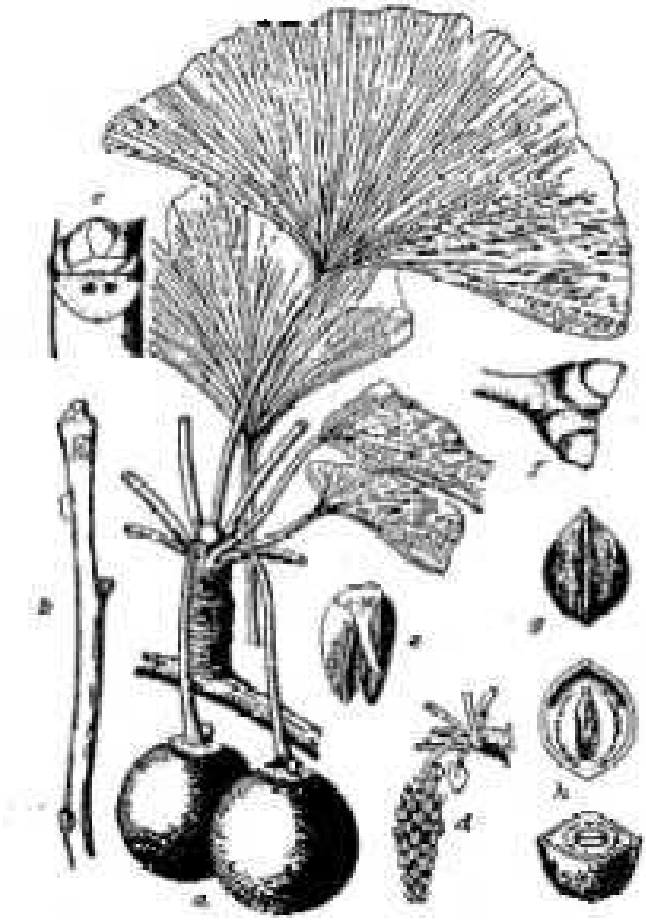
A fiatal fák ritkásan ágaznak el és kúp alakúak, az évek múltával azonban kiegészül az ágszerkezet. A ginkgó hajtásnövekedésbeli dimorfizmust mutat, melynek következtében rövid és hosszú hajtásokat fejleszt (M/1. ábra) (MARTENSEN és PROBST 1990). A fő hajtástengelyen a megnyúlt, egyenes, barnás színű hosszú hajtások a növekedés első évében jelennek meg, amelyeken spirálisan, tág térállásban helyezkednek el a levelek, mivel az internódiumok viszonylag hosszúak. A hosszú hajtások idősebb részein számos rövid hajtás található. A rövid hajtások eleinte felfelé állnak, később szétterülnek, jellegzetesen egérszürkék (CSAPODY et al. 1966). Legtipikusabb ismertetőjegyük az évek során felgyülemlett levélripacsok eredményeképpen kialakuló durva külső felszín. A hosszú és rövid hajtások keresztmetszetének vizsgálata azt mutatta, hogy a hosszú hajtásoknak vékonyabb a bélszövete, illetve a kérge; fája keményebb és több benne a nyálkás üreg, mint a rövid hajtásokban. Mind a rövid, mind a hosszú hajtásoknak jelentős másodlagos kérge van (COLLINS 1903; GUNKEL és THIMANN 1949).

A *Ginkgo biloba* L. további sajátossága az ún. „chichi”, ami japánul emlőt jelent. Anatómiailag a talajhoz közeli nagy ágak alsó oldaláról fejlődött hajtásokról van szó, amelyek pozitív geotropizmust mutatnak, és a talajfelszín elérésekor gyökeret eresztenek. Az így létrejött új „törzsön” oldalhajtások fejlődhetnek (HEGI 1935; ZOLLER 1981; DEL TREDICI 1992a; MELZHEIMER 1992).

Levél

A levelek tavasszal a hosszú hajtásokon szórtan, illetve a hosszú és a rövid hajtások végein csokorban jelennek meg. A levélerezet sugárirányú és keskeny sávokra osztja a levéllemezt (1. ábra) (KRÜSSMANN 1983; JACOB et al. 1985; KAUSSMANN és SCHIEWER 1989). Az edénynyaláb ugyanis a levélnyélen át nem folytatódik egyenesen a levéllemezben, hanem villásan két ágra válva a levél két szélén vezet végig (LÜTTGE et al. 1994), s ezekből erednek a további villás elágazású erek, hasonlóan a vénuszhaj páfrányhoz (*Adiantum* spp.) (KÁRPÁTI et al. 1968;

SZŰCS 1977). A gázcserenyílások szinte kizárólag a levél fonákán, szórtan helyezkednek el (MELZHEIMER 1992).



1. ábra A *Ginkgo biloba* L. morfológiai felépítése (KRÜSSMANN 1983 nyomán) (a/ hajtás a maggal, b/ vessző, c/ rügy, d/ hím virág, e/ porzó, f/ női virág, g-h/ mag)

A bőrszerű, legyező alakú levelek gyakran kétkaréjúak („biloba” = kétkaréjú), különösen a hosszú hajtásokon és a magoncokon (HARA 1980; HAVEN et al. 1985). A karéjozottságot és a bemetszéseket tekintve rendkívül változatos levélformák alakulnak ki. A fiatal levelek dúsan szőrözöttek, de a levél öregedésével a szőrözöttség a levélnyél alapjára korlátozódik (HUH és STABA 1992). A levelek színe a fiatalkori világoszöldről érett korukra sötétzölddé válik, majd ősszel aranysárgán pompáznak.

Virág

Virágot csak a már legalább 20-30 éves fák hoznak (SANTAMOUR et al. 1983a; STICHER et al. 1991).

A porzós virágok barkaszerű képletekként jelennek meg a hímivarú fákon, a rövid hajtás leveleinek hónaljában (3-6 darab hajtásonként) (1. ábra). Mindegyikük szórtan

elhelyezkedő mikrosporangiumokat tartalmaz (HAVEN et al. 1985). Ezekben találhatók a mikrospórák, amelyekben a hím gametofiták fejlődnek (HORTOBÁGYI 1979; HUH és STABA 1992). A rendszertani fejlődés során a *Ginkgopsida* osztályban találkozunk utoljára csillós hímivarsejttel (HORTOBÁGYI 1986).

A termős virág hosszú nyelű, a rövid hajtások csúcsán jelenik meg. Két magkezdeményt visel tövén gyűrűszerű duzzadmánnyal (1. ábra), amelyek a megporzás idején fejezik be növekedésüket (CSAPODY et al. 1966; HORTOBÁGYI 1979; JACOB et al. 1985). A *Ginkgo biloba* L. az egyetlen olyan ismert magvas növényfaj, amelynek női gametofitái klorofillt tartalmaznak (ZOLLER 1981; FRIEDMAN és GOLIBER 1986).

Magképződés

A megporzás és a mag fejlődése hosszú és összetett folyamat. Amikor a hím gametofiton tavasszal eléri a négysejtes állapotot (2 előtelepsejt, amelyből az egyik felszívódik; egy generatív és egy pollentömlő sejt), leszakad a hímivarú növényről és a szél által a magkezdeményre jut. A magkezdemény csúcsán található mikropile megporzási cseppet választ ki, amely lehetővé teszi a hímivarsejtek bejutását a mikropilébe és azon keresztül a nucellus pollenkamrájába. A magkezdeménnyel érintkezve a hím gametofiton pollentömlőt képez egy exine által nem borított területen, s a generatív sejt kettéosztódik egy spermatogén sejtre és egy nyélsejtre (amely végül visszafejlődik). Ahogy a pollentömlő keresztülnő a megasporangium szövetén, befejeződik a hím gametofiton érése. Ekkor 1 vagy 2 csillós spermasejt lép az archeogónium kamráiba, ahol az egyik citoplazmatikus pajzsot bocsát ki és összeolvad a petesejt magjával. Ez a folyamat rendkívül lassan megy végbe, hiszen a megporzás és a megtermékenyülés között több hónap telik el (KÁRPÁTI et al. 1968; LÖTSCHERT 1975; HUH és STABA 1992; DÁNOS 1997).

Az embriogenezis a gametofiták sejtmagjainak összeolvadásától a csírázásig folyamatos, bár azt az alacsony hőmérséklet megszakíthatja. Az újonnan keletkezett zigóta 256 sejtmagos állapotig folytatja az osztódást. A sejtosztódás végeztével kialakulnak a sejtfalak, amelyek elválasztják egymástól a sejtmagvakat. Bár a zigóta fejlődése mindkét archeogóniumból megindulhat, az egyik általában elpusztul, lehetővé téve ezzel a másik számára az érett maggá való fejlődést (HUH és STABA 1992; DÁNOS 1997).

A *Ginkgo biloba* L. diploid kromoszómaszáma 24, bár találtak már 16 kromoszómapárral rendelkező egyedeket is. A ginkgó hím haploid kariotípusa tíz szubtelocentrikus, egy metacentrikus és egy nagy dimorf kromoszómát tartalmaz, amely a mikrospórák mintegy felében metacentrikus, a többiben szubmedián. A szubtelocentrikus kromoszómák közül kettőnek van szatellitje, az egyiknek a rövid karon, a másiknak a hosszún. A nagy kromoszóma valószínűleg összefüggésben van az ivar meghatározásával. A diploid hím kariotípusban 3 db szatellites kromoszóma van, míg a diploid női kariotípusban négy (HUH és STABA 1992).

Mag

A fejlődés viszonylag korai szakaszában az embrióban differenciálódik a gyököcske, a rövid hipokotil, a két sziklevél és a rövid epikotil, amely levélkezdeményben végződik (ZOLLER 1981). A magkezdemény integumentuma három réteggé differenciálódik, amelyek közül a legkülső a húsos burok, a középső a csontos réteg, a legbelső réteg pedig száraz és papírszerű (1. ábra) (HAVEN et al. 1985; MARTENSEN és PROBST 1990). Az embrió és a burkoló rétegek együttesen csupasz magot alkotnak, amely az ősz közeledtével megérik. Az embrió magon belüli fejlődése csak a lehullott magban fejeződik be (HUH és STABA 1992; DÁNOS 1997).

A mag a húsos-gyantás köpennyel 25-35 mm, ovális, színe sárgás vagy sárgászöld. A csupasz mag átlagosan 20-30 mm x 16-20 mm széles, ovális, kissé lapított (DEL TREDICI 1989). Csírája központi elhelyezkedésű, egyenes. A mag felülete sima, színe barnás fehér (SCHERMANN 1966; SCHÜTT et al. 1984). A legtöbb botanikai leírás szerint a mag 2 csúcsba futó oldaléllel rendelkezik. Megfigyeléseim során azonban találtam 3 oldalélű magvakat is. Háromélű magvak létezéséről a szakirodalomban csak MELZHEIMER (1992) leírásában olvashatunk.

A mag endospermiuma rendkívül tápláló, hiszen mintegy 68 % keményítőt, 13 % fehérjét, 3 % lipidet és 1.6 % pentozánt tartalmaz (HOPPE 1981; HÄNSEL et al. 1993).

A húsos magköpeny többek között vajsavat, valeriánsavat és kapronsavat tartalmaz, ezért érése során igen kellemetlen szagot áraszt (SCHULTZE-MOTEL 1992; PARLIMENT 1995).

2.1.3. Előfordulása

A ginkgófa Délkelet-Kínában őshonos. Napjainkban már csak a kínai Tien Mu Shan hegységben találhatunk vadon nőtt példányokat (DEL TREDICI et al. 1992; HSIEH 1992; GENCSI és VANCSURA 1997). Más területekre tudatosan telepítették be annak idején. Elterjedésében nagy szerepet játszott a kínai kultúra természettisztelete. A fákat először templomkertekben ültették, majd onnan kerültek el nemcsak Ázsia, hanem a világ más részeire is. A világ legnagyobb ginkgó állományai Ázsiában (Kína, Korea, Japán) találhatóak (MICHEL 1986; SCHMID és SCHMOLL 1994).

Európába 1730-ban Japánból hozták az első *Ginkgo biloba* L. példányt, az utrechti botanikus kertbe (Hollandia) (HUH és STABA 1992). Európa utcáin és parkjaiban még ma is csak ritka díszfaként találkozunk vele. Gyógynövényként termesztve néhány országban ültetvényt létesítettek belőle.

Amerikában 1785-ben jelent meg először a ginkgó. Az 1800-as évek elején kezdett elterjedni az USA valamennyi vidékén, elsősorban magánkertekben. Az 1800-as évek végén, az 1900-as évek elején, a valódi amerikai meghonosítás után megindult a nagy mennyiségű vetőmagtermesztés. A ginkgó gyakori utcai fává vált a keleti parton, főleg a nagyvárosokban, Bostontól Washingtonig (DEL TREDICI 1991).

2.2. A *Ginkgo biloba* L. környezeti igényei, ellenálló képessége

2.2.1. Környezeti igényei

A ginkgófa nagyon alkalmazkodó, jól díszlik mind a mérsékelt övi vidékeken, mind a mediterrán és a szubtrópusi övben. Tulajdonképpen bárhol megél, ahol télen a hőmérséklet nem süllyed -30°C alá, illetve biztosított számára a közepes mennyiségű csapadék (kb. 600 mm/év) (MICHEL 1986; DEL TREDICI 1991; SCHMID és SCHMOLL 1994). Elterjedésének északi határa valószínűleg Szentpétervár vonalán fekszik (KOMAROVA és ZAMYATNIN 1990).

Teljes napsütést igényel, az árnyékot nem kedveli (DEL TREDICI 1989). Nagyon jól tűri a szárazságot, többek között ezért is ültetik egyre gyakrabban a városokban (HAN et al. 1985; KIM 1986).

A talajjal szemben nem igényes, mindenesetre jó, ha az mély rétegű és tápanyagokban gazdag (SZŰCS 1977; NAGY 1980). A legtöbb talajtípuson megél, kivéve a túl lúgosakat. Az enyhén savanyú (pH=5,5-6,5) talajt részesíti előnyben. Kedveli a szilikáttartalmú, üde talajokat, amelyek egész évben nyirkosak; a pangóvizet viszont nem tűri (DEL TREDICI 1991).

Magyarország természeti viszonyai kiválóan megfelelnek a ginkgófa igényeinek (SZABÓ és KOCZKA 1999). Bár régebben szinte kizárólag botanikus kertekben és kastélyparkokban ültették, ma már egyre többet találkozhatunk vele parkokban vagy utak mentén is.

2.2.2. Ellenálló képessége biotikus tényezőkkel szemben

Biológiai ellenálló képessége rendkívül nagy, speciális kártevője vagy kórokozója nincsen (MICHEL 1986). Inszekticid hatású (PETRI et al. 1989; HUH és STABA 1992). Levelének és gyökerének kivonata bizonyítottan gátolja a répalepke (*Pieris rapae crucivora*) és a kukoricamoly (*Ostrinia nubialis*) lárváinak fejlődését (MICHEL és HOSFORD 1988). Megfigyelték, hogy egyes bogarak inkább elpusztulnak, minthogy a ginkgó levelekből fogyasszanak. (MICHEL 1986). Ismereteink szerint a levelek és a magköpeny kivonata különböző baktériumok, pl. az *Erwinia amylovora*, az *Escherichia coli*, a *Pseudomonas phaseolicola*, a *Xanthomonas phaseoli*, a *Bacillus pumilus* és a *Bacillus subtilis* szaporodását is gátolja (ADAWADKAR és EL SOHLY 1981; MICHEL és HOSFORD 1988; MURATA et al. 1997). A levélkivonatnak némi fungicid hatása is van (MARTENSEN és PROBST 1990).

Részben biokémiai okokra vezethető vissza a ginkgófa hosszú élettartama, nagyfokú ökológiai alkalmazkodó képessége, a kártevőkkel és kórokozókkal szembeni óriási ellenálló képessége. A másodlagos anyagcseretermékeknek, például a 2-hexanalnak is szerepe lehet a növény védekezési mechanizmusában. A ginkgóban valószínűleg jelen van egy szokatlanul nagy aktivitású oxidatív enzim, amely eltér a normál lipoxidáztól (HUH és STABA 1992; SCHMID és SCHMOLL 1994).

2.2.3. Ellenálló képessége abiotikus tényezőkkel szemben

Az értekezés terjedelme korlátozott, ezért ebben a részben csak a legfontosabb abiotikus stresszfaktorokat mutatom be.

Légszennyezés

A légszennyezők (elsősorban SO_2) hatását különböző fafajoknál számos szerző vizsgálta, a stresszhatást a növények növekedésében, illetve biokémiai folyamataiban bekövetkezett változások alapján kísérték nyomon. RYAZANTSEVA et al. (1989) a vörösfenyőnél (*Larix decidua* L.) a légszennyezés hatására a fotoszintézis és a légzés gátlását tapasztalta. AGRAWAL et al. (1991) városok és ipari körzetek levegőszennyezettségének (110-125 $\mu g/m^3$ SO_2) biomonitoringja során különböző fajokat vizsgáltak. A biokémiai változások azonosak voltak (a klorofill- és aszkorbinsavtartalom, illetve a levélkivonat pH-ja csökkent, a szárazanyag tartalom nőtt), erősségük azonban eltért, ami alapján tűrőképességüket értékelték. SHEU (1994*) Schima superba var. superba* SO_2-szennyezésre (325 ppb SO_2 4 héten át) bekövetkező reakcióit vizsgálta. A fotoszintetikus aktivitás a stressz hatására azonnal csökkenni kezdett, és négy hét elteltével a törzsátmérő, a növénymagasság, valamint a gyökértömeg szignifikánsan kisebb volt, mint a kezeletlen egyedeknél. Lengyel kutatók ipari körzetekben az erdei fenyő (*Pinus sylvestris* L.) károsodását vizsgálva megállapították, hogy a a szennyezés hatására a növények karotinoidtartalma csökkent, a zöld és sárga színtestek aránya megváltozott, a fotoszintézis gátlódott, a sejtek citoplazmájának pufferhatása csökkent, a peroxidáz aktivitás pedig nőtt (SYARGEICHYK és SYARGEICHYK 1994). Számos, a légszennyezés hatását vizsgáló analízisben mérték különböző fafajok peroxidáz enzim aktivitását, ami a stressz bekövetkeztével szignifikánsan megnőtt (KELLER 1984; NYMAN 1986; BENDER et al. 1990; SHEU 1994; PUCCINELLI et al. 1998; ROITTO et al. 1999).

A ginkgófa nemcsak a biológiai környezet tényezői tolerálja, hanem figyelemre méltóan védi ki a modern kor ember okozta káros hatásait is. Rendkívül ellenálló ugyanis például az ipari és kipufogó gázokkal szemben (MICHEL 1986; SCHMID és SCHMOLL 1994). A ginkgófa a tartós SO_2 légszennyezéssel szemben csak kissé érzékeny, és ezzel kitűnik a többi fafaj általános érzékenysége mellett (UMBACH és DAVIS 1984; KIM 1986; HUANG et al. 1990; SCHUBERT 1991).

Sugárzás

A Földünket védő ózonpajzs károsodása miatt egyre erősebb sugárzás ér bennünket. A különböző organizmusok eltérő sugárzás rezisztenciája abból adódik, hogy az érzékenyebb élőlényekben vagy több káros molekuláris megváltozás történik, vagy kevésbé hatékonyan tudják a sugárzás okozta DNS-hibákat kijavítani, mint az ellenállóbb szervezetek. A zöld növények is erős sugárzásnak vannak kitéve a természetben, úgyhogy elég gyakorinak kellene lenniük a genetikai károsodásoknak, főleg az ivarsejtekben. A magasabb rendű növények képesek tehát az UV-indukált DNS-sérülések helyreállítására. A javító mechanizmusok hatékonyságát többek között a ginkgófa sejtkultúráinál is kimutatták (HOCK és ELSTNER 1988). A különböző

sugárzások hatására fokozott mértékben keletkeznek szabad gyökök a szervezetben, amelyek a sejtmembránt roncsolják. A ginkgófa levelének kivonata bizonyítottan jó szabad gyökfogó tulajdonsággal bír (SCHILCHER 1988).

Kadmium

Az élőlényekre, így a növényekre ható egyik legfontosabb környezeti stresszt az egyre erősödő nehézfém szennyezés okozza. Kutatásaim során a nehézfémek közül a kadmium hatását vizsgáltam a ginkgófa esetében, ezért csak ezt mutatom be a toxikus fémek közül.

A kadmium (Cd) például az ólom és a higany mellett az egyik legmérgezőbb nehézfém. Elsősorban ipari folyamatok során kerül a légkörbe, természetes forrása a vulkáni kibocsátás. A légköri Cd a talajban, a felszíni vizekben és a növényzetben halmozódik fel. A növények kadmium felvétele elsősorban a gyökéren keresztül történik, de bekövetkezhet a levelek felületére került porból is. Felvehetőségét befolyásolja a talajban található Cd-vegyület típusa és koncentrációja, a talaj-pH, más elemek, pl. a Zn, a komplexképzők és a szerves humusz jelenléte, a környezeti tényezők, valamint a növény faja és életkora (ERNST 1980; GODBOLD 1991; ALLOWAY 1995; CIESLINSKI et al. 1995; LÁNG 1998; PAIS 1999). Mozgása a gyökéren keresztül valószínűleg szimplazmatikus. A xilemen keresztül a hajtásba szállítódik és akkumulálódik. A legnagyobb mennyiségben azonban a gyökérben halmozódik fel (SCHULTZ és LAMERSDORF 1989; LÁNG 1998; TAHLIL et al. 1999). Egyes fajok (pl. *Tamarix aphylla*) képesek a kadmium szekréciójára, ezzel csökkentik a káros terhelést (HAGEMEYER és WAISEL 1988).

A kadmium a növekedést mind a gyökérben, mind a hajtásban erősen gátolja (BERTELS et al. 1989; GODBOLD 1991; YADAV és YADAV 1995; GWOZDZ et al. 1997). Ennek elsődleges oka valószínűleg a turgorpotenciálra és a sejtfal rugalmasságára gyakorolt hatása. A Cd-kezelt növények sztómái gyakran zártak vagy csak alig nyitottak, aminek következtében a transzspiráció gátlódik (LÁNG 1998). Ezenkívül a Cd gátolja a vízfelvételt és a vízmozgást a növényben. Hatására a kloroplasztiszok kisebbek, nem akkumulálnak keményítőt és membránszerkezetük is kevésbé fejlett. A Cd befolyásolja a membránok tulajdonságait is. Ennek oka egyrészt az, hogy kapcsolódhat a membránban található fehérjék funkciócsoportjaihoz, másrészt a különböző zsírsavak szintézisének gátlása révén megváltoztatja a lipidösszetételt is, úgy, hogy annak következtében a membránok permeabilitása megnő (DE VOS et al. 1989; NOVER 1989; SOMESSHKARAIAH et al. 1992; CSATHÓ 1994; NEUMANN et al. 1994).

A Cd gátolja a klorofill bioszintézisét, ezenkívül a fotoszintézis folyamata több ponton is gátlódik, ilyen pontok a PSII oxidáló oldala, a PSI redukáló oldala (NADP-oxidoreduktáz), valamint a Calvin-ciklus több reakciója (KRUPA et al. 1987; KRUPA et al. 1992; KRUPA és BASZYNSKI 1995; CHUGH és SAWHNEY 1999; TZIVELEKA et al. 1999). Újabb kutatások szerint a klorofilltartalom csökkenése és ezen keresztül a növekedésgátlás elsődlegesen a vasfelvétellel hozható összefüggésbe (LI et al. 1992). Bebizonyosodott ugyanis, hogy tápoldatban alkalmazva a kadmium erősen gátolja a vas felvételét és részben ennek eredményeképpen klorózist okoz. A

Cd a légzési folyamatokat is gátolja (LÁNG 1998; SIEDLECKA és KRUPA 1999) és öregedési folyamatot indukál, amit a hidrolitikus enzimek aktivitásnövekedése is mutat (LÁNG 1998).

A nehézfémek, így a kadmium károsító hatását évtizedek óta vizsgálják. Számos utalás található a különböző fafajok levegő-, illetve talajszennyezés hatására bekövetkező kadmium akkumulációjára (KORCAK 1989; SCHULTZ és LAMERSDORF 1989; LUKASZEWSKI et al. 1993; SUPUKA 1993; QIAN et al. 1993; SCHAUMLÖFFEL et al. 1998; JENTSCHKE et al. 1999). A kadmium terhelésnek kitett fák gyökértömege szignifikánsan csökken (BERTELS et al. 1989; GODBOLD 1991; BRECKLE és KAHLE 1992; GWOZDZ et al. 1997). Nehézfém szennyezés hatásának vizsgálatakor HAWRYS (1984) a levelek pufferhatásának csökkenését és a peroxidázok működésének zavarát figyelte meg.

TAHLIL et al. (1999) spárgatökkel (*Cucurbita pepo* L.) végzett kutatásai során megállapították, hogy kadmiumstresszre (5 μg/g Cd) nagy mértékű változások következnek be a peroxidáz enzim aktivitásában és izoenzim összetételében, ezért a peroxidázt a kadmiumstressz jó bioindikátorának tartják. LI et al. (1992) dohánynövénnyel (*Nicotiana tabacum* L.) végzett kísérletei során (10-150 ppm Cd tápoldatba juttatásakor) a talaj kadmiumtartalmának növekedésével csökkent a levelek klorofill- és nikotintartalma, fehérjetartalma viszont nőtt. A növekvő stresszre a peroxidáz enzim aktivitása egyértelműen nőtt. Rizs (*Oryza sativa* L.) csíranövényekkel végzett kísérletben WANG et al. (2000) kadmium stressz hatására a növekedés gátlását tapasztalták, viszont az alkalmazott koncentrációkban (0.05-10 mM/l Cd^{2+}) a kadmium nem okozott változást sem a kataláz, sem a peroxidáz enzim aktivitásában. Lengyel kutatók a sárga csillagfürt (*Lupinus luteus* L.) nehézfémstresszre (35 mg/l $Cd(NO_3)_2$, 50-350 mg/l $Pb(NO_3)_2$, 16.5 mg/l $Cu(NO_3)_2$) adott enzimreakcióit vizsgálták, s a stresszenzimek aktivitásának növekedését tapasztalták (GWOZDZ et al. 1997). KONG et al. (1999) kukoricával (*Zea mays* L.) folytatott kísérleteiben (0.05-1 mM/l Cd^{2+}) növekvő kadmiumkoncentrációra a peroxidáz aktivitásának egyértelmű növekedését tapasztalták. LESKÓ (2001) a búza (*Triticum aestivum* L.) kadmiumtűrését vizsgálta hidrokultúrás egyedeken. A kadmiumstresszre (10^{-3}-10^{-7} M Cd^{2+})a levelekben és a gyökerekben a növekvő kadmium koncentrációval arányosan fokozódott a szabad aminosavak felhalmozódása, valamint a peroxidáz enzim aktivitása szignifikánsan nőtt mindkét vizsgált növényi részben.

Hazai kutatások szerint titán-aszkorbát hozzáadásával csökkenteni lehet a kadmium káros hatását (PAIS 1983; STEFANOVITS-BÁNYAI et al. 1998a; LESKÓ et al. 2001).

A szakirodalomban a ginkgó kadmiumstresszre adott enzimatikus reakciójának vizsgálatára nincs utalás, ezért választottam ezt kutatásom egyik részfeladatául.

Só (NaCl)

A talaj sótartalmának túlzott megnövekedése (sóstressz) az ozmotikus vízmegkötés és egyes specifikus ionhatások révén terheli meg a növény anyagcseréjét. A Na^+ és Cl^- ionok feleslege felborítja a sejtek ionegyensúlyát, ugyanakkor egyes enzimekre, illetve membránokra is hat. Mindezek következtében a fotoszintézis

intenzitása csökken, a légzés gátlódhat, de serkentődhet is, a növekedési folyamatok pedig lelassulnak. A sóstressz is rendszerint oxidatív stresszel jár együtt. Ugyanakkor viszont számos növény, sőt növénycsoport képes arra, hogy sós talajokon éljen. Az ilyen sórezisztens növények vagy aktív anyagcsere folyamatokkal szabályozzák sóháztartásukat (például sókizárással, sókiválasztással), vagy stresszproteinek, citoplazmatikus ozmotikumok segítségével tolerálják protoplazmájuk magasabb sókoncentrációját (LÁNG 1998).

Az enzimanalízisek a sóstressztűrés értékelésénél is nagy szerepet játszanak. A *Vitis vulpina* sótűrését vizsgálva megállapították, hogy a tápoldat sókoncentrációjának (0-225 mM NaCl) növekedésével nőtt a kataláz, az aszkorbát peroxidáz és a guaiacol peroxidáz enzimek aktivitása (LIAO et al. 1997). CONVERSO et al. (1997) búzán (*Triticum aestivum* L.) végzett kísérleteikkel bebizonyították, hogy a sóstressz a növény növekedését gátolja és klorózist okoz a leveleken. A stressz következtében a peroxidáz enzim aktivitása szignifikánsan nőtt. A gyapot (*Gossypium hirsutum* L.) esetében is fokozódott a sóstressz (0-150 mM NaCl) hatására például a kataláz, a peroxidáz, a glutamát dehidrogenáz és a szuperoxid dizmutáz aktivitása (FOWLER et al. 1997). BANKS et al. (1997) szerint a különböző gyapotfajtáknál a sótűrésben tapasztalt eltérések az antioxidáns enzimek eltérő szabályozásával függnek össze. Dohánnyal (*Nicotiana tabacum* L.) végzett kísérletek során a peroxidáz aktivitás egyértelmű növekedését tapasztalták sóstressz (85 és 171 mM NaCl) hatására (GANGOPADHYAY et al. 1996).

A sóstressz hatását KIM (1986) ginkgó levelek szövettani analízisével követte nyomon. A magas sókoncentráció hipertrófiát okozott az epidermiszben és a xilemben, valamint enyhe zsugorodást a floemban; a szövetek azonban nem haltak el. TOWNSEND (1984) két különböző közegben (vályogtalajban, illetve tőzeg, perlit és homok keverékében) vizsgálta más fajokkal összehasonlítva a ginkgó magoncok sótűrését. A növények elemösszetétele alapján megállapította, hogy a ginkgó nagyon jól tűri a sóstresszt, amely eredmény egyezik a szerző által korábban, hidrokultúrában végzett kísérleteinek tapasztalatával. Hasonló eredményre jutott OKINAKA és SUGAHARA (1986), akik tápoldatos kísérletben a sótűrés jellemzésére a levelek Cl^- felhalmozását vizsgálták. Kínai kutatók különböző gyümölcsfával végeztek többéves kísérleteket viszonylag magas sókoncentráció (0.2 - 0.5 % NaCl) alkalmazásával. A stressz hatására bekövetkező változások értékelése alapján a ginkgó kiemelkedett igen jó sótűrésével (MA et al. 1996).

A ginkgó esetében a sóstressz enzimatikus analízisével kapcsolatban a szakirodalom alapján nem folytak kísérletek, ezért tűztem ki célul többek között ennek vizsgálatát.

2.3. A *Ginkgo biloba* L. felhasználása

2.3.1. Dísznövényként történő felhasználás

2.3.1.1. Szerepe dísznövényként

A ginkgófa impozáns megjelenése, különleges levélformája, illetve aranysárga őszi színeződése miatt kedvelt díszfa. Elsősorban szoliterként érvényesül.

A városokban az útmenti sorfáknak speciális feltételeknek kell megfelelniük. Így azok a fajok alkalmasak, amelyek egyenes törzset és felálló vagy gömb koronát nevelnek, valamint ágaik nem törékenyek. Városi ültetés esetén mindemellett a fáknak kiváló tűrőképességgel is kell rendelkezniük. Ezt a növénycsoportot éri ugyanis a legtöbb és a legerősebb károsító hatás az ember alkotta környezetben: kipufogó gázok, taposás, ágletörés, sebzés, sózás, a talaj szárazsága, levegőtlensége stb. . A talajban húzódó közművek javítása, cseréje során gyökérzetük súlyos sérüléseket szenvedhet, koronájuknak pedig bírnia kell az időnkénti csonkolást. Ebből adódóan rendkívül fontos feltétel a fajmegválasztásnál a jó regenerálódó képesség is (NAGY 1980).

A ginkgófa jó ellenálló képessége mellett regenerálódó képessége is rendkívül figyelemre méltó. A Hiroshimára ledobott atombomba elpusztította az érintett területen az embereket, valamint a teljes flórát és faunát. Az elégett ginkgófák azonban a következő tavasszal újra kizöldültek (MICHEL 1986). Jól tűri a csonkolást és a szárazságot. Bámulatos módon kihajt a már elszáradt, erősen sérült példány is (KOCZKA 1995).

A fenti feltételeket figyelembe véve a ginkgófa kiválóan alkalmas utcai sorfának. Míg a hazai irodalomban NAGY (1980) csak kisebb városokban, nagyvárosok peremrészein vagy kevésbé forgalmas utcákban való telepítésre javasolja a ginkgót; a világ számos részén bebizonyosodott azóta, hogy a fa a súlyosan szennyezett környezethez és az extrém feltételekhez is alkalmazkodni tud. Nagyon jól megél a világvárosok legforgalmasabb utcáin is, így például Frankfurtban, Shanghaiban, Sendaiban, Tokióban, Szöulban és New Yorkban (MICHEL 1986; HSIEH 1992; SCHMID és SCHMOLL 1994). Az USA-ban a különböző juharfélék után a ginkgó a leggyakoribb utcai fa. Hazánkban nagyobb számban Budapesten és Szegeden láthatjuk, utóbbi helyen egész utcákat díszít.

2.3.1.2. Faiskolai nevelés

Magyarországon általában a generatív szaporítást alkalmazzák, mert ez a legolcsóbb és a legegyszerűbb mód. A magvakat a húsos burokkal együtt november-december táján gyűjtik össze a parkokból. A magköpenyt folyó vízben történő áztatással távolítják el. Ha a magvakat csak a tél végén mossák ki, azokat a szabadban lehet tárolni, takarásuk nem szükséges. Amennyiben a tisztítást már korábban elvégezték, a magvakat gondosan megszárítva, zsákokban pincében tárolják. A magvak fő ellensége az egér és a mezei pocok, tároláskor ügyelni kell, nehogy hozzáférhessenek a szaporító anyaghoz (KOCZKA 1995).

Bár a ginkgófa igen ellenálló, csíráját, fiatal növényképét megtámadhatják a *Fusarium* fajok, amelyek csírapusztulást, illetve később csemetedőlést okoznak. A növények a talajfelszín közelében elszíneződnek, elvékonyodnak, megrothadnak, kidőlnek, végül elpusztulnak (SCHMID és SCHMOLL 1994; KOCZKA 1995). Ezért a magvakat kaptán (Orthocid 50) és ditiokarbamát (Zineb 80 WP) hatóanyagú szerekkel csávázzák. A talajlakó kártevők ellen talajfertőtlenítéssel védekeznek. Őszi vetés esetén valamivel gyengébb a kelési arány, a kemény tél is károsíthat, de a legnagyobb veszteséget a rágcsálók okozzák. Éppen ezért a fenyőkhöz hasonlóan a kora tavaszi vetést alkalmazzák (KOCZKA 1995).

A nevelés három-öt évig tart. Az egyik nevelési módszer szerint a csemetét a magvetéstől három évig ugyanabban az ágyásban hagyják. Az eredmény nagyon szép formájú, egyenes, nyurga (min. 50-60 cm), erőteljes gyökérzetű, eladásra kész anyag. A másik módszer szerint viszont a növényeket az első vagy a második évben átiskolázzák. Újabb két év után érik el a 40-60 cm-es magasságot. Ekkor már eladhatók a csemeték, vagy pedig tovább nevelik őket. Suhángneveléskor folyóméterenként 3 db fácskát ültetnek, a sortávolság a kitermelő eszköz szélességétől függ (kézi kitermelésnél 60 cm, gépinél 80 vagy 100 cm) (KOCZKA 1995).

A fa növekedési erélyét általában gyengének ítélik meg, pedig kedvező körülmények között dinamikusan fejlődik. Már közepes talajtermékenység esetén is gyorsan nő, fiatal korban átlagosan 0.5 métert évente. 5-6 éves korára eléri a 2-3 métert. A szexuális érés kezdetével általában lelassul a hosszanti növekedés, viszont fokozódik az oldal irányú terjeszkedés, s így kiegészül az addig elég ritka ágszerkezet. A növekedési ráta 40-110 éves kor között folyamatosan csökken, majd 110 és 150-200 év között nagyjából konstanssá válik. Az ennél idősebb fák magassága már nem változik (DEL TREDICI 1991).

A szelektált fajták száma a faj „ritkaságához” képest meglepően nagy. A leggyakrabban ültetett fajták például: Fastigiata, Lakeview, Palo Alto, Princeton Sentry, San José Gold, Santa Cruz, Sarotaga, Variegata (ORLÓCI 2000). A dísznövényként hasznosított leggyakoribb fajták leírását a Melléklet (M/1. táblázat) tartalmazza.

Hazánkban a díszfaiskolai termesztésben egyelőre csak kevés fajtát találunk, de például a Tahi Faiskolában a fajták szemzéssel történő felszaporítása folyamatban van. Számos magyar nemesítésű fajtánk is van, például Barabitsii, Hungaria, Katlan, Magyar, Oszlopos Tekeres (ORLÓCI 2000). (A magyar fajták leírását a M/2. táblázat tartalmazza.) A hazai fajtanemesítés dr. Barabits Elemér nevéhez fűződik. A fajtahonosítás jelenleg dr. Orlóci László vezetésével folyik, félüzemi kísérletében 14 fajta szerepel.

2.3.2. Gyógynövényként való hasznosítása

2.3.2.1. Gyógyászati és kozmetikai jelentősége

A ginkgót már a XIV. században megjelent kínai füvészkönyvek is megemlítik, de a hagyományos hindu gyógyászatban is fellelhető. A levelek főzetének jótékony hatása régóta ismert, a kínai terápia elsősorban asztma elleni inhalációra és sebek kezelésére

ajánlja. (MICHEL 1986; SCHMID és SCHMOLL 1994). A modern klinikai kísérletek számos új gyógyhatását fedték fel, melyeket széles körű klinikai kísérletekkel és terápiás gyakorlattal támasztanak alá. A nyugati gyógyászatban a standardizált levélkivonatot használják (GBE= Ginkgo biloba extractum).

A növényi kivonat elsődleges gyógyászati jelentőségű összetevői a terpénekhez tartozó ginkgolidok, valamint a flavonoidok (HÖLZL 1992; STICHER 1992; WICHTL 1997).

Ezek a vegyületek elsősorban a vérkeringési rendellenességek kezelésénél játszanak szerepet. Hatásukra kitágulnak a vérerek, ezáltal fokozódik a vérellátás (PETRI et al., 1989; HÄNSEL, 1991). Csökkentik a vér kórosan megnövekedett viszkozitását, így megkönnyítik a vér áramlását (SCHNEIDER 1990; RÁCZ et al. 1992; BROWN 1994b). Javítják az agy vérellátását, az ingerületátadási folyamatok segítésével fokozzák a szellemi teljesítő képességet (DE FEUDIS et al. 1985; OBERPICHLER-SCHWENK és KRIEGLSTEIN 1992). Sokat ígérőek az eredmények az agyműködési zavarok (HERRSCHAFT 1992; BROWN 1994a), a trombózis (RÁCZ et al. 1992) és a toxikus sokk (SCHILCHER 1988) kezelésében is. A ginkgókivonat hatóanyagai révén antioxidáns és gyökfogó tulajdonságokkal rendelkezik (SCHILCHER 1988; JOYEUX et al. 1995; MARCOCCI et al. 1994). Külsőleg alkalmazva a levél kivonata fekélyek kezelésére használható (PETRI et al. 1989). És még egy, nem elhanyagolható jellemző: a levélkivonatnak nincsenek mellékhatásai (BRAUN és FROHNE 1987; PETRI et al. 1989).

A nagy gyógyászati jelentőség mellett viszonylag kevésbé ismertek a növényből készült kozmetikai termékek. A húsos magköpenyből Ázsiában szappant és mosószert állítanak elő (HUH és STABA 1992). Az embrióban és a szarkotesztában lévő anyagok különböző arcápoló krémek készítésénél játszanak szerepet, ránctalanító hatással rendelkeznek (SCHMID és SCHMOLL 1994). A arcápoló krémeknél levélkivonatot is alkalmaznak, amely véráramlást segítő hatásával növeli a sejtek tápanyag- és oxigénfelvételét. A hajápolókban található levélkivonat gátolja a napfény keratinroncsoló hatását és erősíti a hajat. Lábápolásra is kiválóan alkalmasak a levélkivonatból készült termékek, amelyek ugyanis a rossz vérkeringés és a lábzsibbadás problémáit enyhítik (KOCZKA és STEFANOVITSNÉ BÁNYAI 1999).

2.3.2.2. Drogtermesztés

A gyógyszeripar a ginkgolid kivonat előállítása céljából nagy mennyiségű ginkgó levelet vásárol fel. A fő drogtermelő országok: Kína, Japán, Észak- és Dél-Korea, illetve USA, Franciaország és Németország (GINKGO UND CRATAEGUS 1997).

Ázsiában a nagy mennyiségű ginkgólevél természetes állományokból származik. A betakarítás módja eléggé kezdetleges, a leveleket vagy a fára felmászva letépik, vagy egyes ágakkal együtt levágják. Nyugaton a ginkgót ültetvényeken nagyüzemileg termesztik, például Franciaországban (Bordeaux) és az USA-ban (Sumter, Dél-Carolina) (DEL TREDICI 1991; JANICK és SIMON 1993). Sövényművelést alkalmaznak, a tőszám kb. 25 ezer fa/ha. Az ültetvényekről a leveleket augusztus közepétől szeptember közepéig géppel takarítják be, amikor még élénk zöld színűek. A

hozam 3-4 t száraz levél hektáronként. Télen, a betakarítás után erősen visszametszik a fákat, hogy többszörös elágazást indukáljanak, és hogy a könnyebb gépi betakarítás miatt alacsonyak maradjanak a fák. (McCLINTIC 1991.)

A zölden betakarított levelek nedvességtartalma kb. 75 %, amelyet 12 %-ra csökkentenek. Ázsiában ezt hagyományos légszárítással érik el, Nyugaton viszont erre szárítóberendezésben kerül sor. A száraz leveleket bálákba kötik, hogy megakadályozzák a visszanedvesedést és az erjedést. Az elsődleges feldolgozás ezzel lezárul, a bálázott levelek tovább kerülnek fermentálásra (DEL TREDICI 1991).

2.3.3. Élelmiszerként történő felhasználás

2.3.3.1. A mag felhasználása

A lipidvegyületekben gazdag nyers ginkgómag az ember számára mérgező. Feldolgozatlanul csak a hagyományos kínai gyógyászat használja fel (PERRY 1984).

Fogyasztásra csak főzés vagy pörkölés után alkalmas a mag. Ázsiában különleges csemegének számít, a földi mogyoróhoz hasonlóan pörkölve, konzervben vagy fémmel bevont tasakokban hozzák forgalomba. Egy másik elkészítési mód szerint cukrozott vízben főzik, amíg a kemény héj felnyílik és a belső magot ki lehet venni. Ízesítőként számos más ételhez keverhető. A ginkgómag állaga és íze a szelíd gesztenyére emlékeztet (PORTERFIELD 1940; DEL TREDICI 1991; RÁCZ et al. 1992). Nagy mennyiségben fogyasztva azonban a hőkezelt mag is toxikus (HUH és STABA 1992).

2.3.3.2. Magtermesztés

Míg Nyugaton elsősorban díszfaként ültetik a ginkgót, Ázsiában a figyelem középpontjában az ehető magvak termesztése áll. SANTAMOUR et al. (1983b) szerint a kínai kertészek minimum 28 fajtát szelektáltak ki kizárólag a magvak nagysága és alakja szerint (M/3. táblázat). Kínában, a Dongting-hegységben található az egyik legnagyobb ginkgó magtermő ültetvény. Innen származik a Dongtinghuang („Dongting királya”) fajta, amelynek az összes ginkgófajta közül a legnagyobb a magja (DEL TREDICI 1991).

Ha a magjáért termesztik a ginkgót, a szaporító anyagot általában női hajtás magoncgyökérre való oltásával nyerik. A magtermő ültetvényeken az idős oltott fák alig magasabbak öt méternél és a talajhoz közel elágaznak. Hiányzik róluk a sudár és a spirális ágszerkezet, ami megkönnyíti a betakarítást. A női oltványok az oltás után 3-5 év elteltével fordulnak termőre. Az ültetvényekben a hím és női egyedek aránya kb. 3-5 : 100, ami a hatékony megporzást és a nagy magtermést szolgálja. A ginkgófa minden második évben hoz bő termést, a kihagyó években viszont elég keveset terem (DEL TREDICI 1991).

Kínában a ginkgó termésének betakarítása és elsődleges feldolgozása hagyományos módon történik, ami sok kézi munkát igényel. A terméseket technológiai érettségben, szeptember közepén leverik a fákról, vagy lehullásuk után felszedik a földről. Az összegyűjtött magvakról eltávolítják a magköpenyt, 1-2 hétig levegőn

szárítják a magvakat, majd becsomagolva hűvös helyen tárolják azokat. A maghozam jelentős mértékben függ a fa korától és méretétől, átlagosan kb. 100-200 kg/fa (DEL TREDICI 1991).

2.4. A *Ginkgo biloba* L. szaporítása

2.4.1. Generatív szaporítása

A sikeres megporzáshoz és termékenyüléshez feltétlenül szükséges a porzós fák közelsége (BÄRTELS 1989; GENCSI és VANCSURA 1997). Fontos a megfelelő ivararány is, különben embrió nélküli, és így természetesen csíraképtelen magvak képződnek (SANTAMOUR et al. 1983a; DEL TREDICI 1989; MELZHEIMER 1992). Jelentős különbség adódik a magvak csíraképességében az egyes évjáratok között, bizonyítva ezzel az időjárás termékenyülésre gyakorolt erős hatását (DEL TREDICI 1991).

Mivel a megporzást követően nem mindegyik mag termékenyül meg, viszonylag gyenge a csírázási százalék (MELZHEIMER 1992). MICHEL (1986) szerint az átlagos csírázási képesség 60 % körüli. A hazánkban jelenleg érvényes szabvány szerint az első osztályú magvaknak legalább 70, a másodosztályúaknak viszont csak minimum 30 %-os csírázóképességgel kell rendelkezniük (MSZ 13385-1:1992).

A magvak életképessége száraz körülmények között és az idő múlásával gyorsan csökken (HUH és STABA 1992). A MSZ 13385-2:1992 szerint a ginkgó esetében a magvak fémzárolásának érvényessége 3 hónap.

A szakirodalom meglehetősen eltérő adatokkal szolgál a ginkgófa generatív szaporítását illetően. A legtöbb mű azonban megegyezik abban, hogy a magvak rétegezését javasolja. Egyes szerzők szerint kb. 4 hónapig (DIRR és HEUSER 1987), vagy akár egy évig (PROBOCSKAI 1969; SZŰCS 1977; MICHEL 1986; HUH és STABA 1992; MELZHEIMER 1992) kell a magvakat homok-tőzeg keverékében tartani, míg BÄRTELS (1989) szerint másfél évnek kell eltelnie a megfelelő csírázáshoz. DIRR és HEUSER (1987) friss magvaknál 29 %, míg rétegezetteknél 62 % csírázást ért el. A hazai termesztői tapasztalatok viszont cáfolni látszanak a rétegezés szükségességét (KOCZKA 1995). Fontos azonban, hogy a magvakat hűvös, nyirkos helyen tároljuk, különben hajlamossá válnak az elfekvésre (HUH és STABA 1992, SCHMIDT 1996).

Eltérő a magvetés előtti forró vizes kezelés hatékonyságának megítélése is. MELZHEIMER (1992) szerint ez egyáltalán nem hoz jobb csírázási eredményt. PROBOCSKAI (1969) ajánlása alapján a magvakat vetés előtt pár óráig meleg vízben kell áztatni, hogy a maghéj megpuhuljon, míg BÄRTELS (1989) szerint ezt néhány másodperces forrázással lehet leginkább elérni.

2.4.2. Vegetatív szaporítása

A ginkgó díszfaként történő hasznosításánál (a magköpeny vajsavas erjedésekor keletkező kellemetlen szag miatt) a porzós fák kívánatosabbak dísznövények (DIÓSZEGI 1992; SCHMID és SCHMOLL 1994). A hím szaporító anyag tömeges előállítására a vegetatív szaporítás (oltás, dugványozás vagy bujtás) alkalmas. Nyugaton főleg a dugványozást alkalmazzák.

Az elmúlt évtizedek során sok hím klónt szelektáltak ki erre a célra, amelyek igen változatos jellemzőket mutatnak a levélformát és a habitust illetően (SANTAMOUR et al. 1983b). A legtöbb ginkgóklónt rendkívül könnyen lehet vegetatív úton szaporítani mind dugványozással, mind oltással. Dugványozással igen jó eredményeket lehet elérni. A 12-15 cm hosszú dugványok optimális begyűjtési ideje tavasszal, közvetlenül rügyfakadás előtt, június-júliusban és ősszel, lombhulláskor van (DEL TREDICI 1991; HAN és ZHEN 1996).

A dugványokon nagy egyedi eltérések jelentkeznek a gyökerezési folyamatban. Ez valószínűleg a fák korának, illetve vigorának tulajdonítható, amelyekről a dugványokat gyűjtötték (DEL TREDICI 1991). A dugványok gyökerezési erélyét nagymértékben befolyásolja a gyökereztető közeg összetétele (CHIANG et al. 1996). FENG et al. (1998) szerint a ginkgó gyökerezése 30.2 százalékkal javult a közegben jelenlévő vízabszorbens hatására. SHEN et al. (1999) szerint a cserepekben gyökereztetett dugványok sokkal erőteljesebb gyökeresedést és növekedést mutatnak, mint a szaporítótálcában lévők.

A növényi növekedésszabályozók használata megnöveli a gyökerezési százalékot és csökkenti a gyökerezéshez szükséges időt (HUH és STABA 1992; CAI et al. 1998). A június közepén a porzós fákról vágott dugványok indolvajsavas (IVS) kezelés hatására (50 mg/l 23 órán át) 30 napon belül meggyökeresedtek, míg a kezeletlen dugványoknak ehhez 60 napra volt szükségük (DORAN 1954). DIRR és HEUSER (1987) beszámolója alapján a júniusban vagy júliusban gyűjtött dugványok 8000 ppm IVS kezelés hatására csak 7-8 hét elteltével gyökeresedtek meg. A gyökerezési százalék a fiatal hajtásdugványok esetében 100 %-os volt. Júniusi félfás dugványoknál a talkumporos auxinkezelést követően 21 nap múlva 100 %-os gyökeresedést tapasztaltak (BÄRTELS 1989). Kínai kutatók 800 ppm karbendazim-oldat használatával már 25 nap után kalluszosodást figyeltek meg, a dugványok 87.8 %-a gyökeresedett meg (LI et al. 1998).

A magyar szerzők közül NAGY (1980) a zölddugványozást javasolta NES vagy IVS 0.4 %-os talkumporos serkentőszer alkalmazásával. PROBOCSKAI (1969) és SZŰCS (1977) az augusztusi félfás dugványozást tartotta legelőnyösebbnek.

Figyelemre méltó DIRR és HEUSER (1987) megfigyelése, miszerint az idős részekről (spur hajtások) gyűjtött dugványok is nagyon jól gyökeresednek (80 %). A dugványokon a gyökerek kivétel nélkül a vastag kambiumgyűrűből erednek. Célszerű ezért a dugványokat az idős részekhez minél közelebbről begyűjteni és lehetőleg alapi hajtásdugványokat alkalmazni (DIRR, 1983; BÄRTELS 1989).

Az erős gyökérképzés ellenére a ginkgó dugványok rendszerint lassan növekednek a szaporítást követő első évben: csak levélcsomókat fejlesztenek és kicsi a hosszanti

növekedésük (DIRR és HEUSER 1987; DEL TREDICI 1991). Ez a második évben megváltozik, ekkor ugyanis megindul a hosszú hajtások nevelése. Emiatt a legtöbb faiskolai szakember a ginkgó oltással való szaporítását részesíti előnyben, mégpedig a különböző szelektált nemes változatok magoncalanyra való oltását. Ez az eljárás megfelelő megnyúlást eredményez már a növekedés első szakaszában is (DEL TREDICI 1991).

A ginkgó vegetatív szaporítása során (akár dugvánnyal, akár oltvánnyal történik) topofízissel kell számolni (DEL TREDICI 1991). A fák fiatalabb és idősebb ágain keletkező hajtások bizonyos mértékben (levelek nagysága, alakja, a hajtás növekedési iránya stb.) különböznek egymástól, s e különbségeket a belőlük dugványozással létrehozott növényegyedek is megtartják. A begyűjtött hajtások a fa fiatal korában létrejött szövetekből (merisztéma) erednek, azaz differenciáltság szempontjából az életet kb. ott folytatják, ahol az anyanövényen abbahagyták (HARASZTY 1979.). Ha tehát a ginkgó oldalhajtásait gyökereztették meg, vagy azokat magoncgyökérbe oltották, a kapott propagulum folytatólagosan, az eredeti irányultságot megtartva növekszik. Ez azt jelenti, hogy a vegetatívan szaporított ginkgók ritkán fejlesztenek domináns központi vezérágat és a spirális ágelrendeződés is csak a magoncokra jellemző. Ehelyett a hajtások egyenetlen eloszlású szögben nőnek és alacsony növésű fák jönnek létre, amelyek utcafásítás szempontjából gyenge minőségűek. Az egyetlen megoldás a topofízis elkerülésére, hogyha a fiatal növényeket a talajhoz közel rendszeresen visszavágják, ami a függőleges hajtások képződését indukálja. Ha ezeket az életerős hajtáscsúcsokat használják fel szaporítóanyagként, akkor függőleges növekedésű fákat kapnak (DEL TREDICI 1991).

2.4.3. Mikroszaporítása

A *Ginkgo biloba* L. több évtizede tárgya *in vitro* kísérleteknek. Li már 1934-ben tanulmányozta a ginkgóembriók *in vitro* fejlődését (HUH és STABA 1992). Először Tulecke-nek sikerült 1953-ban haploid ginkgó szövettenyészetet létrehoznia (HUH és STABA 1992). Sikeresen indukáltak már kalluszképződést ginkgó embrióból, levélnyélből, pollenből és fiatal levelekből (INOUE et al. 1996).

A ginkgó szövettenyésztésével foglalkozó kutatásokat ma már elsősorban gyógyászati célból végzik. Különböző kallusztenyészetekből próbálják a levél- és gyökérkivonatokat előállítani (FANG és QUE 1998). Európában Franciaországban folynak a legkiterjedtebb kutatások (LAURAIN et al. 1993a; LAURAIN et al. 1993b; CARRIER et al. 1994; LAURAIN et al. 1996; TRÉMOUILLAUX-GUILLER et al. 1996a; TRÉMOUILLAUX-GUILLER et al. 1996b).

A ginkgó szövettenyésztésével kapcsolatosan Magyarországon is folynak kísérletek, például doktori munka keretében az ELTE Növényszervezettani Tanszékén.

2.5. A *Ginkgo biloba* L. ivari meghatározása

A hímivarú fák biztosításának legáltalánosabb módja a hím fajták alkalmazása vagy a hím egyedek dugványozása. Azonban e lehetőség mellett igény jelentkezik a magoncok fiatalkori ivari elkülönítésére is. Ez a feladat még nem teljesen megoldott, a lehetőségekről és módszerekről elég eltérőek a vélemények.

Egyes szerzők szerint (HEGI 1935; ZOLLER 1981; MELZHEIMER 1992; SCHULTZE-MOTEL 1992) a fák nemét habitusuk alapján azonosítani lehet, míg például KRÜSSMANN (1983) cáfolja ezt.

Mások szerint a rügyek alakját illetően tényleges különbség mutatkozik a nemek között: a hím rügy nagy és lekerekített, míg a női rügy kicsi és kúpalakú. A hím rügy kb. kétszer akkora, mint a női. Természetesen csak az azonos korú és azonos hajtásrészről származó rügyeket lehet egymással összehasonlítani (CSAPODY et al. 1966; HUH és STABA 1992).

MELZHEIMER (1992) szerint a magvak oldaléleinek száma elárulja a belőle fejlődő egyed nemét. Erre vonatkozóan egyetlen másik szerzőnél sem találtam utalást.

A legtöbb szerző szerint (LÖTSCHERT 1975; KRÜSSMANN 1983; DIÓSZEGI 1992; SCHULTZE-MOTEL 1992) a hímivarú fák lombhullása ősszel 2-3 héttel korábban következik be, mint a nőivarú egyedeké, és tavasszal rügyeik is legalább két héttel hamarabb fakadnak. Ez igaz mind a fiatal, mind az idősebb egyedekre. A rügyfakadás és lombhullás idejében jelentkező nemi különbséget saját megfigyeléseim is alátámasztják.

A mezőgazdasági és kertészeti termesztésben ma már nem elegendő a külső morfológiai bélyegek alapján történő elkülönítés, egyre nagyobb igény jelentkezik a külső jegyek mellett az egzakt, biokémiai azonosításra is. A növények DNS állományának gélelektroforézissel történő analízise alkalmas ugyan a fajták, klónok azonosítására, de a módszer bonyolult és igen költséges, ezért nem használható nagy mennyiségű minta előzetes szűrővizsgálatának elvégzésére. A Lee és Newcomer által használt előzetes ivari kromoszóma meghatározás nem nyert megerősítést, így a fiatal fák nemének kromoszóma analízises meghatározása nem megbízható (HUH és STABA 1992).

Nagy valószínűség szerint el lehet különíteni a nemeket eltérő izoenzim mintázatuk alapján is. A ginkgónál a nemek meghatározására már évtizedek óta folynak izoenzim vizsgálatok. Kínai kutatók a fiatal fák ivari meghatározását izoenzim mintázatok alapján végezték el. ZHONG et al. (1982) szerint az elkülönítés a peroxidáz enzim segítségével lehetséges. Az eredményeket kínai nyelven publikálták és sajnos még az angol nyelvű összefoglalót sem sikerült beszerezni, ezért csak a cikk címére hagyatkozhatunk. XIA (1997) a szuperoxid dizmutáz izoenzim mintázata alapján talált ivari eltérést. A hímivarú egyedeknél egy kis és egy nagy aktivitású frakciót különített el, míg a nőivarú egyedek mintázatában 3 nagy és két kis aktivitású sáv jelentkezett.

2.6. Biokémiai analízisek alkalmazási lehetősége

Napjainkban egyre nagyobb jelentőséggel bírnak a különböző biokémiai analízisek, melyekkel nyomon követhetőek a növény életfolyamatai, a környezet ingerei adott válaszai. Igen széles körűen alkalmazhatók a biokémiai módszerek például a botanikában is.

2.6.1. A gélelektroforézis szerepe

A biokémiai módszerek közül a gélelektroforézist egyre szélesebb körben használják fel a különböző növények fajtaazonosítására, a változatok, egyedi eltérések kimutatására, egyes rendszertani problémák megoldására stb.. A fehérje, illetve enzim szintű kutatás alkalmas az adott növényfajnál, fajtánál a különböző környezeti hatások elleni rezisztencia és tolerancia kialakulásának jellemzésére is (FÖLDVÁRI 1989; BOOY 1992; STAMPAR és SMOLE 1992; POPPR és HOLA 1993; ZHENG et al. 1993; CAO és ZHAO 1994; SCIENZA et al. 1994; SYKOROVA 1995; ZIGO és STAMPAR 1995; LEIST 1996; STEFANOVITS-BÁNYAI et al. 1998b).

Mivel a génállomány módosulása a fehérje állomány megváltozását eredményezi, ezért a fehérje összetételének gélelektroforetikus vizsgálata alkalmas az adott növény célirányos kiválasztásához, a fajták, klónok azonosítására (BERGMANN 1987; CARGNELLO et al. 1988; SCHEINERT 1996; HAJÓSNÉ NOVÁK 1999). Ez akkor lehetséges, a fajtára legjellemzőbb és a növénynemesítés vagy egyéb genetikai módosítás hatására leginkább megváltozó enzimfehérje izoenzim összetételét azonosítjuk és analizáljuk (RAMSHAW et al. 1979; ROTHE 1994; KILLERMANN és LOHR 1999).

Izoenzimeknek nevezzük azokat a fehérjéket, amelyek azonos szubsztrát specifitásúak, azonos biokémiai reakciót katalizálnak, de bizonyos fizikokémiai tulajdonságban (mint például a felületi töltéseloszlás) eltérnek egymástól. Ez képezi elkülönítésük, megkülönböztetésük alapját is (McMILLIN 1983; PATTERSON és PAYNE 1989). A fehérjék töltését a bennük levő savas és bázikus aminosav részek aránya, illetve ezek disszociálásának mértéke adja a környezet kémhatásától függően. Azt a pH-értéket, ahol a savas és bázikus molekularészek azonos módon disszociálnak, vagyis a molekula töltése semleges lesz, a fehérje izoelektromos pontjának nevezzük. Az izoelektromos pontnál alacsonyabb pH-jú közegben a fehérje pozitív, az afeletti pH-nál negatív töltésű lesz. A fehérjék ezen tulajdonsága miatt az izoelektromos fókuszálás (IEF) - mely a fehérje felületi töltésének megfelelően választja el a fehérjéket - különösen alkalmas a fehérjék meghatározására, valamint az izoenzimek vizsgálatára (TANKSLEY és ORTON 1983; STEFANOVITS-BÁNYAI et al. 1999).

Ginkgo biloba L. populációk genetikai variabilitásának gélelektroforézissel történő vizsgálatára is több utalást találhatunk. Például TSUMURA et al. (1987) ginkgó populációban 12 különböző enzimet analizáltak. Közülük ötnél [foszfoglüko mutáz (PGM), glutamát-oxál acetát transzamináz (GOT), savas foszfatáz (ACP), sikiminsav dehidrogenáz (SKDH), szorbitol dehidrogenáz (SoDH)] kaptak eltérő izoenzim mintázatot az egyes egyedek között. A további enzimeknél [alkohol dehidrogenáz

(ADH), észteráz (EST), glicerinsav-2 dehidrogenáz (G2DH), glükonát-6-foszfát dehidrogenáz (6-PGDH), glükóz-6-foszfát dehidrogenáz (P6-GDH), glutamát dehidrogenáz (GDH), glükóz-6-foszfát izomeráz (PGI)] azonos mintázat adódott az egész populációban. A szerzők (TSUMURA et al. 1992) folytatták a kísérleteket és egy nagyobb populáció genetikai polimorfizmusát vizsgálták ugyancsak 12 enzim [ADH, SoDH, SKDH, malát dehidrogenáz (MDH), 6-PGDH, P6-GDH, GDH, diaforáz (DIA), GOT, PGM, ACP, PGI] analízisével. Ebből csak kettő (ADH, P6-GDH) mutatott azonos izoenzim mintázatot, a többi enzim esetében jól elkülöníthető változatok adódtak. A faj elterjedését és genetikai változatosságát Kínában és Japánban különböző lelőhelyeken vizsgálták behatóbban (WU et al. 1992; TSUMURA és OHBA 1997).

2.6.2. Az enzimaktivitás vizsgálatának jelentősége

A biokémiai analízisek egyik legfontosabb területe a növények enzimrendszereinek vizsgálata, a különböző enzimek aktivitásával ugyanis kiválóan jellemezhetőek a növény életfolyamatai.

A *Ginkgo biloba* L. esetében is számos enzim aktivitási rendszerét vizsgálták a faj jellemzése céljából. SEKIYA et al. (1983) a lipoxigenáz és a hidroperoxid liáz aktivitását vizsgálták ginkgólevelekben. CHENG és CHEN (1996) ginkgó dugványok polifenol oxidáz és amiláz aktivitását vizsgálta a gyökerezési folyamat során. TOMMASI et al. (1999) pedig ginkgó embriók aszkorbát peroxidáz aktivitását követték nyomon.

Különös szerepet játszik az enzimaktivitási mérések között a stresszvizsgálat. A különböző biotikus és abiotikus stresszfaktorok aktív oxigéngyökök képződését idézik elő a növényekben, amelyek oxidatív stresszt okoznak. Az aktív oxigénformák károsítják a kismolekulájú vegyületeket, a nukleinsavakat, a fehérjéket, a klorofillokat és a membránlipideket (DEÁK et al. 1999). A szabad gyökök ellen irányuló biológiai védekezés abban áll, hogy mennyiségüket egy olyan szint alatt tartja a szervezet, amely már nem vezet irreverzibilis strukturális és funkcionális változásokhoz. Ennek a folyamatnak a kulcsszerepét nem enzimatikus (pl. glutation, cisztein, aszkorbinsav) és enzimatikus (pl. aszkorbát peroxidáz, kataláz, peroxidáz, szuperoxid dizmutáz) antioxidatív mechanizmusok játsszák (DOHMEN et al. 1990; LOPEZ et al. 1996; PIQUERAS et al. 1996; BANKS et al. 1997; COMBA et al. 1997; ESHDAT et al. 1997; FOWLER et al. 1997).

A bekövetkező biokémiai változások nyomon követésével jellemezhető a vizsgált növény stresszérzékenysége. A stressz jelzésére számos biológiailag aktív molekula alkalmas. A leggyakrabban vizsgált komponensek:

- stresszenzimek: peroxidázok (MATSCHKE 1985; MITCHELL et al. 1986; NANDRIS et al. 1991; FERREIRA et al. 1998; ZHANG et al. 2000), izocitrát dehidrogenáz, glutamát dehidrogenáz, szuperoxid dizmutáz, kataláz (GANGOPADHYAY et al. 1996; PIQUERAS et al. 1996; BANKS et al. 1997; CONVERSO et al. 1997; ESHDAT et al. 1997; FOWLER et al. 1997),
- hősokk fehérjék (WOLLGIEHN és NEUMANN 1999),

- aminosavak (prolin) (SHEVYAKOVA 1984; NOVER 1989; FRICK és GOLT 1995; FERREIRA et al. 1998; NAGOOR és VYAS 1998),
- poliaminok (spermin, spermidin, putreszcin) (YOUNG és GALSTON 1983; FLORES és GALSTON 1984; SMITH 1985; WEINSTEIN et al. 1986; BASU et al. 1988; SHEN et al. 1998; ZHOU et al. 1995),
- szénhidrátok (glükóz, fruktóz, mannit) (KEREPESI et al. 1996),
- malon-dialdehid (RAKWAL et al. 1996).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Anyag

Az 1995-2000. időszakban elvégzett kísérletsorozatokhoz négy különböző helyen található *Ginkgo biloba* L. egyedek különböző részei (gyökér, vessző, rügy, hajtás, levél, mag), illetve a magvaikból nyert magoncok szolgáltak mintául. A minták begyűjtési helyeit az alábbiakban mutatom be (M/2., 3., 4., 5.ábra):

- A Szent István Egyetem (SZIE) Budai Területi Irodájának (volt Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, SZIE) Budai Arborétumában egymás közvetlen szomszédságában áll egy-egy kb. 100 éves hím- és nőivarú fa.
- Az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Botanikus Kertjében (Füvészkert) egymáshoz igen közel találhatók az egyedek: két termős és három porzós. A legidősebb példányok mintegy 200 évesek.
- A szegedi Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Egyetem (SZOTE) Szemészeti Klinikája előtt, a bejárat két oldalán áll egy hím- és egy nőivarú egyed, kb. 80 évesek.
- München belvárosában egy utca mindkét oldalán sorfaként álló ivarérett (kb. 30 éves) porzós és termős egyedek.

3.2. Módszer

3.2.1. Kadmiumtűrés vizsgálata

Kísérletem célja fiatal *Ginkgo biloba* L. növények kadmiumtűrésének jellemzése volt. A faj kadmium stresszre adott reakcióját a növény gyökerének és levelének összperoxidáz aktivitásában bekövetkező változások alapján követtem nyomon.

A vizsgálathoz használt magvak az ELTE Botanikus Kertjéből származtak, az analíziseket a SZIE Alkalmazott Kémia Tanszékén végeztem 2000-ben. A magvakat megtisztítottam, majd hűtőszekrényben tároltam (4° C). A vizsgálatokat Knopp-tápoldatban (SUBA 1978) felnevelt növényekkel végeztem (2. ábra). A fiatal növényeket négy leveles stádiumban (kb. 10 cm magasságnál) különböző koncentrációjú kadmiumot tartalmazó tápoldatba helyeztem át. Az alkalmazott *koncentrációk*: 0; 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3}, 10^{-2}, 1 M Cd^{2+}.

2. ábra A stressztűrési vizsgálatokhoz hidrokultúrában nevelt ginkgó növények (SZIE, 2000.)

Mintavételre öt alkalommal, a kísérlet kezdetétől számított 4, 28, 52, 76, 100 óra elteltével került sor. Az első alkalmat követően tehát a mintavételre naponta, azonos időben került sor az értékek egzakt összehasonlítása érdekében. A peroxidáz enzim aktivitása ugyanis napi ciklikusságot mutat (KOZHEVNYIKOVA et al. 1984). A növények gyökerét, illetve levelét külön vizsgáltam.

A bemért 500 mg növényi mintát 500 µl hideg pufferrel, lehűtött dörzsmozsárban eldörzsöltem. A pép 1.5 ml-es eppendorfcsőbe töltve centrifugálásra került. Az 13000 rpm fordulaton, 4°C-on és 20 percig tartó centrifugálás után a felülúszóból történtek az analízisek.

A kivonópuffer összetétele:

0.1 M Na-acetát puffer (pH=5.0)
1 g/ 100 ml polivinil-pirrolidon (PVP)
20 g/ 100 ml szacharóz
35 mg/ 100 ml marhaszérum albumin (BSA)
10 g/ 100 ml Triton X-100

A peroxidáz enzimaktivitás változását spektrofotométerrel határoztam meg H_2O_2 szubsztrát és o-dianizidin kromogén reagens jelenlétében. A detektálás λ= 460 nm-en történt, ε= 11,3 (CSEKE és VÁMOSNÉ VIGYÁZÓ 1991). A fehérjetartalom meghatározása Bradford módszerrel, ugyancsak spektrofotometriásan történt (BRADFORD 1976). A peroxidáz enzim aktivitását a nemzetközi gyakorlatban elfogadott U/mg fehérje egységben adtam meg. 1 Unit az az enzimmennyiség, amely 1 perc alatt 1 µM szubsztrát átalakítását katalizálja meghatározott hőmérsékleten, pH-nál és pufferben (SZABOLCSI 1991). Az analíziseket, melyekhez 10-10 növényből választottam ki 1-1 egyedet mintának, háromszor ismételtem.

3.2.2. Sótűrés vizsgálata

Kísérletem célja fiatal *Ginkgo biloba* L. növények sótűrésének jellemzése volt. A faj sóstresszre adott reakcióját a növény gyökerének és levelének összperoxidáz aktivitásának változásával jellemeztem.

A vizsgálathoz használt magvak az ELTE Botanikus Kertjéből származtak, az analíziseket a SZIE Alkalmazott Kémia Tanszékén (Budapest) végeztem 2000-ben. A vizsgálathoz a kadmiumtűrés vizsgálatánál szereplő módon felnevelt növényeket használtam (2. ábra). Az alkalmazott koncentrációk: 0; 100, 200 és 400 mM NaCl.

Mintavételre öt alkalommal, a kísérlet kezdetétől számított 4, 18, 24, 42 és 48 óra elteltével került sor. A növények gyökerét, illetve levelét külön vizsgáltam.

A mintavétel, az izolálás és a peroxidáz aktivitás mérése megegyezik a kadmiumtűrésre történő vizsgálatnál leírtakkal.

3.2.3. Magkísérletek

Magkísérleteim célja a magvak csírázási viszonyainak megfigyelése volt. Vizsgáltam a magvak

- alakjának,
- származási helyének,
- begyűjtési idejének,
- a csírázás körülményeinek,
- a tárolás idejének és
- a fizikai magkezeléseknek

a magvak csírázási képességére gyakorolt hatását.

A magvak peroxidáz aktivitás mérésének célja a magvak

- alakjának,
- begyűjtési idejének,
- a tárolás idejének és
- a fizikai magkezeléseknek

a magvak csírázási képességére gyakorolt hatásának biokémiai jellemzése volt.

A kísérletek anyagául a SZIE Budai Arborétumában és az ELTE Botanikus Kertjében fellelhető *Ginkgo biloba* L. termő fák magvai szolgáltak. A csíráztatási kísérletek 1995-2000. között az ELTE Botanikus Kertjében, a SZIE Kertészeti Technológiai Tanszékén zajlottak. A vizsgálati anyag jellemzőit a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat A magkísérletek körülményei

Kísérlet éve	Vizsgált tényezők	Mag gyűjtési helye	Begyűjtési idő	Tárolás módja
1996	begyűjtési idő, magkezelés	SZIE	1995. nov. eleje, 1996. jan. eleje, márc. vége	papírláda 10° C
1997	magkezelés	SZIE	1996. jan. eleje	papírláda 10° C
1998	magkezelés	SZIE	1997. nov. eleje	műanyagtasak 4° C
1999	magkezelés	SZIE, ELTE	1998. nov. eleje	műanyagtasak 4° C
2000	mag alakja*, származási hely, begyűjtési idő *, csírázás körülményei, tárolás ideje*, magkezelés*	SZIE, ELTE	1999. nov. eleje és vége, dec. vége, 2000. jan. közepe, febr. eleje és vége	műanyagtasak 4° C

* A peroxidáz aktivitás mérése is megtörtént.

A begyűjtött magvakat azonnal elválasztottam a húsos magköpenytől, majd vízben tisztítottam enyhe dörzsöléssel. A magvak szobahőmérsékleten 2 napig száradtak, majd papírládába, illetve hűtőszekrénybe kerültek. Valamennyi esetben a magvakat rétegezés nélkül tároltam. (A második évben az extrém időjárási viszonyok miatt nem termett mag, így az előző évből kimaradt, végig papírládákban tárolt magvakat vetettem el.) A biokémiai vizsgálatokra szánt magvakat az analízisig hűtőszekrényben tároltam (4° C).

A csírázóképességet egyrészt a szabvány (MSZ 6354-3:1991) szerinti itatós papír közötti csíráztatással, másrészt (a gyakorlati szempontból elsődlegesen fontos) földbe történő magvetéssel határoztam meg. A magvetésre március végén, illetve április elején került sor, kb. 4-5 cm mélységre kertészeti virágföldkeverékbe. A magvakat Zineb 80 WP-vel csáváztam. A talajt rendszeres öntözéssel tartottam állandóan nyirkosan. Itatós papír közötti csíráztatás esetén az elemszám 100 db volt, az ismétlések száma pedig négy. Magvetés esetén a magvak 10 -es cserepekbe kerültek (1 cserépbe 10 db mag, kezelésenként tízszeri ismétléssel).

Begyűjtés során csekély számban (10 % alatt) mindkét botanikus kertben találtam háromélű magvakat is. Ezek csírázóképességét itatós papír közötti csíráztatással hasonlítottam össze a kétélű magvakéval.

A csírázás serkentésére régóta ismert technika a koptatás és a forrázás. Kísérleteimben ezeket alkalmaztam, hiszen biztatóak voltak az erre történő irodalmi

adatok is. Kétféle magkezelés hatását vizsgáltam az évek folyamán: az egyiket néhány másodperces forrázás jelentette, a másikat pedig mechanikai koptatás (a maghéj helyenként elvékonyodott, a sziklevél esetleg láthatóvá is vált). Természetesen valamennyi kísérletben volt egy kezeletlen (kontroll) csoport is.

A csírázás átlagos időtartamára vonatkozóan HUH és STABA (1992) hivatkozását vettem figyelembe, amelyet ők kb. 50 napban jelöltek meg. Ezért a kísérletek során a felvételezés vetés után 4, illetve 8 héttel; itatós papír közötti csíráztatás esetén pedig a csírázás kezdetétől 2, 4, illetve 8 hét múlva történt.

A laboratóriumi vizsgálatokat a SZIE Alkalmazott Kémia Tanszékén végeztem, a biokémiai analízishez (peroxidáz enzim aktivitás mérése) a magkísérletekhez begyűjtött mintákat használtam. Itt a következő magkezeléseket alkalmaztam:

- dörzspapírral való gyenge koptatást (amikor a maghéj csak csekély mértékben karcolódott),
- dörzspapírral való erős koptatást (a maghéj helyenként teljesen elvékonyodott, a sziklevél esetleg láthatóvá is vált),
- kb. 5-10 másodperces forró vízzel való forrázást,
- illetve a kettőt együttesen (koptatás, majd forrázás).

(A második és harmadik kezelés tehát megegyezett a csíráztatási kísérletek során alkalmazottakkal.)
A magvakat a kemény maghéj eltávolítása után homogenizáltam. A magvak izolálása és a peroxidáz enzim aktivitásának mérése a stressztűrés vizsgálatoknál leírtak szerint történt.

3.2.4. Dugványozás

A vizsgálatok célja annak megállapítása volt, hogy milyen különbségek mutatkoznak a *Ginkgo biloba* L. dugványok gyökeresedésében

- a nő- és a hímivarú fákról származó,
- a fás és a zöld, illetve
- az alapi és a csúcsi dugványok között.

A szakirodalom tanulmányozása alapján ilyen vizsgálatokra a ginkgó esetében még nem került sor. A kísérlet anyagául az ELTE Füvészkertjében, illetve München belvárosában található *Ginkgo biloba* L. egyedek hajtásrendszeréről gyűjtött különböző korú részek szolgáltak. Dugványozásra 1998-ban Budapesten (ELTE Botanikus Kert) és 1999-ben Freisingban (Bajor Földművelési és Növénytermesztési Intézet, Németország) került sor.

A dugványok külön nő- és hímivarú egyedekről származtak, melyek ezenkívül alapi és csúcsi eredetük szerint kerültek megkülönböztetésre. A dugványok egyik fele gyökerezést serkentő hormonkezelésben részesült, míg a kezeletlen csoport képezte a kontrollt. A dugványok elemszáma a háromtényezős kísérlet legkisebb faktorcsoportjaiban 5 db, az ismétlések száma pedig 3 volt (tehát összesen 120 db/

kísérlet). A fás dugványokat 2 évnél idősebb részekről vágtam, nyáron zöld dugványokat gyűjtöttem. A dugványok hossza 10-12 cm volt.
Mintavételi időpontok:

1998. február (fás dugvány)
1998. június (zöld és leveles fás dugvány)
1999. január (fás dugvány)
1999. június (zöld dugvány)

Dugványozásra a télen gyűjtött dugványok esetében áprilisban, illetve a nyáron szedett leveles fás és zöld dugványoknál júniusban került sor.

Gyökerezést serkentő hormonkészítményként a legelső vizsgálatban a kereskedelmi forgalomban kapható Wood's folyékony szer vízzel hígított oldatát alkalmaztam (Wood's:víz = 2:3). A további kísérletekben pedig 1.3-indolvajsavat (IVS), α-naftil-ecetsavat (NES) és a felszívódást segítő dimetil-szulfoxidot (DMSO) tartalmazó keveréket használtam, melynek összetétele az alábbi volt:

fás dugványoknál:	2000 mg/l IVS
	1000 mg/l NES
	20 v/v % DMSO
zöld dugványoknál:	1000 mg/l IVS
	500 mg/l NES
	20 v/v % DMSO

A kezelés a hormonoldatba való néhány másodperces bemártásból állt. A dugványok cellás tálcába tűzdelve kertészeti perlitbe kerültek, és állandó légcsere mellett párafüggöny alatt (4x1 perc/nap) voltak.

3.2.5. Izoenzim vizsgálatok keményítő gélen történő gélelektroforézissel

A keményítő gélelektroforézissel végzett vizsgálatok célja a faj egyes részeinek izoenzim mintázat segítségével történő jellemzése volt. Az analíziseket hét különböző enzimmel végeztem.

A vizsgálatok mintájául a München belvárosában utcai sorfaként álló ivarérett (a továbbiakban „idős") *Ginkgo biloba* L. egyedek (5 porzós és 5 termős fa) gyökereiből és leveleiből, valamint az ELTE Botanikus Kertjéből származó 1 éves (a továbbiakban „fiatal") magoncok (50 db) gyökeréből, leveléből és hajtáscsúcsából nyert izolátumok szolgáltak. Az analíziseket 1999-ben Freisingban (Ludwig Maximilian Egyetem, Erdészeti Tanszék, Németország) végeztem, a Tanszék által elsősorban *Pinus* és *Quercus* fajokra kidolgozott vizsgálati módszerrel.

A frissen gyűjtött mintákat hűtőtáskában történő szállítás után azonnal feldolgoztam, mivel egyes izoenzimek aktivitása már rövid idő elteltével csökken, valamint a minták fagyasztása csak bizonyos izoenzimeknél és meghatározott hőmérsékleten lehetséges (HAYWARD et al. 1995).

A bemért 50 mg növényi mintákat 100 µl hideg pufferrel, lehűtött dörzsmozsárban homogenizáltam. A pép 1,5 ml-es eppendorfcsőbe töltve 10 perces centrifugálásra került (13000 rpm, 4°C). Az analízisek a felülúszóból történtek.

A kivonópuffer összetétele:

0.1 M Tris-HCl puffer (pH=7.5)
1.0 g/ 100 ml aszkorbinsav
100 mg/ 100 ml cisztein
100 mg/ 100 ml BSA
1 ml/ 100 ml 2-merkapto-etanol
4.0 g/ 100 ml PVP
100 mg/ 100 ml ditiotreitol (DTT)

Az izoenzimek elválasztását keményítő gélen történő gélelektroforézissel végeztem. A vizsgált enzimektől függően különböző összetételű gélrendszereket használtam, melyeket a 3. és 4. táblázat mutat be.

3. táblázat Keményítőgél rendszerek a vizsgált enzimeknél

Gélrendszer	**Vizsgált enzim**
Tris-citrát puffer (A) (pH=7.5)	sikiminsav dehidrogenáz (SKDH) glutamát dehidrogenáz (GDH) foszfoglüko mutáz (PGM)
Tris-citrát puffer (B) (pH=7.8)	malát dehidrogenáz (MDH) izocitrát dehidrogenáz (ICDH) glükonát-6-foszfát dehidrogenáz (6-PGDH)
Ashton puffer (pH=8.1)	glükóz-6-foszfát izomeráz (PGI)

4. táblázat A keményítőgél rendszerek összetétele

Gélrendszer	**Elektródpuffer**	**Gélpuffer**
Tris-citrát puffer (A)	0.1 M Tris puffer (pH=7.5) 8.3 g/1000 ml citromsav	elektródpuffer:deszt. víz = 1:2.5
Tris-citrát puffer (B)	0.1 M Tris puffer (pH=7.8) 6.0 g/1000 ml citromsav	elektródpuffer:deszt. víz = 1:2.5
Ashton-puffer	11.8 g/1000 ml bórsav 1.2 g/1000 ml LiOH pH=8.1	0.1 M Tris puffer (pH= 8.1) 1.7 g/1000 ml citromsav + 100 ml elektródpuffer

Az elektroforézisre horizontális keményítőgélen került sor (4 ˚C). A gél mérete 18 cm x 24 cm, vastagsága 12 mm volt, melyet később vízszintesen három részre

szeleteltem. A gélt a katódtól kb. 3 cm-re függőlegesen kettévágtam. Az izolátumokba Whatman-féle 3 mm kromatográf papírcsíkokat mártottam. A mintákat hordozó papírcsíkokat a kettévágott gél közé helyeztem, majd összenyomtam, hogy megfelelően illeszkedjen. Így egyszerre 50 mintát vihettem fel gélenként. A futtatás körülményeit a 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat A keményítő gélelektroforézis körülményei

Puffer	Feszültség	Áramerősség	Időtartam
Tris-citrát (A)	150 V 300 V	60 mA/ gél 120 mA/ gél	15 perc 5 óra
Tris-citrát (B)	150 V 300 V	60 mA/ gél 120 mA/ gél	15 perc 6 óra
Ashton	150 V 300 V	60 mA/ gél 120 mA/ gél	15 perc 4 óra

A vizsgált enzimek jellemzése, a használt festékek összetétele

Sikiminsav dehidrogenáz (SKDH) E.C. 1.1.1.25. (DENNIS és TURPIN 1990)

Az enzim aromás aminosavak (triptofán, tirozin és fenilalanin) szintézisében vesz részt. Megtalálható a levelek kloroplasztjaiban és valószínűleg a citoszolban is van izoenzime.
Az enzim által katalizált reakció:

sikiminsav + $NADP^+$ → 3-dehidro-sikiminsav + NADPH

Festés sikiminsav dehidrogenázra:

50 ml 0.1 M Tris-HCl puffer (pH= 8.0)
25 mg sikiminsav
5 mg NADP
5 mg 3-[4,5-dimetil-tiazol]-2,5 difenil-tetrazólium-bromid (MTT)
1 mg N-metil-fenazólium-metoszulfát (PMS)

Inkubálás sötétben, 37 ˚C-on a lila sávok megjelenéséig (kb. 30 perc). A kellő intenzitás elérése után fixálás desztillált vízben (JAHNKE 1996).

Malát dehidrogenáz (MDH) E.C. 1.1.1.37. (GÁLNÉ TELEGDI 1991b)

Minden eukarióta sejtben megtalálható két izoenzim: a mitokondriális MDH és az ún. szolubilis citoplazmatikus MDH, melyek a malátnak a mitokondriális membránon keresztüli szállításában vesznek részt. Egyes növényi szövetekben egy harmadik

formája is fellelhető: az ún. glioxiszóma frakciónak a glioxalát ciklusban és valószínűleg a fotorespirációban van szerepe.

Az enzim dimer szerkezetű, pH-optimuma 7.4. Az enzim L-malátra specifikus. Inhibitorai például a 8-hidroxi-kinolin, az adenin stb. A molekuláris jód és a tiroxin is gátolja az enzimaktivitást.

Az enzim által katalizált reakció:

$$\text{L-malát} + NAD^+ \rightarrow \text{oxál-acetát} + NADH + H^+$$

Festés malát dehidrogenázra:

50 ml 0.1 M Tris-HCl puffer (pH= 7.5)
0.5 ml 1 M DL-malát (pH= 7.5)
15 mg NAD^+
10 mg MTT
2 mg PMS

Inkubálás sötétben, 37 ˚C-on a kék sávok kifejlődéséig. A kellő intenzitás elérése után fixálás 50 %-os etanolban (TANKSLEY és RICK 1980).

<u>Izocitrát dehidrogenáz (ICDH)</u> E.C. 1.1.1.42. (GÁLNÉ TELEGDI 1991a)

A legtöbb emlős szövetéből kimutatható kétféle ICDH: a egyik NADP-specifikus, amely főleg a citoplazmában fordul elő, a másik NAD-specifikus, amely mitokondriális enzim. A kétféle enzim jelentősen eltér egymástól katalitikus és fizikai tulajdonságaiban, valamint az aktivitás szabályozásának módjában. A NADP-specifikus enzimnek fontos szerepe van a citrátkörben.

Az enzim egy polipeptid láncból áll, pH-optimuma 7.0 – 8.2. NADP-re és D-izocitrátra specifikus, NAD-dal nem aktív. Aktivátorai: Mn^{2+}, Mg^{2+}, inhibitora: oxál-szukcinát.

Az enzim által katalizált reakció:

$$\text{D-izocitrát} + NADP^+ \rightarrow \text{2-oxo-glutarát} + CO_2 + NADH + H^+$$

Festés izocitrát dehidrogenázra:

50 ml 0.1 M Tris-HCl puffer (pH= 8.0)
80 mg izocitrát
2 ml MTT (5 mg/ml)
6 mg NADP
2 ml PMS oldat (2 mg/ml)
1 ml $MgCl_2$ oldat (250 mg/ml)

Inkubálás állandó rázatás mellett, sötétben, 37 ˚C-on (kb. 30 perc). A kellő intenzitás elérése után fixálás desztillált vízben (EICKMEYER 1994).

Glükonát-6-foszfát dehidrogenáz (6-PGDH) E.C. 1.1.1.44. (CSEKE 1991)

A 6-PGDH csaknem minden sejtben előfordul. Nagy mennyiségben található a fakéregben. A működése eredményeként keletkezett NADPH gondoskodik a sejt redoxi egyensúlyáról. Az enzim nagyon specifikus a glükonát-6-foszfátra és a NADP-re. Aktivátorai például: Mn^{2+}, Mg^{2+}, inhibitora a piridoxál-5-foszfát.
Az enzim által katalizált reakció:

D-glükonát-6-foszfát + $NADP^+$ → ribulóz-5-foszfát + CO_2 + NADPH + H^+

Festés glükonát-6-foszfát dehidrogenázra:

50 ml 0.1 M Tris-HCl puffer (pH= 7.5)
49 mg $MgCl_2$
10 mg 6-P-glükonsav Ba-sója
7.5 mg NADP
10 mg MTT
2 mg PMS

Inkubálás sötétben, 30 ˚C-on a kék sávok megjelenéséig. A kellő intenzitás elérése után fixálás desztillált vízben (TANKSLEY és ORTON 1983).

Glutamát dehidrogenáz (GDH) E.C. 1.4.1.2. (STADTMAN 1966)

Széles körben elterjedt a mikroorganizmusok között, a növény- és állatvilágban, hiszen a glutaminsav átalakításában fontos szerepet tölt be. A glutamát 2-oxo-glutaráttá való reverzibilis oxidációját katalizálja NAD vagy NADP jelenlétében.

Polipeptid, pH optimuma: 8.5 – 8.6. Inhibitorai: Ag^+, Hg^{2+}, Zn^{2+} és Fe^{2+}, illetve a magas sókoncentráció.
Az enzim által katalizált reakció:

L-glutamát + H_2O + $NAD(P)^+$ → 2-oxo-glutarát + NH_4^+ + NAD(P)H

Festés glutamát dehidrogenázra:

50 ml 0.1 M Tris-HCl puffer (pH= 8.0)
72 mg L-glutaminsav mono-Na-sója
12.0 mg MTT
6.4 ml NAD oldat
2.0 ml PMS oldat (2 mg/ml)
2.0 ml $MgCl_2$ oldat (250 mg/ml)

Inkubálás sötétben, 37 ˚C-on 30 percig. A kellő intenzitás után fixálás desztillált vízben.(HARTMANN et al. 1973).

Foszfoglüko mutáz (PGM) E.C. 2.7.5.1. (RAY és PECK 1972)

Rendkívül fontos szerepe van a sejten belüli foszfát transzferben: a foszfoglüko mutáz enzim a glükóz-1-foszfátot glükóz-6-foszfáttá alakítja reverzibilis módon. Aktivátorai a glükóz-1,6-bifoszfát és a Mg^{2+}, inhibitorai például az ATP, ADP, AMP, acetátion. PH optimuma: 6.5 – 8.0.
Az enzim által katalizált reakció:

D-glükóz-1,6-bifoszfát + D-glükóz-1-foszfát → D-glükóz-6-foszfát + D-glükóz-1,6-bifoszfát

Festés foszfoglüko mutázra:

50 ml 0.1 M Tris-HCl puffer (pH= 8.0)
40 mg glükóz-1-foszfát
5 mg NADP
2 ml MTT oldat (5 mg/ml)
2 ml PMS oldat (2 mg/ml)
200 µl $MgCl_2$ oldat (250 mg/ml)
20 µl glükóz-6-foszfát dehidrogenáz

Inkubálás sötétben, állandó rázatás mellett, 37 ˚C-on. A kellő intenzitás elérése után gél fixálása desztillált vízben (LOHR 1998).

Glükóz-6-foszfát izomeráz (PGI) E.C. 5.3.1.9. (POLACSEKNÉ RÁCZ 1991)

A PGI az élővilágban széleskörűen elterjedt. A PGI-t mint a glikolízis és a pentózanyagcsere egyik fontos enzimét a sejtek citoplazmája tartalmazza. A hexóz-foszfátokon keresztül részt vesz csaknem az összes di- és triszacharid lebontásában.

Az enzim pH-optimuma: 7.8 - 8.0. Szigorúan specifikus glükóz-6-foszfátra és fruktóz-6-foszfátra; inhibitora a glükonát-6-foszfát. Az enzim rendkívül stabilis.
Az enzim által katalizált reakció:

glükóz-6-foszfát + $NADP^+$ → glükonát-6-foszfát + NADPH + H^+

Festés glükóz-6-foszfát izomerázra:

25 ml Tris-HCl puffer (pH= 8.0)
10 mg D-fruktóz-6-foszfát
2.5 mg NADP
1 ml MTT oldat (5 mg/ml)
100 µl $MgCl_2$ oldat (250 mg/ml)
1 ml PMS oldat (2 mg/ml)
18 µl glükóz-6-foszfát dehidrogenáz

A gélt a fenti oldatban sötétben, állandó rázatás mellett 30 percig, szobahőmérsékleten inkubáljuk, majd desztillált vízben fixáljuk (HAHN 1996).

3.2.6. Izoenzim vizsgálat poliakrilamid gélelektroforézissel (PAGE) és izoelektromos fókuszálással (IEF)

Kísérleteim a növény különböző részeiben kimutatható szuperoxid dizmutáz izoenzimek mintázatának meghatározására, és az annak segítségével történő ivari elkülönítésre irányultak.

A vizsgálatok mintájául a SZIE Budai Arborétumában és az ELTE Botanikus Kertjében található hím- és nőivarú egyedek, illetve az utóbbi helyről származó fiatal magoncok különböző részei (gyökér, rügy, levél) szolgáltak. A minta származási helyét, a vizsgált növényi részt és a mintavétel időpontját a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat A SOD izoenzim vizsgálat mintavételi körülményei

Mintavétel ideje	Mintavétel helye	Vizsgált egyed	Növényi rész	Gélelektrofo-rézis módja
1999. 08. 10.	SZIE	Idős ♀ / ♂	Levél	PAGE
	ELTE	Idős ♀ / ♂	Levél	PAGE
1999. 12. 21.	SZIE	Idős ♀ / ♂	Gyökér, rügy	PAGE
	ELTE	Idős ♀ / ♂	Gyökér, rügy	PAGE
	SZIE	Idős ♀ / ♂	Gyökér	IEF
	ELTE	Idős ♀ / ♂	Gyökér	IEF
2000. 01. 18.	SZIE	Idős ♀ / ♂	Rügy	PAGE
	ELTE	Idős ♀ / ♂	Rügy	PAGE
	SZIE	Csíranövény	Rügyecske	PAGE
2000. 02. 09.	SZIE	Fiatal (1hónap)	Levél	PAGE
2000. 02. 11.	SZIE	Idős ♀ / ♂	Rügy	IEF
	ELTE	Idős ♀ / ♂	Rügy	IEF
	SZIE	Fiatal (1hónap)	Levél	IEF
2000. 04. 05.	ELTE	Fiatal (2 hónap)	Levél	PAGE
2000. 04. 12.	SZIE	Idős ♀ / ♂	Rügy	IEF
	SZIE	Fiatal (2 éves)	Rügy	IEF
2000. 07. 11.	SZIE	Idős ♀ / ♂	Levél	IEF
	SZIE	20 éves	Levél	IEF
	ELTE	Fiatal (1 éves)	Levél	IEF
2000. 09. 20.	SZIE	Idős ♀ / ♂	Levél	IEF
	SZIE	20 éves	Levél	IEF
	ELTE	Fiatal (1 éves)	Levél	IEF
	ELTE	Fiatal (3 éves)	Levél	IEF
2000. 10. 02.	SZIE	Idős ♀ / ♂	Levél	IEF
	ELTE	Idős ♀ / ♂	Levél	IEF
	ELTE	Fiatal (1 éves)	Levél	IEF
2001. 01. 15.	SZIE	Idős ♀ / ♂	Rügy	IEF
	ELTE	Idős ♀ / ♂	Rügy	IEF

A frissen szedett mintákat hűtőtáskában történő szállítás után azonnal feldolgoztam (kivételt képez a legelső mintavétel, amikor is a mintákat a vizsgálatig –20 ºC-on tároltam 6 hónapon át).

A poliakrilamid gélelektroforézist a MTA Növényvédelmi Kutatóintézetében (Budapest), az izoelektromos fókuszálást a SZIE Alkalmazott Kémia Tanszékén végeztem.

Az izolálás mindkét helyszínen azonos módon történt. A bemért 200 mg növényi mintákat 800 µl hideg pufferrel, lehűtött dörzsmozsárban homogenizáltam. A gélelektroforézis módjától függően kétféle izoláló puffert alkalmaztam.

A PAGE-hez használt kivonópuffer összetétele a következő volt:

0.1 M Tris-glicin puffer (pH=8.3)
10 g/100 ml szacharóz
100 µl/100 ml 2-merkapto-etanol

Az IEF-hez használt kivonópuffer összetétele:

0.1 M Na-acetát puffer (pH=5.0)
1 g/100 ml PVP
20 g/100 ml szacharóz
35 mg/100 ml BSA
10 g/100 ml Triton X-100

A pép 1.5 ml-es eppendorfcsőbe töltve centrifugálásra került. Az 13000 rpm fordulaton, 4°C-on és 20 percig tartó centrifugálás után a felülúszóból történtek az analízisek.

Az izoenzimek elválasztását két módszerrel végeztem: egyrészt natív poliakrilamid gélen történő gélelektroforézissel (PAGE), másrészt izoelektromos fókuszálással (IEF).

<u>PAGE</u>

A gélrendszer összetétele (DAVIS 1964):

Tömörítő gél: 4 %-os

0.5 ml akrilamid (AA)/biszakrilamid (BAA) oldat (0.8 g AA + 30 g BAA/100 ml)
1.0 ml Tris-HCl puffer pH=6.8
2.5 ml desztillált víz
20 µl ammóniumperoxid-diszulfát (AMPER) oldat (10 v/v %)
4 µl N,N,N’,N’-tetrametil-etilén-diamin (TEMED)

Szeparáló gél: 10 %-os

5.2 ml AA/ BAA oldat
2 ml Tris-HCl puffer pH=8.8
8.8 ml desztillált víz
80 µl AMPER oldat (10 v/v %)
9 µl TEMED

Elektródpuffer: 0.1 M Tris-glicin puffer (pH= 8.3)

A futtatás körülményei

A futtatásra vertikális poliakrilamid gélen került sor (pH= 8.3, 4°C). A gél mérete 20 x 17 cm. A rendelkezésre álló fésűk segítségével kialakított zsebekbe pipettával mintánként 50 µl felülúszót vittem fel. A futtatásra eleinte alacsonyabb feszültségen (100 V, 27-28 A) került sor mindaddig (kb. 30 perc), míg a brómfenol-kék oldat az elválasztógélhez ért, s akkor magasabb feszültségre (200 V, 15 A) állítottam a készüléket. A gélfuttatást 5.5 órán keresztül végeztem.

<u>IEF</u>

Az izoelektromos fókuszálás (IEF) pH=3-9 gradiens, gyári (Pharmacia LKB) készítésű gélek felhasználásával történt. Az analízisre kerülő minták felülúszójából a fésű segítségével 1 µl –t vittem fel.

A futtatás körülményei

Az izoelektromos fókuszálást PhastSystem gélelektroforézis készülékkel végeztem 10 ^{o}C-on. A futtatási körülmények a következők voltak:

- pH gradiens kialakítása: 75 Vh, 2000 V, 2.5 mA,
- mintafelvitel: 15 Vh, 200 V, 2.5 mA,
- izoelektromos fókuszálás: 800 Vh, 2000 V, 2.5 mA.

A mintafelvitel valamennyi esetben pH= 4.5-nél történt, de ez semmilyen módon nem befolyásolja az izoenzimek elhelyezkedését, hiszen azok a futtatás során izoelektromos pontjuk alapján rendeződnek.

A vizsgált enzim jellemzése, a használt festék összetétele

<u>Szuperoxid dizmutáz (SOD)</u> E.C. 1.15.1.1. (BOROSS 1993)

Védő funkciójú enzim, két szuperoxid-gyökből egy O_2 és egy O_2^{2-} molekulát képez:

$$2\ O_2^{-} \rightarrow O_2 + O_2^{2-}$$

Az utóbbi két protonnal hidrogén-peroxiddá alakul. Nem csak a mitokondriumban található, univerzális előfordulású a növényekben. Fém-(Cu^{2+}) tartalmú enzim, azaz hemoprotein (az izolálóoldatban lévő K-metabiszulfit, 2-merkapto-etanol és EDTA tönkreteszi az enzimet).

Az enzim által katalizált reakció:

$$O_2^- + O_2^- + 2\ H^+ \rightarrow O_2 + H_2O_2$$

Festés szuperoxid dizmutázra:

0.1 M Na-foszfát-puffer (pH= 7.8)
2.26 mg/100 ml riboflavin,
175.2 mg/100 ml etiléndiamin-tetraecetsav (EDTA),
60 mg/100 ml p-nitro-tertazólium-kék (NBT).

Inkubálás sötétben, állandó rázatás mellett, 30 percig, szobahőmérsékleten. Az előhívást fényforrás segítségével végezzük a negatív sávok megjelenéséig, majd desztillált vízben fixáljuk a gélt (EICKMEYER 1994).

3.2.7. Izoenzim vizsgálat izoelektromos fókuszálással

A vizsgálatok célja a faj különböző részeinek izoenzimes jellemzése volt. Az analíziseket mindkét nem esetében peroxidáz és észteráz enzimmel végeztem.

A növényminták Szegedről, illetve az ELTE Botanikus Kertjében és a SZIE Budai Arborétumában található *Ginkgo biloba* L. hím- és nőivarú egyedekről származtak. A magvakat (két-, illetve háromélű), a csíráztatás során kapott gyököcskét és rügyecskét, valamint a rügyfakadástól lombhullásig több alkalommal a fák különböző helyeiről (csúcsi, illetve oldalhajtásról) származó leveleket vizsgáltam. Kísérleteimet kiegészítettem a hím- és nőivarú fák gyökerének, valamint a nyugalomban levő vesszők analízisével is. A mintavétel időpontját, a minta származási helyét és a vizsgált növényi részt a 7. táblázat tartalmazza. Az enzim vizsgálat a SZIE Alkalmazott Kémia Tanszékén történt 1997-2000. között.

A növényi minták izolálása a stressztűrés vizsgálatoknál leírtak szerint történt. A legelső kísérletek során az analíziseket többféle összetételű izoláló pufferrel elvégeztem. A korlátozott terjedelem miatt csak a legjobb elválasztást biztosító kivonó puffer összetételét ismertetem.

A kivonópuffer összetétele:

0.2 M Tris-HCl puffer (pH = 7.8)
2 mg/ml $MgCl_2$
10 mg/ml polivinil-pirrolidon (PVP)
200 mg/ml szacharóz
0.35 mg/ml marhaszérum albumin (BSA)
100 mg/ml Triton X-100

Az izoelektromos fókuszálást a szuperoxid dizmutáz enzim vizsgálatánál leírt módon végeztem.

7. táblázat A POD és EST izoenzim vizsgálat mintavételi körülményei

Mintavétel ideje	**Mintavétel helye**	**Vizsgált egyed**	**Vizsgált növényi rész**
1997. 10. 25.	SZIE ELTE SZOTE	Idős ♀ Idős ♀ Idős ♀	Mag (kétélű/ háromélű) Mag (kétélű/ háromélű) Mag (kétélű/ háromélű)
1998. 04. 14.	SZIE ELTE	Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂	Gyökér Gyökér
1998. 05. 15.	ELTE	Idős ♀ / ♂ Fiatal (1 hónap)	Levél Csíranövény (rügyecske/ gyököcske)
1998. 05. 21.	SZIE ELTE SZOTE	Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂	Levél (csúcs/ oldal) Levél (csúcs/ oldal) Levél (csúcs/ oldal)
1998. 05. 26.	SZIE	Fiatal (1 éves) Fiatal (3 éves) Fiatal (10 éves) Fiatal (20 éves)	Levél Levél Levél Levél
1998. 06. 10.	SZIE ELTE	Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂	Levél Levél
1998. 07. 01.	SZIE ELTE	Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂	Levél Levél
1998. 08. 09.	SZIE ELTE	Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂	Levél Levél
1998. 10. 20.	SZIE ELTE	Idős ♀ Idős ♀	Mag (kétélű) Mag (kétélű)
1999. 01. 11.	SZIE ELTE SZOTE	Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂	Vessző, rügy Vessző, rügy Vessző, rügy
1999. 03. 01.	SZIE ELTE SZOTE	Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂	Rügy Rügy Rügy
1999. 05. 26.	SZIE ELTE Szeged	Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂	Gyökér, levél Gyökér, levél Gyökér, levél
1999. 10. 13.	SZIE SZIE	Idős ♀ / ♂ Fiatal (1 éves)	Gyökér, levél Gyökér
2000. 10. 11.	SZIE ELTE	Idős ♀ / ♂ Idős ♀ / ♂	Levél Levél

A vizsgált enzimek jellemzése, a használt festékek összetétele

Peroxidáz (POD) E.C. 1.11.1.7. (CSEKE és VÁMOSNÉ VIGYÁZÓ 1991)

Az enzim mind a növény-, mind az állatvilágban igen elterjedt. In vivo szerepe nem teljesen tisztázott, feltehetően az anyagcsere során keletkező H_2O_2 lebontását katalizálja. A POD-nak hét izoenzime van. A növényi peroxidázoknak a polifenolok oxidálásával jelentős szerepük van a betegségekkel szembeni ellenállás kialakulásában.

A növényi peroxidázok vasat tartalmaznak, azaz hemoproteinek (az izolálóoldatban lévő K-metabiszulfit, 2-merkapto-etanol és EDTA tönkreteszi az enzimet). Az enzim nagyon specifikus H_2O_2 –ra, pH-optimuma 4.0-8.0.
Az enzim által katalizált reakció:

donor + H_2O_2 → oxidált donor + 2 H_2O

Festés peroxidázra:

25 ml 0.1 M Na-acetát puffer (pH=5.6)
25 µl 2 M $CaCl_2$
25 µl 33 v/v %-os H_2O_2
1 ml orto-dianizidin (10 mg/ml dimetil-formamidban oldva)

Inkubálás sötétben, 4ºC-on a barna sávok megjelenéséig. A gél fixálása desztillált vízben történik (TANKSLEY és ORTON 1983).

Arilészteráz (EST) E.C. 3.1.1.2. (BARMAN 1969)

A növényi észterázok az iontranszportban játszanak szerepet. Az arilészteráz hatással van több fenol-észterre. Szubsztrátja az α-naftil-acetát, mely Fast Blue RR sóval fekete csapadékot képez. Az észterázok fényre igen érzékenyek.
Az enzim által katalizált reakció:

aril acetát + H_2O → aril alkohol + acetát

Festés arilészterázra:

A oldat: 96 mg Fast Blue RR-só
90 ml 0.1 M Na-foszfát puffer (pH=6.5)

B oldat: 240 mg α-naftilacetát
6 ml aceton

Az A és B oldatot összeöntjük és azonnal szűrjük. Az inkubálás sötétben, szobahőmérsékleten 1-2 órán keresztül történik. A kellő intenzitás elérése után fixálás 7 %-os ecetsavban (TANKSLEY és ORTON 1983).

3.3. Az értékelés módja

3.3.1. Statisztikai értékelés

Az adatok biometriai elemzését a VARGHA András (1999) által kidolgozott statisztikai programcsomaggal (MiniStat 3.2) végeztem el. Az előzetes szórás összehasonlítás próbái a következők voltak: Fischer-féle F-próba, Bartlett-próba, O´Brien-próba és Levene-próba. A kezelésszinteket, ha a szórások azonosak voltak, kétmintás t-próbával, illetve F-próbával hasonlítottam össze. Amennyiben a szórások különbözőek voltak, a Welch-próbát, a James-féle próbát, illetve a Brown-Forsythe-próbát használtam fel. A konkrét kezelésszinteket a Tukey-Kramer-féle próbával páronként hasonlítottam össze. Amennyiben teljesültek a hagyományos varianciaanalízis feltételei, azzal végeztem az adatok értékelését. A statisztikai értékelő táblázatok a Mellékletben találhatóak. A MiniStat 3.2-ben megvalósított próbasorozat tagjainak matematikai leírását SVÁB (1981), illetve SOKAL és ROHLF (1995) könyvében tanulmányoztam.

3.3.2. Gélek értékelése

Az egyes enzimek gélelektroforézissel elválasztott izoenzim mintázatát oszlopdiagramokkal szemléltetem, ahol a vonalak az egyes izoenzimek elhelyezkedését, a vonalak vastagsága pedig az izoenzimek aktivitásában mutatkozó különbségeket jelölik. A keményítő- és a poliakrilamid gélen történt elválasztás esetén az izoenzimek elhelyezkedését az Rf-értékek megadásával jelzem.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A kadmiumtűrés értékelése

A peroxidáz enzim aktivitását - az izolálás eltérő mértékéből adódó különbségek elkerülése végett - a *fehérjetartalomra vonatkoztatva* határoztam meg (U/mg fehérje). A fehérjetartalom a levelekben minden esetben nagyobb volt, mint a gyökerekben, bár ez a különbség nem jelentős (8., 9. táblázat). A gyökerekben a fehérjetartalom 1.10 mg/ml és 1.91 mg/ml között, a levelekben 1.29 mg/ml és 2.06 mg/ml között változott. A legnagyobb fehérjetartalmat mind a gyökerekben, mind a levelekben (valamennyi kezelésnél) a harmadik mintavételnél tapasztaltam. A különböző koncentrációjú kezelések hatására nem jelentkezett jelentős eltérés a fehérjetartalomban.

8. táblázat A fehérjetartalom változása kadmiumstressz hatására fiatal ginkgó magoncok gyökerében (mg/ml)

Mintavétel / **Kezelés**	**4 h**	**28 h**	**52 h**	**76 h**	**100 h**
0 M Cd^{2+}	1.10	1.30	1.87	1.46	1.52
10^{-6} M Cd^{2+}	1.23	1.58	1.91	1.32	1.58
10^{-5} M Cd^{2+}	1.32	1.42	1.81	1.27	1.46
10^{-4} M Cd^{2+}	1.23	1.55	1.88	1.42	1.55
10^{-3} M Cd^{2+}	1.19	1.68	1.78	1.38	1.53
10^{-2} M Cd^{2+}	1.21	1.47	1.83	1.36	1.47
1 M Cd^{2+}	1.29	1.52	1.88	1.38	1.50

9. táblázat A fehérjetartalom változása kadmiumstressz hatására fiatal ginkgó magoncok levelében (mg/ml)

Mintavétel / **Kezelés**	**4 h**	**28 h**	**52 h**	**76 h**	**100 h**
0 M Cd^{2+}	1.29	1.52	2.05	1.49	1.59
10^{-6} M Cd^{2+}	1.35	1.68	2.04	1.58	1.60
10^{-5} M Cd^{2+}	1.41	1.74	1.98	1.59	1.57
10^{-4} M Cd^{2+}	1.38	1.73	1.99	1.54	1.65
10^{-3} M Cd^{2+}	1.34	1.67	2.06	1.58	1.55
10^{-2} M Cd^{2+}	1.32	1.69	1.89	1.52	1.51
1 M Cd^{2+}	1.34	1.71	1.97	1.53	1.62

A peroxidáz aktivitás a *kontroll* növényekben a kísérlet során kis mértékben nőtt mind a gyökerekben, mind a levelekben, de ez a különbség nem szignifikáns (10., 11. táblázat). A kezeléseket mindig az adott időpontban kontrollként szereplő növényekhez hasonlítottam.

10. táblázat A peroxidáz aktivitás változása kadmiumstressz hatására fiatal ginkgó magoncok gyökerében (U/mg fehérje)

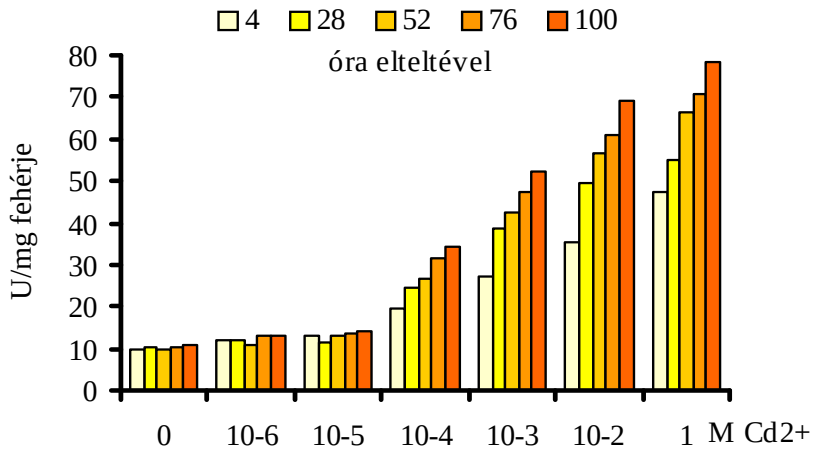
Mintavétel / **Kezelés**	**4 h**	**28 h**	**52 h**	**76 h**	**100 h**
0 M Cd^{2+}	10.02	10.18	9.98	10.17	10.83
10^{-6} M Cd^{2+}	11.79	11.94	10.95	13.31	12.91
10^{-5} M Cd^{2+}	12.93	11.67	13.19	13.70	14.19
10^{-4} M Cd^{2+}	19.77	24.32	26.71	31.67	34.28
10^{-3} M Cd^{2+}	27.20	38.61	42.46	47.22	52.13
10^{-2} M Cd^{2+}	35,37	49.54	56.48	61.20	68.99
1 M Cd^{2+}	47,44	55.19	66.25	70.81	78.22

11. táblázat A peroxidáz aktivitás változása kadmiumstressz hatására fiatal ginkgó magoncok levelében (U/mg fehérje)

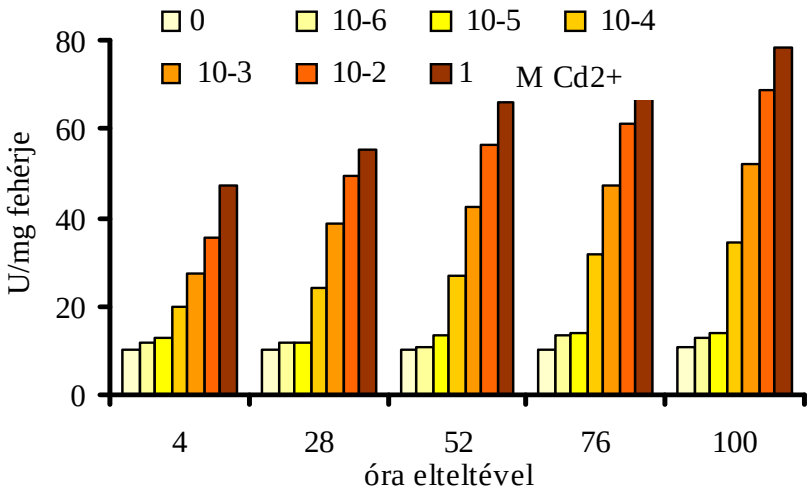
Mintavétel / **Kezelés**	**4 h**	**28 h**	**52 h**	**76 h**	**100 h**
0 M Cd^{2+}	0.73	0.71	0.85	0.92	1.18
10^{-6} M Cd^{2+}	1.03	1.21	1.35	1.34	1.56
10^{-5} M Cd^{2+}	1.56	1.58	1.76	1.87	2.02
10^{-4} M Cd^{2+}	2.30	2.45	2.86	2.91	2.70
10^{-3} M Cd^{2+}	2.83	3.17	4.92	6.92	8.17
10^{-2} M Cd^{2+}	4.62	4.93	5.26	8.08	9.30
1 M Cd^{2+}	5.71	6.21	7.26	9.07	10.96

A **gyökerek**ben az egyes kezeléseknél a kontrollhoz képest a legnagyobb különbségek (1.2-7.2-szeres aktivitási értékek) a stressz kezdetétől számított 100. órában jelentkeztek (10. táblázat, M/4. táblázat).

A gyökerek a növekvő kadmium koncentrációra az alacsonyabb szinteken (10^{-6}-10^{-5} M Cd^{2+}) nem reagáltak nagyobb peroxidáz aktivitással a kontrollhoz képest (3., 4. ábra). A kontrollhoz képest, illetve az egyes kezeléseket egymással összehasonlítva elmondható, hogy a két legalacsonyabb kadmium koncentráció (10^{-6}, 10^{-5} M Cd^{2+}) kivételével valamennyi esetben szignifikáns differencia adódott. A növekvő kadmiumstresszre tehát a gyökerek egyre fokozódó peroxidáz aktivitással reagáltak.



3. ábra A peroxidáz aktivitás változása a fiatal ginkgó gyökerekben különböző erősségű kadmiumstressz hatására



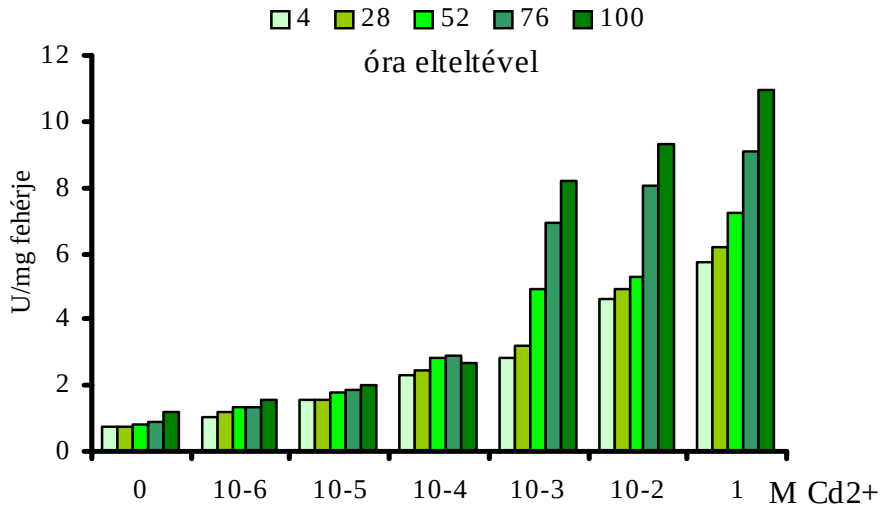
4. ábra A peroxidáz aktivitás változása a fiatal ginkgó gyökerekben kadmiumstressz hatására az egyes mintavételi időpontokban

A mintavételi időpontok közötti peroxidáz aktivitásbeli növekedés csak a 10^{-4} M Cd^{2+}, illetve ennél magasabb koncentrációknál volt szignifikáns. Az alacsonyabb koncentrációjú kezeléseknél az idő tényező nem eredményezett jelentős változást.

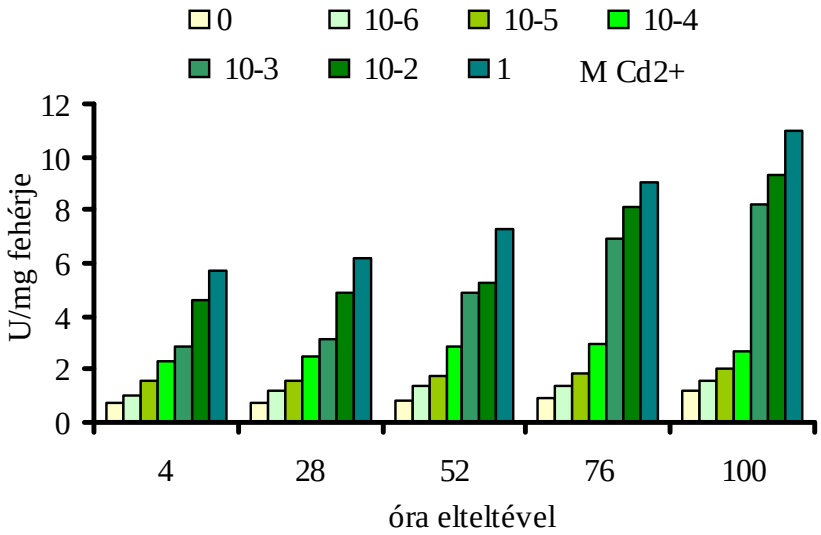
A kísérlet során a **levelek** peroxidáz aktivitása végig jóval alacsonyabb volt, mint a gyökereké. A gyökerekben mért enzimaktivitás 6.4 - 14.3-szorosa volt a levelekben mért értékeknek (11. táblázat). A stressz azonban a levelekben nagyobb arányú enzimaktivitás növekedést váltott ki, mint a gyökerekben.

A levelekben a peroxidáz aktivitás a kontrollhoz képest a legalacsonyabb koncentrációt (10^{-6} M Cd^{2+}) kivéve valamennyi kezelésnél szignifikánsan nagyobb volt (M/5. táblázat). A kezeléseket egymáshoz viszonyítva a két legalacsonyabb koncentráció (10^{-6}-10^{-5} M Cd^{2+}) kivételével szignifikáns különbség figyelhető meg, a növekvő kadmium koncentrációra egyre nagyobb peroxidáz aktivitással reagált a növény (5., 6. ábra).

A mintavételi időpontok közötti különbségek csak a 10^{-3} M Cd^{2+} koncentrációnál magasabb szinteken adódtak szignifikánsnak. A stressz tehát a magasabb koncentrációknál az idő függvényében sokkal erőteljesebb peroxidáz aktivitásbeli növekedést okozott, mint az alacsonyabb kezelésszinteken.



5. ábra A peroxidáz aktivitás változása a fiatal ginkgó levelekben különböző erősségű kadmiumstressz hatására



6. ábra A peroxidáz aktivitás változása a fiatal ginkgó levelekben kadmiumstressz hatására az egyes mintavételi időpontokban

4.2. A sótűrés értékelése

A peroxidáz enzim aktivitását a *fehérjetartalomra vonatkoztatva* határoztam meg (U/mg fehérje). A fehérjetartalom a gyökerekben minden esetben nagyobb volt, mint a levelekben (12., 13. táblázat). A gyökerekben a fehérjetartalom 0.82 mg/ml és 1.66 mg/ml között, a levelekben 0.21 mg/ml és 0.91 mg/ml között változott. A gyökerekben a legnagyobb fehérjetartalmat valamennyi időpontban a 100 mM NaCl koncentrációnál tapasztaltam, a magasabb koncentrációjú kezelések hatására azonban nem jelentkezett jelentős eltérés a fehérjetartalomban. Az első mintavételnél a levelek fehérjetartalma mind a kontrollban, mind a kezeléseknél jóval alacsonyabb volt, mint a későbbi időpontban mért értékek. A későbbiekben a fehérjetartalom gyakorlatilag változatlan maradt.

12. táblázat A fehérjetartalom változása sóstressz hatására fiatal ginkgó magoncok gyökerében (mg/ml)

Mintavétel / **Kezelés**	**4 h**	**18 h**	**24 h**	**42 h**	**48 h**
0 mM NaCl	0.88	0.75	1.03	0.83	0.95
100 mM NaCl	1.05	1.63	1.66	1.56	1.45
200 mM NaCl	0.79	1.06	1.01	0.89	1.08
400 mM NaCl	0.94	0.82	0.97	0.87	0.86

13. táblázat A fehérjetartalom változása sóstressz hatására fiatal ginkgó magoncok levelében (mg/ml)

Mintavétel / **Kezelés**	**4 h**	**18 h**	**24 h**	**42 h**	**48 h**
0 mM NaCl	0.23	0.74	0.65	0.58	0.63
100 mM NaCl	0.22	0.81	0.83	0.77	0.80
200 mM NaCl	0.21	0.92	0.85	0.82	0.86
400 mM NaCl	0.23	0.83	0.91	0.86	0.81

A peroxidáz aktivitás a *kontroll* növényekben az idő múlásával folyamatosan nőtt mind a gyökerekben, mind a levelekben, az eltérések azonban nem bizonyultak szignifikánsnak (14., 15. táblázat). Természetesen a kezeléseket mindig a kontrollcsoport azonos időpontban vett mintáihoz hasonlítottam.

14. táblázat A peroxidáz aktivitás változása sóstressz hatására fiatal ginkgó magoncok gyökerében (U/mg fehérje)

Mintavétel / **Kezelés**	**4 h**	**18 h**	**24 h**	**42 h**	**48 h**
0 mM NaCl	8.69	8.84	9.06	9.33	9.50
100 mM NaCl	9.65	11.97	19.37	22.95	30.79
200 mM NaCl	11.90	19.80	30.45	38.85	46.92
400 mM NaCl	15.87	23.98	43.65	50.26	53.10

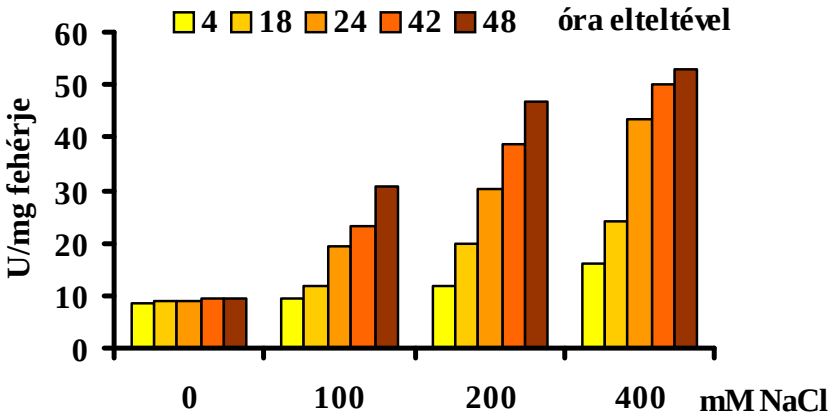
15. táblázat A peroxidáz aktivitás változása sóstressz hatására fiatal ginkgó magoncok levelében (U/mg fehérje)

Mintavétel / **Kezelés**	**4 h**	**18 h**	**24 h**	**42 h**	**48 h**
0 mM NaCl	4.23	4.38	4.51	4.84	4.97
100 mM NaCl	4.71	5.91	6.87	8.21	10.41
200 mM NaCl	6.72	7.61	8.30	10.15	15.78
400 mM NaCl	8.64	9.27	10.19	12.35	17.24

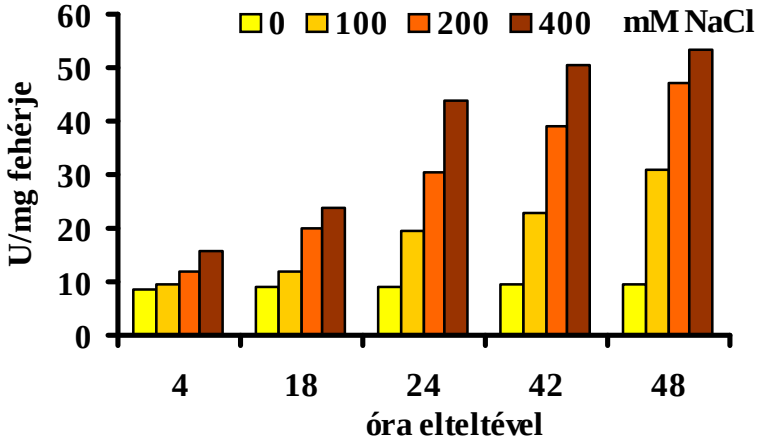
A **gyökerek**ben az egyes kezeléseknél a kontrollhoz viszonyított különbségek a kísérlet során végig nőttek, tehát a legnagyobb eltérések (3.2-5.6-szoros aktivitási értékek) az utolsó mintavételnél jelentkeztek (14. táblázat).

A gyökerekben a peroxidáz aktivitás függ a sókoncentrációtól, a koncentráció növekedésével arányosan az enzim aktivitása nő (1.1-3.5-szörösére) (7., 8. ábra).

A kontrollhoz viszonyított és a kezelések közti eltérések valamennyi mintavételi időpontban szignifikánsak voltak (M/6. táblázat).



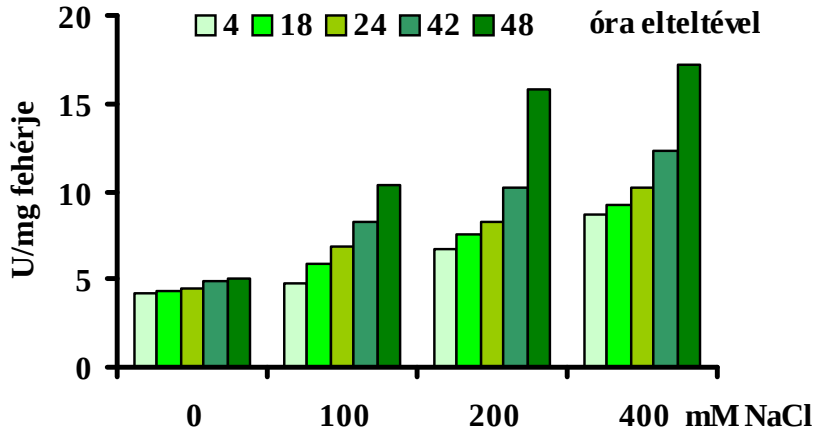
7. ábra A peroxidáz aktivitás változása fiatal ginkgó gyökerekben különböző erősségű sóstressz hatására



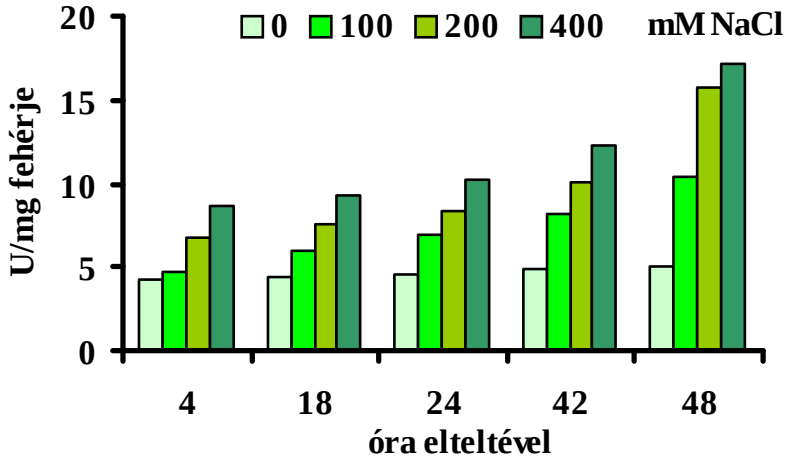
8. ábra A peroxidáz aktivitás változása fiatal ginkgó gyökerekben sóstressz hatására az egyes mintavételi időpontokban

A **levelek**ben a peroxidáz enzim aktivitása valamennyi kezelésnél alacsonyabb volt, mint a gyökerekben. A kezelésszintek kontrollhoz viszonyított különbsége is a leveleknél volt alacsonyabb.

A sóstresszre a koncentráció növekedésével arányosan szignifikánsan nőtt a peroxidáz aktivitás a levelekben is (9., 10. ábra) (M/7. táblázat).



9. ábra A peroxidáz aktivitás változása fiatal ginkgó levelekben különböző erősségű sóstressz hatására



10. ábra A peroxidáz aktivitás változása fiatal ginkgó levelekben sóstressz hatására az egyes mintavételi időpontokban

4.3. A magkísérletek értékelése

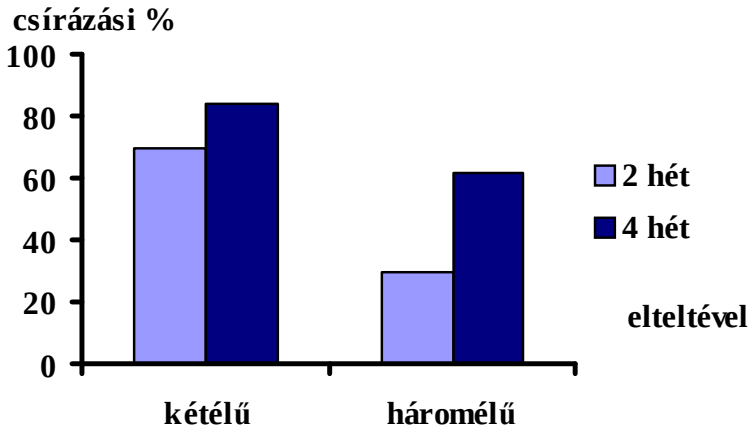
Az első csírák az *itatós papír közötti csíráztatás* esetén két hét múlva jelentek meg. A magvak 90 százaléka négy hét alatt csírázott ki. A *földbe vetett* magvak közül az elsők kb. három hét alatt keltek ki, és öt hét kellett a magvak többségének kikeléséhez. Az egyes évek eredményei a Mellékletben találhatóak. A szöveges értékelés - ha nincs egyéb utalás -, akkor természetesen az utolsó felvételezés adataira vonatkozik.

A mag alakja

A csírázóképesség szignifikánsan függ a mag éleinek számától. A *kétélű* magvak jobban csíráztak, mint a *háromélű*ek (16. táblázat, 11. ábra). A kétféle mag csírázási százaléka közötti különbség szignifikáns volt (M/8. táblázat).

16. táblázat Két- és háromélű magvak csírázási eredménye (2000.)

	2 hét múlva (%)	**4 hét múlva (%)**
kétélű	70	84
háromélű	30	62

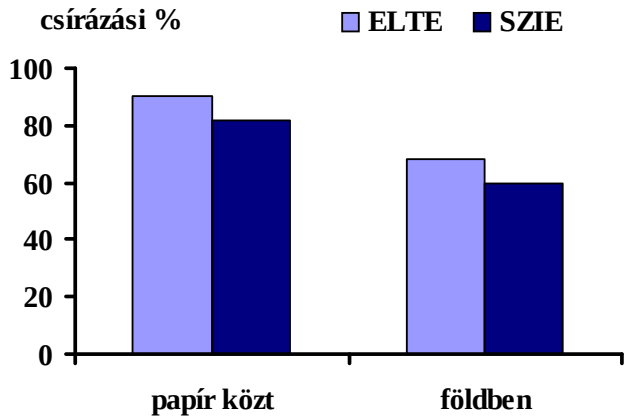


11. ábra Két- és háromélű ginkgó magvak csírázása

A két- illetve háromélű magvak *peroxidáz aktivitás*ában nem jelentkezett különbség (M/9. táblázat), tehát ez alapján nem különíthetők el.

A mag származási helye

Az utolsó év adatait elemezve elmondható, hogy a magvak származási helyének 95 %-os döntési szinten szignifikáns hatása van a csírázóképességre mind a laboratóriumban, itatós papír között csíráztatott magvak esetében, mind földben csíráztatva a magvakat (12. ábra, M/10. táblázat).

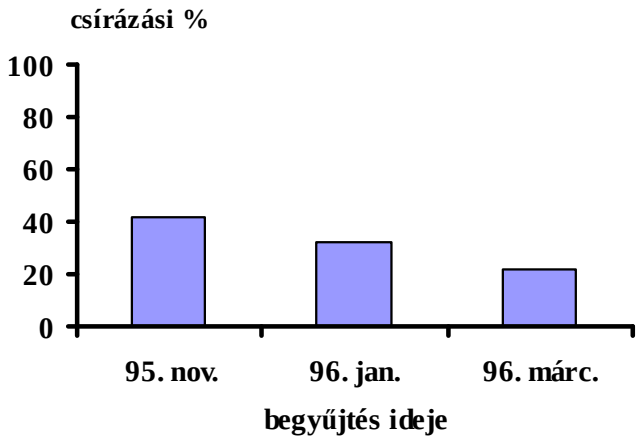


12. ábra Különböző helyről származó ginkgó magvak csírázása

A maggyűjtés ideje

A begyűjtési időpont hatásának vizsgálatában a kontroll csoportok vettek részt. A begyűjtési időpontnak szignifikáns hatása volt.

Az *első kísérleti év*ben az első szedésből szignifikánsan több egyed kelt ki (42 %), mint a második (32 %), illetve harmadik szedésből (22 %) (13. ábra, M/11. táblázat)). A csírázó képesség tehát egyre csökkent a szabadban eltöltött idővel arányosan, a tavaszi felszedésből származó magvak már csak igen gyengén csíráztak.

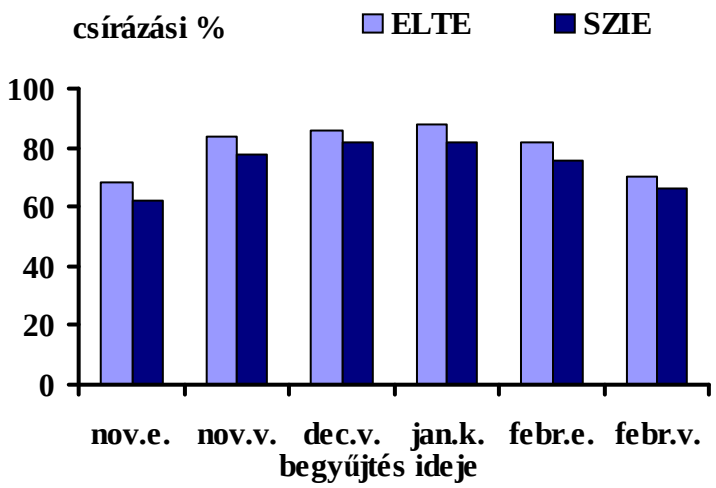


13. ábra A maggyűjtés idejének hatása a csírázásra szárazon tárolt magvak esetében (1996., SZIE)

Az *utolsó kísérleti év*ben hat begyűjtési időpont volt (17. táblázat, 14. ábra), melyek között szignifikáns differencia mutatkozott (M/12. táblázat).

17. táblázat Különböző maggyűjtési időpontok hatásának vizsgálata (2000.)

Származási hely	Maggyűjtés ideje	Csírázás körülménye		
		papír között (%)	földbe vetve (%)	
			begyűjtés után	márciusban
SZIE	1999. nov. e.	62	44	52
	1999. nov. v.	78	46	58
	1999. dec. v.	82	50	62
	2000. jan. k.	82	50	60
	2000. febr. e.	76	58	62
	2000. febr. v.	66	56	56
ELTE	1999. nov. e.	68	46	56
	1999. nov. v.	84	50	62
	1999. dec. v.	86	56	70
	2000. jan. k.	88	58	68
	2000. febr. e.	82	62	66
	2000. febr. v.	70	60	60



14. ábra A maggyűjtés időpontjának hatása a ginkgó csírázására hűtőben tárolt magvak esetében (2000., SZIE, ELTE)

Az itatós papír között csíráztatott magvak esetében a *november elején* begyűjtött magvak szignifikánsan gyengébben keltek (99 %-os döntési szinten) mindkét botanikus kert magvainál a többi szedésből származó magvakhoz viszonyítva. Szignifikáns különbséget (95 %-os döntési szinten) tapasztaltam továbbá a *február végi* és a korábban gyűjtött magvak csírázó képességében. A február végén felszedett magvak csíraképessége statisztikailag megegyezett a november elején begyűjtött magvakéval, és szignifikánsan alacsonyabb értéket mutatott a további négy időpontban felszedett magvakhoz viszonyítva. A legmagasabb csírázási értékeket a *decemberi* és a *januári* magvak mutatták.

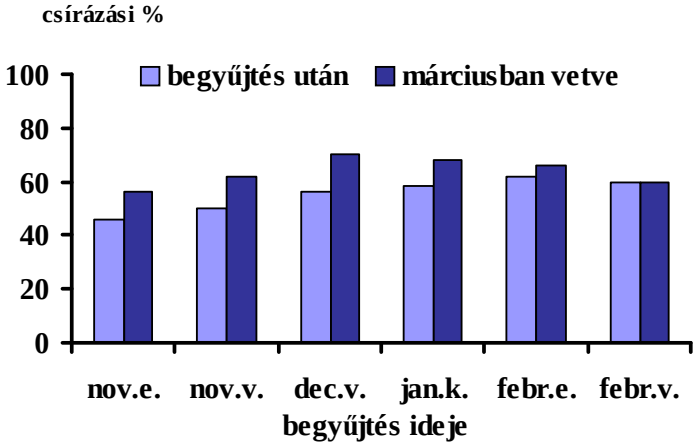
A laboratóriumi körülmények között, de földben csíráztatott magvaknál - igaz alacsonyabb döntési szinten (90 %) -, ugyanúgy szignifikáns eltérés jelentkezett a mag begyűjtési idejét tekintve, a fenti tapasztalatokkal megegyező viszonyokban (M/13. táblázat).

A csírázás körülményei

A csírázási körülményeknek szignifikáns hatása van. Az itatós papír között csíráztatott magvak szignifikánsan nagyobb csírázóképességet mutattak, mint földbe vetve, bárhol és bármikor is kerültek begyűjtésre (12. ábra, M/13. táblázat).

A tárolás ideje, módja

A *második év*ben a több mint egy éve szárazon tárolt magvakat vetettem el, melyek közül azonban egy sem kelt ki, a magvak kiszáradtak. Az *utolsó kísérleti év*ben megvizsgáltam, hogy tárolás során változik-e a csíraképesség. Az adatok statisztikai értékelése során kiderült, hogy szignifikáns eltérés van a közvetlenül szedés után, illetve a csak tavasszal elvetett magvak csírázási százaléka között (M/14., M/15. táblázat). A tavasszal vetett magvak egyöntetűbben és nagyobb százalékban csíráztak ki valamennyi begyűjtési időpont esetén (15. ábra).



15. ábra A tárolás idejének hatása a ginkgó csírázására (2000., ELTE)

Biokémiai analízisre is sor került a tárolás hatásának vizsgálatakor. Az *utolsó év*ben a különböző időpontban felszedett magvakat négy alkalommal hasonlítottam össze *peroxidáz aktivitás*uk segítségével. A statisztikai értékelés alapján elmondható (M/16. táblázat), hogy a novemberi és a januári vizsgálat során a magvak peroxidáz aktivitásában nem volt számottevő eltérés. Viszont a februári és a márciusi laboratóriumi méréseknél szignifikánsan magasabb peroxidáz aktivitást mutattak a *november végé*n, illetve *december*ben gyűjtött magvak. Legalacsonyabb aktivitással a november elején, illetve a februárban felszedett magvak rendelkeztek.

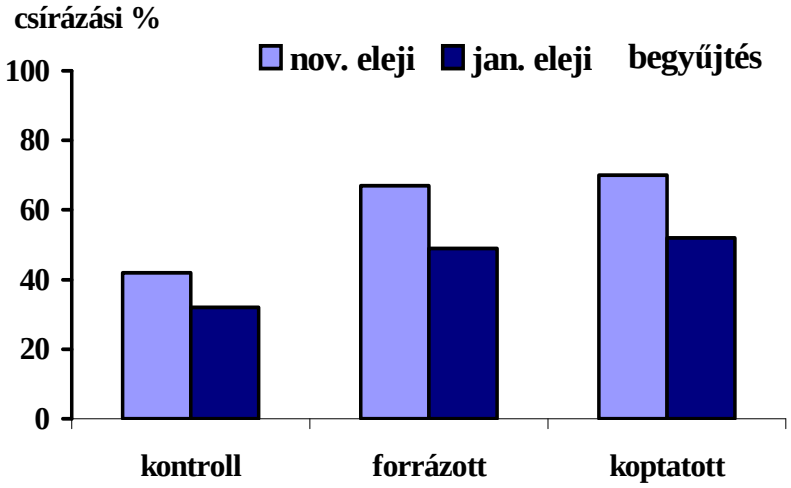
A magkezelés

A kísérletsorozat eredményei a 18. táblázatban találhatóak.

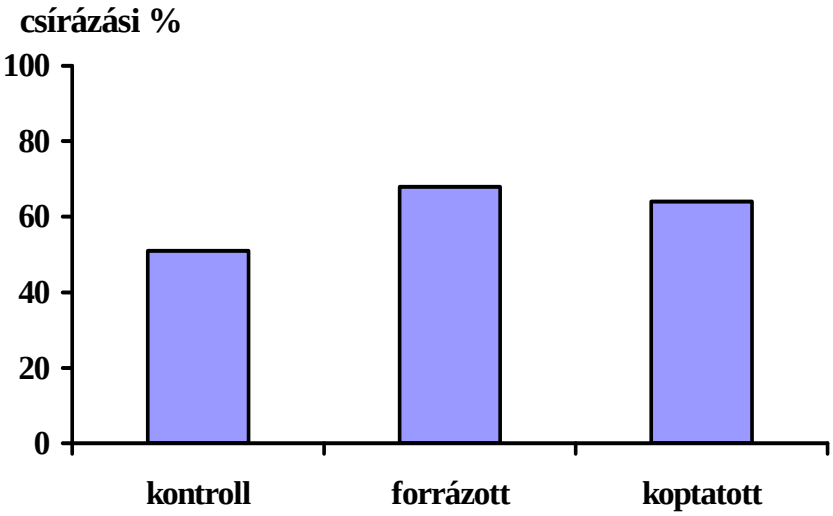
18. táblázat A magkezelések hatásának vizsgálata (1996-2000.)

vetés éve	maggyűjtés	származási hely	kontroll (%)	forrázott (%)	koptatott (%)
1996.	1995. nov. e.	SZIE	42	67	70
	1996. jan. e.	SZIE	32	49	52
	1996. márc. v.	SZIE	22	—	—
1997.	1996. jan. e.	SZIE	0	0	0
1998.	1997. nov. e.	SZIE	51	68	64
1999.	1998. nov. e.	SZIE	55	74	70
	1998. nov. e.	ELTE	61	83	79
2000.	1999. dec. v.	ELTE	68	88	81

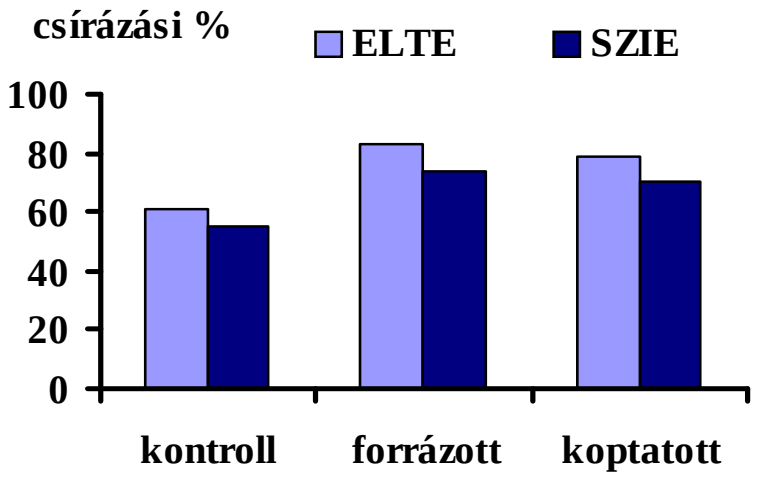
Az eredmények alapján egyértelműen elmondható, hogy a magkezeléseknek szignifikáns hatása van a csírázási százalékra (99 % -os döntési szinten) (M/17., M/18., M/19., M/20. táblázat). Bár az egyes évek csírázási százalék értékeiben vannak eltérések, a szignifikáns különbség valamennyi kísérleti évben, valamennyi szedési időpontban, a csíráztatás körülményeitől függetlenül jelentkezett. A kontroll csoportokból csírázott ki a legkevesebb mag, ennél szignifikánsan több kelt ki mind a *forrázott*, mind a *koptatott* magvak közül (16., 17., 18., 19. ábra). A két kezelés közötti eredményekben van ugyan némi eltérés (általában a forrázott magvak valamivel jobban csíráztak), ez azonban statisztikailag nem igazolható.



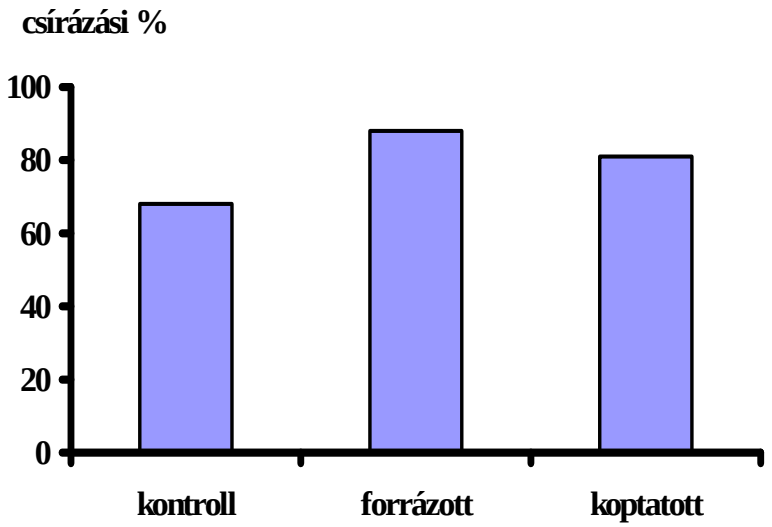
16. ábra Magkezelés hatása a csírázásra az első kísérleti évben (1996., SZIE)



17. ábra Magkezelés hatása a csírázásra a harmadik kísérleti évben (1998., SZIE)



18. ábra Magkezelés hatása a csírázásra a negyedik kísérleti évben (1999., SZIE, ELTE)



19. ábra Magkezelés hatása a csírázásra az ötödik kísérleti évben (2000., ELTE)

A biokémiai analízis nagyon jól kiegészítette a gyakorlati tapasztalatokat. A fizikai magkezelések hatására a *peroxidáz aktivitás*ban változások jelentkeztek (M/21. táblázat). A *forrázott* magvak peroxidáz aktivitása 99 %-os döntési szinten szignifikánsan magasabb volt, mint a kezeletlen magvaké. A forrázás tehát stresszt vált ki a magban a vastag maghéjon keresztül is.

Gyenge koptatás hatására a peroxidáz aktivitásban nem volt változás észlelhető a kontroll csoporthoz viszonyítva, az konstansan alacsony szinten maradt.

A tényleges, *erős mechanikai koptatás*ra viszont a peroxidáz aktivitás szignifikáns növekedésével reagáltak a vizsgált magvak mind a kezeletlen, mind a gyengén koptatottakhoz képest. A peroxidáz aktivitás alapján a koptatás azonban egyértelműen alacsonyabb szintű stressznek bizonyult a forrázáshoz képest.

A *koptatás és forrázás együtt*es alkalmazásával egyáltalán nem változott a peroxidáz aktivitás a kontrollhoz képest, és nemhogy nem fokozódott, de szignifikánsan alacsonyabb szintet ért el a fizikai magkezelések külön történő elvégzésekor tapasztaltakhoz viszonyítva.

4.4. A dugványozás értékelése

A dugványok gyökeresedését minden esetben a dugványozás után 1 hónappal értékeltem.

Az első kísérletben a kezeletlen dugványok több mint fele (57 %) meggyökeresedett (19. táblázat). Ez különösen jó eredménynek számít, mert a meggyökeresedett dugványok mintegy fele idős (8-10 éves) részről származott. Bár a nőivarú egyedekről gyűjtött dugványok nagyobb számban gyökeresedtek, mint a hímivarú fa dugványai, ez a különbség azonban statisztikailag értékelve nem szignifikáns (M/22. táblázat). Az alapi és a csúcsi részről szedett dugványok között viszont 95 %-os döntési szinten szignifikánsan differencia adódott (M/22. táblázat). Az alapi dugványok jóval nagyobb arányban képeztek gyökeret, mint a csúcsiak.

A kezelt dugványok közül egy sem eredt meg. A kontrollcsoport jó gyökeresedése alapján egyértelmű, hogy a hormonkeverékkel volt a probléma. A kifejezetten fás dugványozásra ajánlott készítmény (Wood's) az alkalmazott koncentrációban a ginkgófa esetében túl töménynek bizonyult.

19. táblázat *Ginkgo biloba* L. fás dugványok gyökeresedése (%) 1998 februárjában

	Nőivarú		**Hímivarú**	
	Kontroll	**Hormonkezelt (Wood's)**	**Kontroll**	**Hormonkezelt (Wood's)**
Alapi	73.3	0	66.7	0
Csúcsi	46.7	0	40.0	0

1998 júniusában zöld dugványozással igen jó eredményt értem el (20. táblázat). Összesítve a kontrollcsoport 65.0 %-ban, a kezelt csoport viszont 78.3 %-ban gyökeresedett meg. A csoportok közötti eltérés statisztikailag is igazolható: a hormonkezelés 95 %-os döntési szinten szignifikánsan jobb eredményt hozott a kontrollhoz képest (M/23. táblázat). Az első dugványozási kísérletben eredménytelen hormonkezelés után már saját hormonkeverékkel kezeltem a dugványokat. Az eredmények jól tükrözik ennek a keveréknek a hatásosságát. A zöld dugványok közül a porzós fa dugványai valamivel jobban gyökeresedtek, a nemek között jelentkező különbség azonban nem szignifikáns (M/23. táblázat). Az alapi dugványok

egyértelműen jobban eredtek, mint a csúcsi dugványok, az eltérés 99 %-os döntési szinten szignifikáns (M/24. táblázat).

20. táblázat *Ginkgo biloba* L. zöld dugványok gyökeresedése (%) 1998 júniusában

	Nőivarú		**Hímivarú**	
	Kontroll	**Hormonkezelt (saját keverék)**	**Kontroll**	**Hormonkezelt (saját keverék)**
Alapi	86.7	100	93.3	100
Csúcsi	33.3	60.0	46.7	53.3

1998 júniusában a leveles fás dugványoknál is jelentős különbséget tapasztaltam a kezeletlen és hormonkezelt csoportok között: a hormonkezelés 95 %-os döntési szinten szignifikánsan jobb gyökerezési százalékot eredményezett a kontrollhoz viszonyítva (21. táblázat, M/25. táblázat). Az alapi dugványok mind a nő-, mind a hímivarú egyedek esetében 99 %-os döntési szinten szignifikánsan jobban gyökereztek, mint a csúcsi dugványok (M/25. táblázat).

21. táblázat *Ginkgo biloba* L. leveles fás dugványok gyökerezése (%) 1998 júniusában

	Nőivarú		**Hímivarú**	
	Kontroll	**Hormonkezelt (saját keverék)**	**Kontroll**	**Hormonkezelt (saját keverék)**
Alapi	60.0	93.3	80.0	100
Csúcsi	53.3	66.7	53.3	60.0

Mivel azonos időben, ugyanazokról az egyedekről gyűjtöttem a zöld és (leveles) fás dugványokat, természetszerűleg adódik ezek együttes értékelése is. Elmondható, hogy a nemek közötti különbség nem szignifikáns (M/23. táblázat). A hormonkezelés viszont szignifikánsan nagyobb gyökerezési százalékot eredményezett a kontrollcsoporthoz képest (95 %-os döntési szinten) (M/23. táblázat). A zöld és leveles fás dugványok gyökerezése között nem volt szignifikáns differencia (M/26. táblázat).

Az 1999. évi fás dugványozás eredményeit összesítve a kezeletlen dugványok 61.7 %-a gyökeresedett meg, míg a hormonkezelést kapott dugványoknál ez az érték 80.0 % volt (22. táblázat). Ez a különbség 99 %-os döntési szinten szignifikáns (M/27. táblázat). A nemek között ebben a kísérletsorozatban sem jelentkezett szignifikáns különbség. Az alapi dugványok pedig ismét 95 %-os döntési szinten szignifikánsan jobban gyökereztek, mint a csúcsi dugványok (M/28. táblázat).

22. táblázat *Ginkgo biloba* L. fás dugványok gyökeresedése (%) 1999 januárjában

	Női		**Hím**	
	Kontroll	**Hormonkezelt (saját keverék)**	**Kontroll**	**Hormonkezelt (saját keverék)**
Alapi	73.3	86.7	60.0	80.0
Csúcsi	60.0	73.3	53.3	66.7

Az utolsó kísérletben (1999. jún.) zöld dugványozással különösen jó gyökeresedést értem el (23. táblázat). Hormonkezelés hatására 99 %-os döntési szinten szignifikánsan nagyobb arányú gyökeresedést tapasztaltam a kontrollcsoporthoz képest (M/29. táblázat). Az alapi és csúcsi részről származó dugványok között 99 %-os döntési szinten szignifikáns eltérés jelentkezett (M/30. táblázat), mégpedig az alapi dugványok gyökereztek jobban. A nemek közötti különbség azonban nem szignifikáns.

23. táblázat *Gingko biloba* L. zöld dugványok gyökeresedése (%) 1999 júniusában

	Női		**Hím**	
	Kontroll	**Hormonkezelt (saját keverék)**	**Kontroll**	**Hormonkezelt (saját keverék)**
Alapi	70.0	100	76.7	90.0
Csúcsi	66.7	80.0	60.0	73.3

A két év zöld és fás dugványait összehasonlítva elmondható, hogy a nemek között nem jelentkezett szignifikáns differencia. A hormonkezelés azonban egyértelműen nagyobb gyökerezési százalékot eredményezett a kontrollcsoporthoz képest. A zöld és fás dugványok gyökerezése között nem volt jelentős eltérés.

4.5. A keményítő gélelektroforézissel végzett izoenzim vizsgálatok értékelése

Az enzimanalízisek eredményeit az „Anyag és módszer” c. fejezet tagolása szerint ismertetem. Az egyes enzimeken belül pedig a sorrend a vizsgált növényi részek (gyökerek, levelek és csúcsrügyek), illetve az egyedek kora („fiatal” és „idős”) szerint alakul.

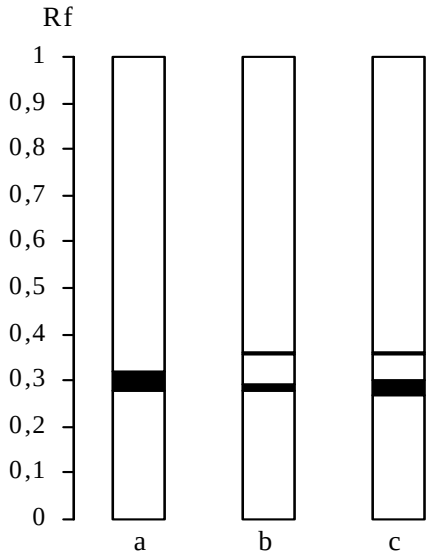
Sikiminsav dehidrogenáz

A fiatal növények *gyökere*inél nem különülnek el egyértelműen a frakciók, csak egy vastag sáv látható (Rf = 0.28-0.32) valamennyi egyednél (20. ábra). Az idős fáknál a gyökerekben nem volt tökéletes az izolálás: némelyik egyednél egy elmosódott széles sáv látható, a többinél nem tudtam izoenzim frakciókat elkülöníteni.

A fiatal növények *levele*iben két sávot tudtam kimutatni Rf = 0.28 és 0.36 értékeknél. A növények 58 %-ánál az alsó sáv különösen hangsúlyos; az egyedek

22 %-ánál pedig egyáltalán nem volt detektálható az enzimaktivitás. Az idős fák levelei nem festődtek.

A fiatal növények *csúcsrügy*éből nem lehetett kimutatni az izoenzim mintázatot.



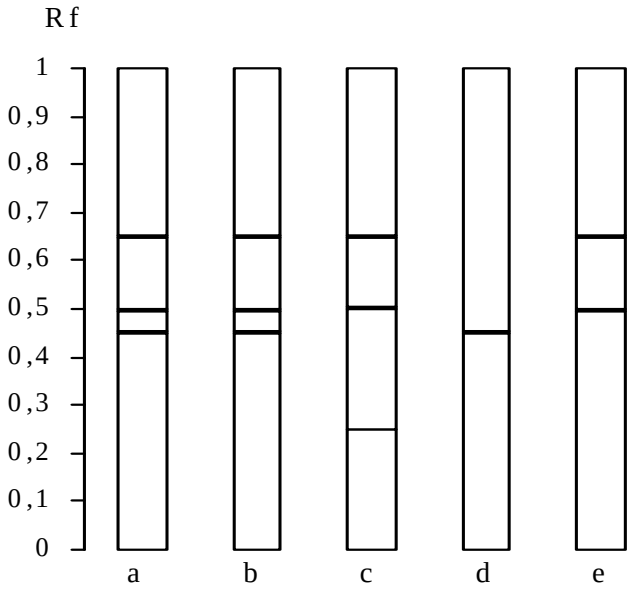
20. ábra A ginkgó sikiminsav dehidrogenáz izoenzim mintázata (a/ fiatal növény gyökerében, b-c/ fiatal növény levelében)

Malát dehidrogenáz

Különösen jól festődött ez az enzim (21. ábra). A *gyökerek*nél három izoenzimsáv vált el valamennyi fiatal és idős növénynél Rf = 0.45, 0.50 és 0.65 értékeknél.

A fiatal növények *levelé*ből kimutatott izoenzim mintázat teljesen eltér az ivarérett egyedek levélkivonatából kapottaktól. A fiatal egyedeknél ugyanis három sáv különíthető el Rf = 0.25, 0.50 és 0.65 értékeknél. Valamennyi fiatal egyednél ez az izoenzim mintázat adódott. Látható tehát, hogy a két felső frakció elhelyezkedése megegyezik a fiatal növények gyökereiből kimutatott mintázat felső sávjaival. Az idős fák némelyikénél csupán egy sáv látható Rf = 0.45 értéknél, az egyedek többségénél azonban egyetlen sáv sem jelent meg. Ez a különbség nem a nemek közötti eltérést mutatja.

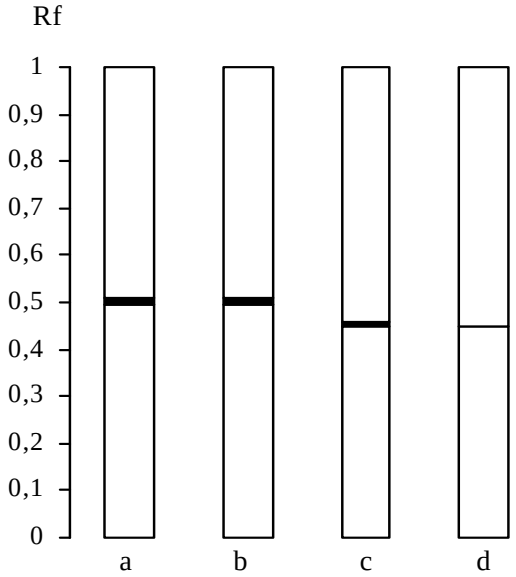
A fiatal növények *csúcsrügy*éből két sávot lehetett elkülöníteni, melyek Rf = 0.50 és 0.65 értékeknél találhatóak.



21. ábra A ginkgó malát dehidrogenáz izoenzim mintázata (a/ fiatal növény gyökerében, b/ idős növény gyökerében, c/ fiatal növény levelében, d/ idős növény levelében, e/ fiatal növény csúcsrügyében)

Izocitrát dehidrogenáz

Mind a fiatal, mind az idős növények *gyökere*iből kimutatott izoenzim mintázat egy sávot tartalmazott Rf = 0.50 értéknél (22. ábra). A fiatal egyedeknél az izoenzim mintázatban nem volt különbség.



22. ábra A ginkgó izocitrát dehidrogenáz izoenzim mintázata (a/ fiatal növény gyökerében, b/ idős növény gyökerében, c/ fiatal növény levelében, d/ idős növény csúcsrügyében)

A fiatal egyedek *levele*iből egy sávot sikerült kimutatni Rf = 0.45 értéknél, melynek vastagsága több frakció jelenlétére utal. Az egyedek izoenzim mintázatában a levelek esetében sem volt különbség. Az idős fák leveleiből nem lehetett izoenzim frakciókat elkülöníteni.

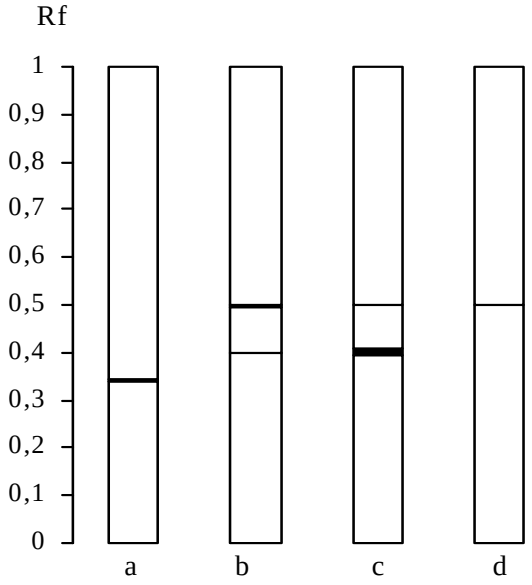
A fiatal növények *csúcsrügy*eiből az összes egyednél egy frakciót (Rf = 0.45) lehetett kimutatni, mely mintázat megegyezik a fiatal növények leveléből kimutatott izoenzim mintázattal.

Glükonát-6-foszfát dehidrogenáz

A *gyökerek* esetében a fiatal egyedek nem festődtek. Az idős példányoknál mindkét nemnél egy sáv látható Rf = 0.34 értéknél (23. ábra).

A fiatal növények *levelé*ből nyert mintáknál két sávot sikerült elválasztani Rf = 0.40 és 0.50 értékeknél. Az alsó sáv a növények 36 %-ánál jóval kifejezettebb, vastagabb volt, mint a többinél, míg 18 %-nál ez a sáv hiányzott. Az *idős* egyedek leveléből nem lehetett enzimfrakciókat elkülöníteni.

A fiatal növények *csúcsrügy*éből nem lehetett izoenzim mintázatot kimutatni.

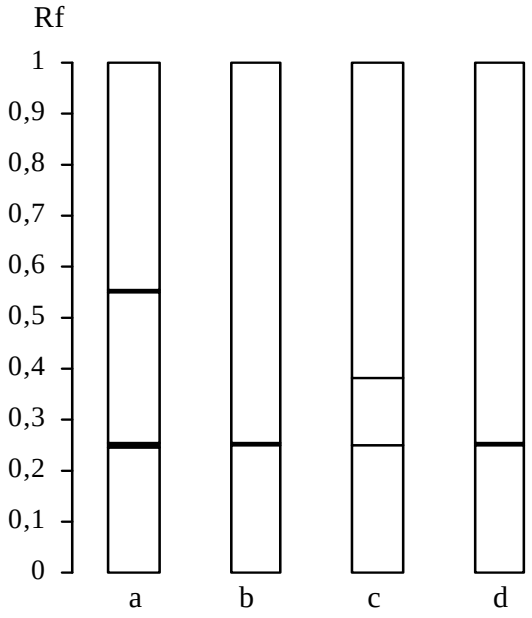


23. ábra A ginkgó glükonát-6-foszfát dehidrogenáz izoenzim mintázata (a/ idős növény gyökerében, b-d/ fiatal növény levelében)

Glutamát dehidrogenáz

A *gyökerek* esetében a fiatal és az idős egyedekből kimutatott mintázatok különböztek egymástól (24. ábra). A fiatal növények gyökereiből nyert mintáknál valamennyi egyednél két izoenzim frakció különült el Rf = 0.25 és 0.55 értékeknél. Az idős növények gyökeréből nyert mintáknál egy izoenzim frakciót lehetett kimutatni

Rf = 0.25 értéknél. Ez a mintázat megegyezett mindkét nemnél, azonban a nőivarú egyedeknél csak kettőnél, a hím egyedeknél pedig egynél tudtam azonosítani.



24. ábra A ginkgó glutamát dehidrogenáz izoenzim mintázata (a/ fiatal növény gyökerében, b/ idős növény gyökerében, c/ fiatal növény levelében, d/ idős nőivarú növény levelében)

A fiatal növények *levele*iből két izoenzim frakciót lehetett elválasztani (Rf = 0.25 és 0.38 értékeknél). Az idős egyedekből kimutatott mintázatok eltértek ettől, sőt a nemek között is eltérést tapasztaltam. A női egyedek izoenzim mintázatában egy sáv jelent meg Rf = 0.25 értéknél, a hím egyedeknél viszont nem festődött az enzim.

A kimutatott izoenzim frakciók tehát egy sáv elhelyezkedésében (Rf = 0.25) megegyeztek, a másik sáv megléte, illetve helye szerint viszont különböztek a levelekben és a gyökerekben.

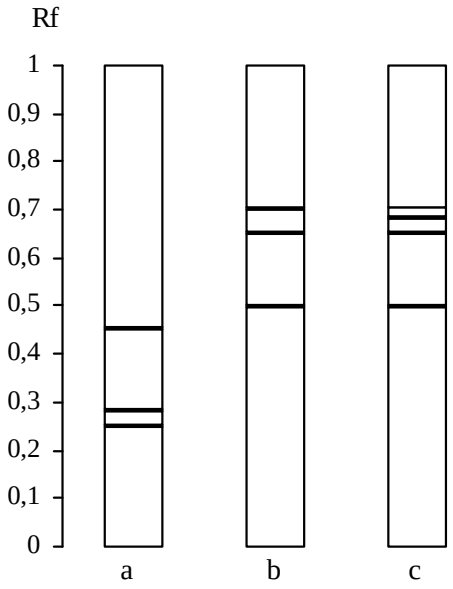
A fiatal növények *csúcsrügy*éből nem lehetett izoenzim frakciókat elkülöníteni.

Foszfoglüko mutáz

A fiatal növények *gyökere*inél látható mintázat háromsávos, a frakciók valamennyi egyednél azonosan helyezkednek el (Rf = 0.25, 0.28 és 0.45 értékeknél) (25. ábra). Az idős növények gyökerében három egyednél egyáltalán nem találtam enzimaktivitást, a többinél pedig háromsávos mintázat jelent meg (Rf = 0.50, 0.65 és 0.70). Ennél az enzimnél is látható az idős állomány heterogenitása.

A fiatal növények esetében a *levelek*nél négy sávot lehetett elkülöníteni, a frakciók Rf = 0.50, 0.65, 0.68 és 0.70 értékeknél találhatók. Az idős egyedeknél a levelekből nem tudtam izoenzim mintázatot meghatározni.

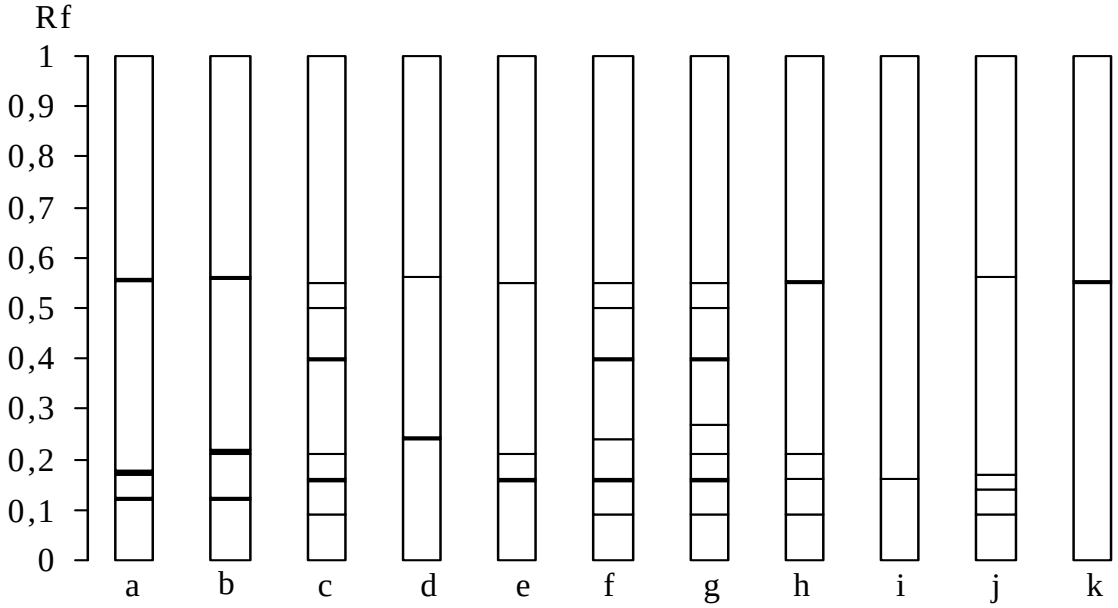
A fiatal növények *csúcsrügy*éből nem lehetett izoenzim frakciókat elkülöníteni.



25. ábra A ginkgó foszfoglüko mutáz izoenzim mintázata (a/ fiatal növény gyökerében, b/ idős növény gyökerében, c/ fiatal növény levelében)

Glükóz-6-foszfát izomeráz

A vizsgált enzimek közül a legtökéletesebb elválasztást glükóz-6-foszfát izomeráznál kaptam. Ennél az enzimnél lehetett ugyanis a legösszetettebb és legváltozatosabb izoenzim mintázatokat kimutatni (26. ábra).



26. ábra A ginkgó glükóz-6-foszfát izomeráz izoenzim mintázata (a-b/ fiatal növény gyökerében, c-f/ idős nőivarú növény gyökerében, g-i/ idős hímivarú növény gyökerében, j/ fiatal növény levelében, k/ fiatal növény csúcsrügyében)

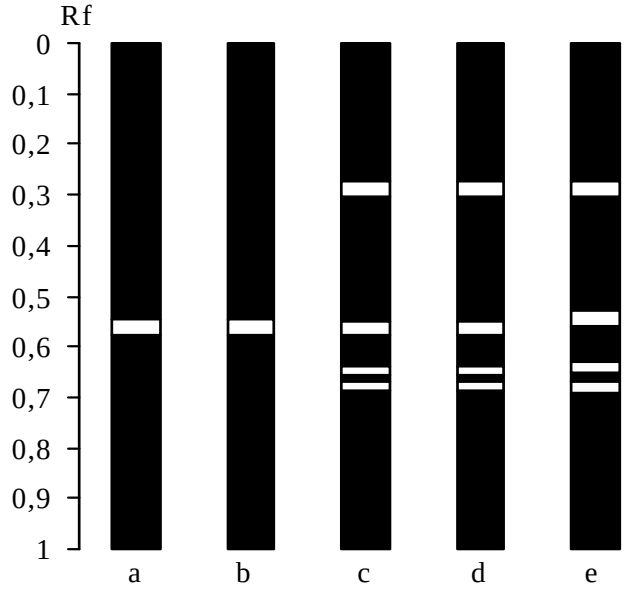
A fiatal növények *gyöker*énél a vizsgált növények pontosan 50-50 %-os megoszlásban kétféle izoenzim mintázatot mutattak. Mindkét mintázat három sávval rendelkezik, melyek közül a középső helyzete eltérő. (Az egyedek felénél a frakciók Rf = 0.12, 0.17 és 0.55 értékeknél, másik felénél pedig Rf = 0.12, 0.21 és 0.55 értékeknél találhatók.). Az idős fáknál a gyökerekből kettőnél nem lehetett izoenzim frakciót kimutatni, viszont a többinél egyedenként eltérő izoenzim mintázatot kaptam.

A fiatal növények *levelé*ből az összes egyednél négy izoenzim sáv jelent meg: Rf = 0.09, 0.14, 0.17 és 0.56 értékeknél. Az *idős* növényeknél viszont nem lehetett izoenzim frakciókat elkülöníteni.

A fiatal növények *csúcsrügy*ei azonos izoenzim mintázatot mutattak: egy sáv volt kimutatható Rf = 0.55 értéknél.

4.6. A poliakrilamid gélelektroforézissel és izoelektromos fókuszálással történt izoenzim vizsgálatok értékelése

Poliakrilamid gélelektroforézissel nagyon jól értékelhető negatív festődést kaptam (27. ábra). Az idős egyedek *rügy*éből kimutatott szuperoxid dizmutáz mintázatok a két nem között egyértelműen eltértek függetlenül attól, melyik begyűjtési helyről származtak. A női egyedeknél egy sávot sikerült kimutatni (Rf = 0.55). A hím egyedeknél tapasztalt SOD mintázatban viszont négy sáv figyelhető meg Rf = 0.28; 0.55; 0.67 és 0.70 értékeknél.



27. ábra A ginkgó szuperoxid dizmutáz izoenzim mintázata poliakrilamid gélen (a/ női rügy, SZIE, b/ női rügy, ELTE, c/ hím rügy, SZIE, d/ hím rügy, ELTE, e/ fiatal levél, SZIE)

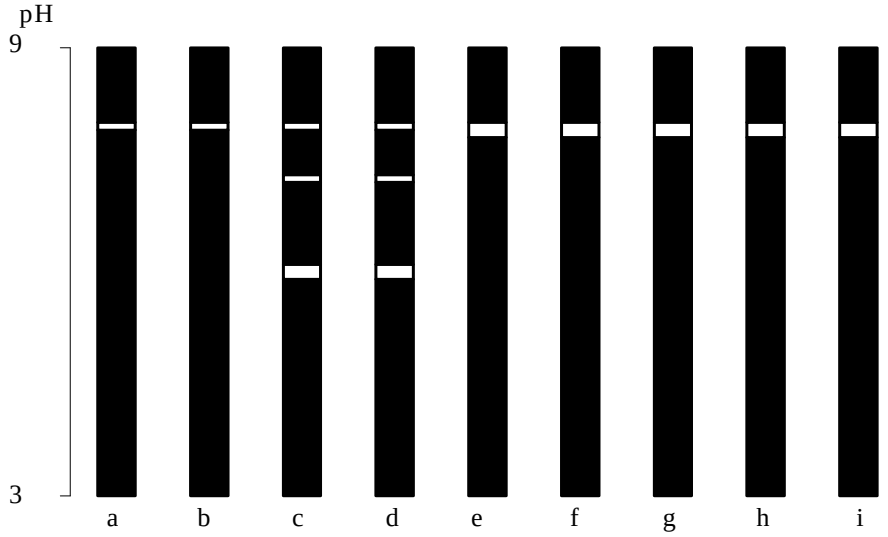
Valamennyi fiatal egyed *level*énél azonos SOD festődést kaptam. A mintázatban négy sáv különül el Rf = 0.29; 0.54; 0.64 és 0.68 értékeknél.

A gyökerekből, a fagyasztott levélmintákból, illetve a csíranövényekből nem lehetett kimutatni a SOD enzim aktivitását.

Az izoelektromos fókuszálással kapott izoenzim mintázat az idős hím- és nőivarú egyedek *rügy*einél jelentősen különbözik egymástól mindkét termőhely esetében (28. ábra). Míg a női egyedeknél csak egy sávot, a hím egyedeknél hármat sikerült elkülöníteni.

Az ivarérett egyedek *level*ének vizsgálatakor viszont nem volt eltérés sem a nemek, sem a termőhelyek között. A rügyfakadástól lombhullásig különböző időpontban begyűjtött levelekből kimutatható SOD izoenzim frakciók valamennyi alkalommal azonosan helyezkedtek el. Ez az egysávos mintázat a női egyed rügyénél tapasztalttal egyezik meg. A fiatal növények leveléből nyert karakterisztikus SOD izoenzim frakciók is a lúgos pH-tartományban találhatók. Mindegyik mintavételi időpontban valamennyi fiatal növény levelénél az izoenzim mintázat azonos volt.

A gyökerekből és a fagyasztott levélmintákból izoelektromos fókuszálással sem sikerült kimutatni a szuperoxid dizmutáz enzim aktivitását.



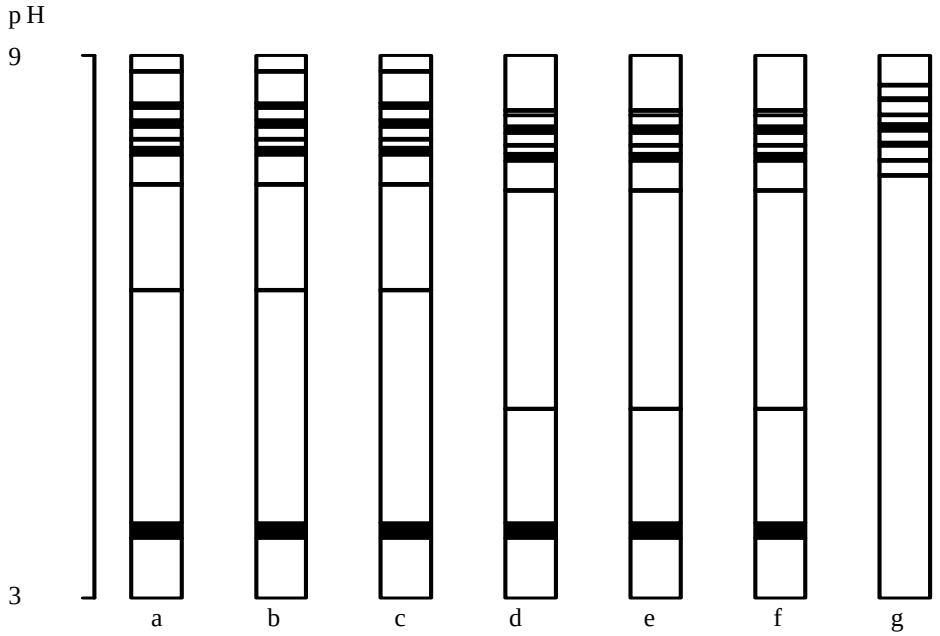
28. ábra A ginkgó izoelektromos fókuszálással nyert szuperoxid dizmutáz izoenzim mintázata (a/ női rügy, SZIE, b/ női rügy, ELTE, c/ hím rügy, SZIE, d/ hím rügy, ELTE, e/ női levél, SZIE, f/ női levél, ELTE, g/ hím levél, SZIE, h/ hím levél, ELTE, i/ fiatal levél, ELTE)

4.7. Az izoelektromos fókuszálással végzett izoenzim vizsgálatok értékelése

Az eredményeket az egyes enzimeken belül a vizsgált növényi részek (gyökér, vessző, rügy, levél, csíranövény gyököcskéje, rügyecskéje, mag) alapján tárgyalom.

Peroxidáz

A *gyökerek*ben a peroxidáz izoenzimek vizsgálatakor a *nemek* között nagymérvű különbség jelentkezett mind az izoenzimek számában, mind azok aktivitásában. A jellegzetes peroxidáz izoenzim frakciókat mindkét nemnél széles pH-tartományban kaptam (29. ábra).



29. ábra A ginkgó peroxidáz izoenzim mintázata gyökérben (a/ nőivarú, SZIE, b/ nőivarú, ELTE, c/ nőivarú, SZOTE, d/ hímivarú, SZIE, e/ hímivarú, ELTE, f/ hímivarú, SZOTE, g/ fiatal növény, SZIE)

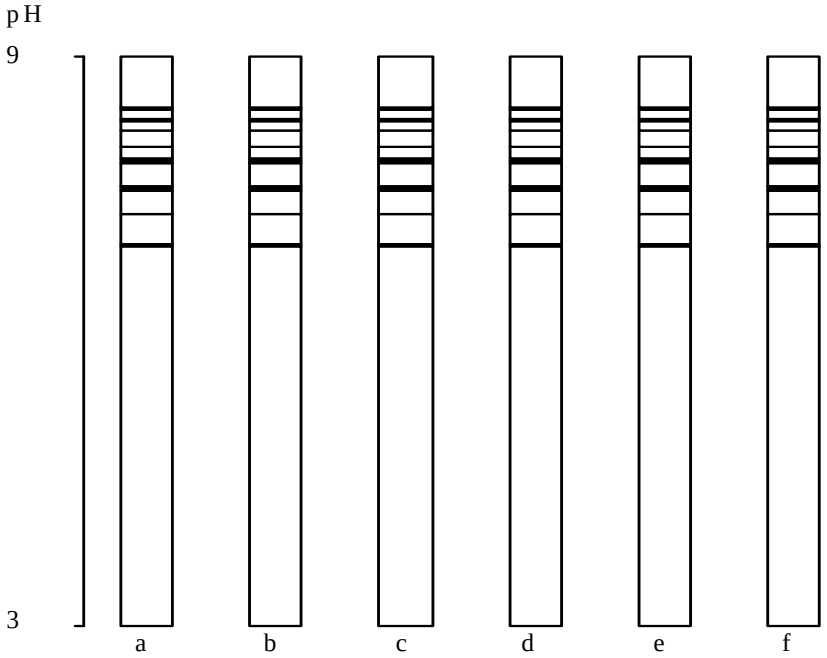
Érdekes, hogy a hím egyedeknél jóval kevesebb izoenzim sáv különült el, és egy frakció kivételével az összes kimutatott frakció megtalálható a női egyedeknél is. Mindkét nemben megtalálható a savas tartományban egy feltűnően nagy aktivitású sáv, mely valószínűleg több frakciót is tartalmaz. A hím egyedeknél a lúgos tartományban két jól festődő (nagy enzimaktivitású) frakció dominál, melyek a női egyedeknél is hasonló aktivitásúak.

A különböző *termőhely*ről származó gyökérminták izoenzim mintázatában nem tapasztaltam eltérést, tehát a három helyről származó minták nemenként egyező mintázatot mutattak.

Az *egyéves* növények izoenzim mintázata nem tért el egymástól, amely bizonyos frakciók elhelyezkedésében hasonlít az ivarérett női egyedekből kimutatott mintázatra (29. ábra). A magasabb pH-nál található frakcióknál tulajdonképpen csak aktivitásbeli különbség volt, míg a semleges és savas pH-tartományban a fiatal növényeknél nem található izoenzimfrakció.

A vizsgálatok alapján elmondható, hogy a ginkgó *vesszők* peroxidáz izoenzim frakciói a semleges és lúgos pH tartományban találhatók (30. ábra). Ezen a nagy elválasztásra alkalmas (pH= 3.0-9.0) gélen úgy tűnik, hogy a gyökérnél a lúgos tartományban kimutatott frakciók megegyeznek a vessző analízisénél kapott sávokkal, bár ezek aktivitása eltérő.

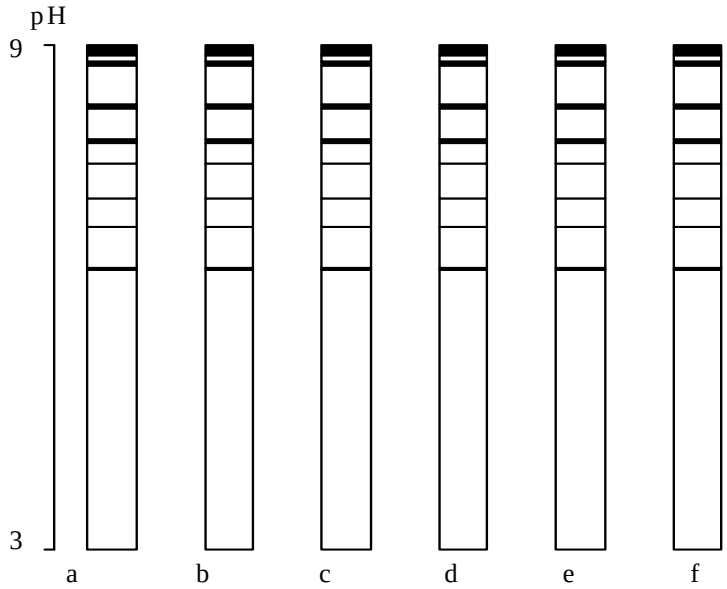
A *hím- és a nőivarú* egyedek között nem lehetett különbséget tenni. Az izoenzimek mintázatok azonosak voltak mindhárom *termőhely*ről származó mintánál.



30. ábra A ginkgó peroxidáz izoenzim mintázata vesszőben (a/ nőivarú, SZIE, b/ nőivarú, ELTE, c/ nőivarú, SZOTE, d/ hímivarú, SZIE, e/ hímivarú, ELTE, f/ hímivarú, SZOTE)

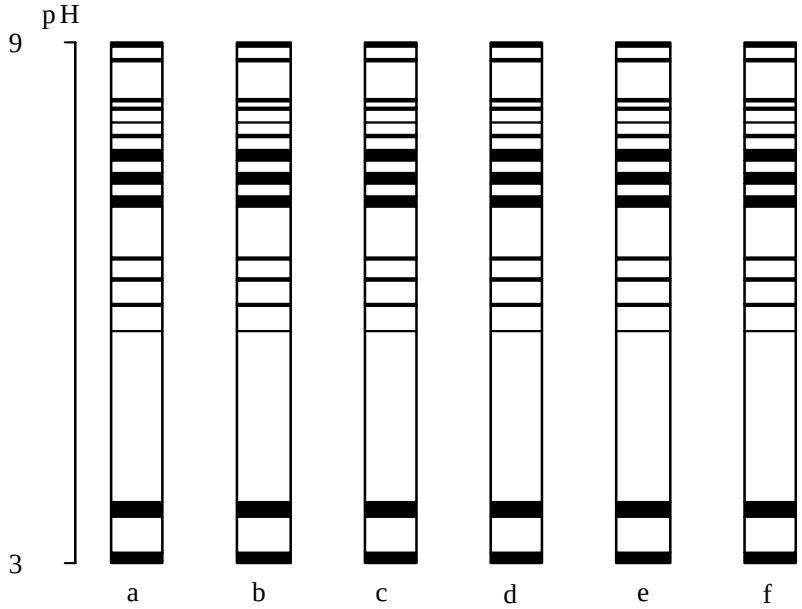
A *rügy*eknél a jellegzetes peroxidáz izoenzim frakciókat az enyhén savastól egészen a lúgos tartományig kaptam (31. ábra). Feltűnő az elválasztás felső határán és ahhoz igen közel látható két nagy aktivitású frakció.

A két időpontban többször is elvégzett analízisek során nem adódott különbség a sávok elhelyezkedésében sem a *nemek*, sem a *termőhely*ek között.



31. ábra A ginkgó peroxidáz izoenzim mintázata rügyben (a/ nőivarú, SZIE, b/ nőivarú, ELTE, c/ nőivarú, SZOTE, d/ hímivarú, SZIE, e/ hímivarú, ELTE, f/ hímivarú, SZOTE)

A különböző nemű fákról a rügyfakadástól kezdődően több alkalommal vettem *levél*mintát a fák különböző hajtásrészeiből. A peroxidáz izoenzimek vizsgálata során jóval több izoenzim frakciót sikerült elkülöníteni, mint a növények többi részében (32. ábra).



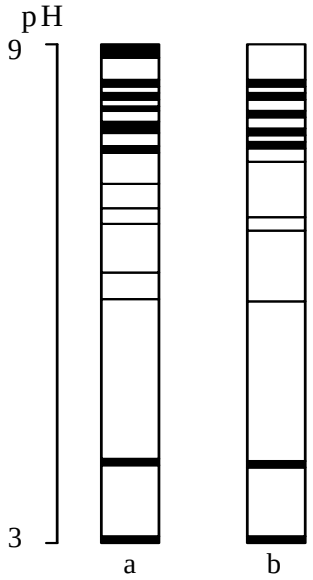
32. ábra A ginkgó peroxidáz izoenzim mintázata levélben (a/ nőivarú, SZIE, b/ nőivarú, ELTE, c/ nőivarú, SZOTE, d/ hímivarú, SZIE, e/ hímivarú, ELTE, f/ hímivarú, SZOTE)

A frakciók a savastól a lúgosig valamennyi pH-tartományban megjelentek. Az izoenzim frakciók eltérő aktivitással rendelkeznek. A semleges pH tartományban két különösen vastag, nagy aktivitású sáv látható, melyek valószínűleg több frakciót is takarnak. Ugyancsak igen nagy aktivitású sáv helyezkedik el a savas tartományban, valamint az adott gél elválasztásának alsó határán.

A levelekből kimutatott izoenzim mintázatot a gyökerek mintázatával összehasonlítva érdekes megfigyelést tehetünk. A gyökerek valamennyi izoenzim frakciója megtalálható a leveleknél is, de aktivitásuk eltérő. Feltűnő ugyanakkor a levelekből kimutatott sávok nagyobb száma.

A levelek peroxidáz izoenzimeinek analízisével nem lehetett különbséget kimutatni a *nemek* között. Az izoenzim mintázat a vegetációs idő alatt végig azonos volt függetlenül attól, hogy a levelek a fák *oldal*- vagy *csúcs*hajtásairól származtak. A *termőhelyek* szerint, illetve a különböző *kor*ú egyedek peroxidáz izoenzim mintázatában sem lehetett különbségeket kimutatni.

A *csíranövény*ben a jellegzetes peroxidáz izoenzim frakciók az adott gélen elválasztható teljes pH-tartományban megtalálhatók (33. ábra). Az elválasztás alsó és felső határán megjelenő vastag, nagy aktivitású sávok arra engednek következtetni, hogy a savasabb és a lúgosabb tartományokban is vannak további frakciók, melyeket megfelelő elválasztást biztosító géleken (pH<3.0 és pH> 9.0) lehetne detektálni. A szélső frakciókon kívül a csíranövény mindkét részében ki lehetett mutatni a lúgos tartományban több, illetve a savas tartományban egy nagy aktivitású frakciót.

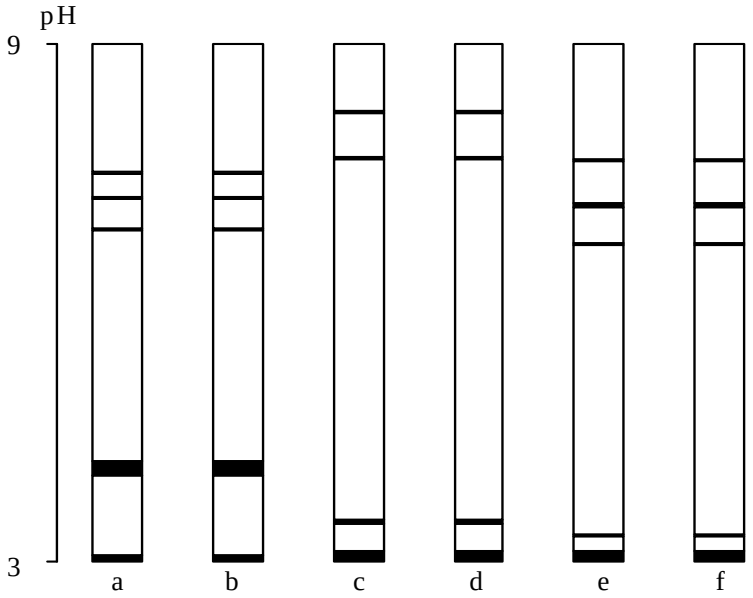


33. ábra A ginkgó peroxidáz izoenzim mintázata csíranövényben (a/ rügyecske, b/ gyököcske)

Érdekes összehasonlítani a *csíranövény* és a *kifejlett növény* izoenzim mintázatait. Természetesen a gyököcske és a rügyecske peroxidáz izonezimeinek mintázata eltér a kifejlett növényi részekből kimutatott mintázatoktól, némi hasonlóság azonban

felfedezhető. A kifejlett növények gyökerét és a csíranövény gyököcskéjét összehasonlítva elmondható, hogy a kapott izoenzim mintázatokban négy frakció azonosan helyezkedik el az enyhén lúgos tartományban (felülről a 2-5. sáv), ezek aktivitása azonban eltér, a gyököcskében ugyanis ezek a sávok jobban festődtek. A rügyecske és a levelek izoenzim mintázatában öt sáv elhelyezkedése megegyezik, de aktivitásuk más. A rügyecske mintázatában fentről lefelé haladva az 1. és a 3-6. sávok elhelyezkedése azonos a kifejlett növény leveleiből kimutatott mintázattal egybevetve. A leveleknél ezek a sávok kisebb aktivitásúak, számuk viszont nagyobb. Feltételezhető tehát, hogy a rügyecskében a nagy aktivitású sávok több frakciót is magukba foglalnak, melyek a leveleknél már „szétválaszthatóak”.

A *mag*vak peroxidáz izoenzim mintázatai az eddig megismert mintázatoktól teljesen eltérőek, melyek alapján egyértelműen elkülöníthető mindhárom *termőhely*ről származó mag (34. ábra).



34. ábra A ginkgó peroxidáz izoenzim mintázata magvakban (a/ kétélű, SZIE, b/ háromélű, SZIE, c/ kétélű, ELTE, d/ háromélű, ELTE, e/ kétélű, SZOTE, f/ háromélű, SZOTE)

A mintázatok egyetlen sáv elhelyezkedésében egyeznek meg: az elválasztás alsó határán mindhárom esetben egy nagy aktivitású sáv látható. A SZIE-n begyűjtött magvaknál öt frakciót lehetett elkülöníteni a savastól az enyhén lúgos tartományig. A felső három sáv a semleges pH tartomány körül található, ezek aktivitása kicsi. A savas tartományban megjelenő jól festődő sáv valószínűleg több frakciót takar. Az ELTE Füvészkertjéből származó magvaknál négy izoenzim frakciót lehetett elválasztani. Érdekes, hogy a két jól festődő sáv a savas, míg a két kisebb aktivitású frakció az enyhén lúgos tartományban helyezkedik el. A Szegeden gyűjtött magvakból

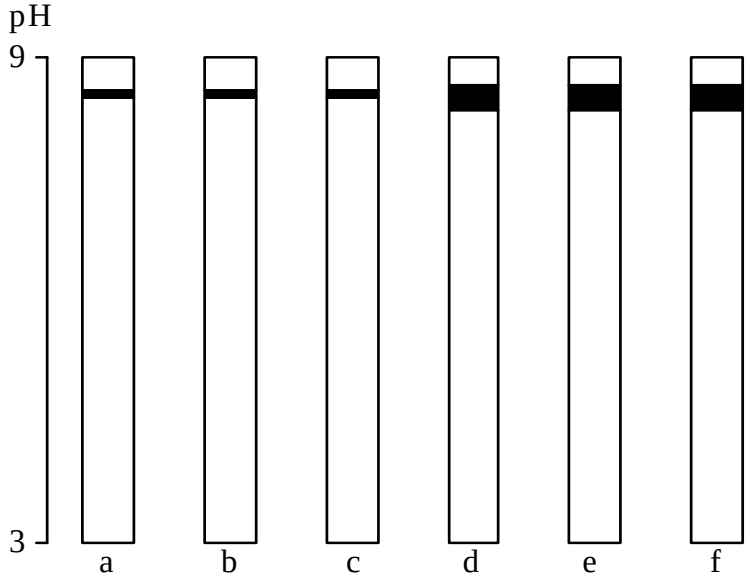
ezektől ismét eltérő mintázatot lehetett kimutatni, melyben öt frakció található. Az elválasztás alsó határához közel látható egy jól festődő sáv, illetve a semleges tartományban három kisebb aktivitású frakció.

A két-, illetve háromélű magvaknál nem sikerült egyik termőhely esetében sem különbséget kimutatni.

Észteráz

A *gyöker*ekben az észteráz izoenzimek vizsgálata során valamennyi vizsgálati *időpont*ban azonos eredményeket kaptam (35. ábra). Mind a hím-, mind a nőivarú egyedeknél egy-egy jellegzetes izoenzim frakciót kaptam a lúgos pH-tartományban. A nemek közt különbséget csak az izoenzim aktivitásában tudtam kimutatni.

A három *termőhely*ről származó gyökérminták izoenzim mintázata nemenként minden esetben megegyezett.

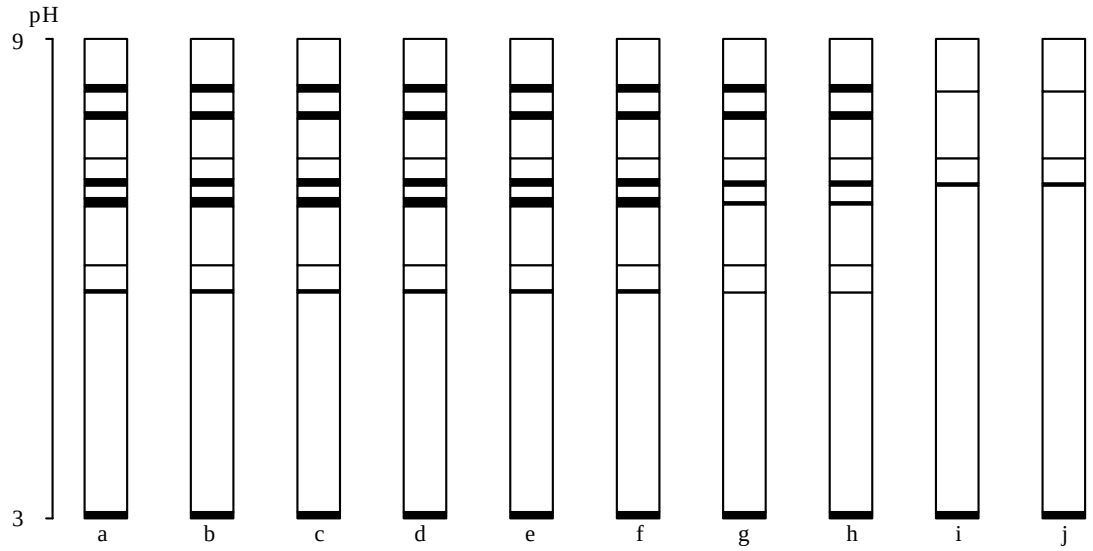


35. ábra A ginkgó észteráz izoenzim mintázata gyökérben (a/ nőivarú, SZIE, b/ nőivarú, ELTE, c/ nőivarú, SZOTE, d/ hímivarú, SZIE, e/ hímivarú, ELTE, f/ hímivarú, SZOTE)

A mélynyugalomban lévő *vesszők* esetében az észteráz enzim aktivitását nem lehetett kimutatni.

A vesszőkhöz hasonlóan a *rügy*eknél sem lehetett az észteráz enzim aktivitását kimutatni.

A *level*ekből az észteráz izoenzim analízis eredményeként jóval több frakciót tudtam elkülöníteni, mint a gyökerekből (36. ábra). A frakciók a savastól a lúgosig valamennyi pH-tartományban megjelentek. Szembeötlőek a nagy aktivitású sávok, melyek esetleg több frakciót fednek.



36. ábra A ginkgó észteráz izoenzim mintázata levélben (a-f/ tavasz, nyár, g-j/ ősz; a/ nőivarú, SZIE, b/ nőivarú, ELTE, c/ nőivarú, SZOTE, d/ hímivarú, SZIE, e/ hímivarú, ELTE, f/ hímivarú, SZOTE, g/ nőivarú, SZIE, h/ nőivarú, ELTE, i/ hímivarú, SZIE, j/ hímivarú, ELTE)

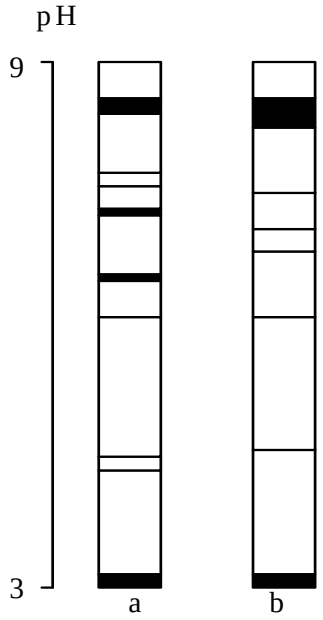
A levelek észteráz izoenzim mintázata valamennyi más növényi részben tapasztaltaktól eltért. A *gyökerek* és *levelek* összehasonlításában a peroxidáz enzimnél fellelhető hasonlóságok az észteráz enzim esetében egyáltalán nem jelentkeztek. A gyökereknél kimutatott egyetlen frakció nem volt detektálható a leveleknél, az alacsonyabb pH-tartományokban azonban jóval több frakció jelent meg.

A tavasszal és nyáron begyűjtött leveleknél az észteráz izoenzim mintázatban a *nemek* között nem kaptam eltérést az izoenzimek elhelyezkedésében és aktivitásában. Az októberi minták vizsgálatakor viszont egyértelmű különbség adódott a két nem izoenzim aktivitásában (36. ábra). Az őszi levelekben ugyanis jelentősen csökkent az észteráz enzim aktivitása, amit az izoenzim mintázatban elhalványuló, illetve eltűnő frakciók jeleznek.

Az *oldal*- és a *csúcs*hajtásokról származó levelek vizsgálata során nem jelentkezett eltérés. Az izoenzim mintázat mindhárom *termőhely* esetében azonos volt. A különböző *kor*ú egyedek észteráz izoenzim mintázatában sem lehetett különbségeket kimutatni. A fiatal növények leveleiből kimutatott frakciók végig megegyeztek az ivarérett egyedek mintáinál tapasztaltakkal (ősszel a női egyedekkel azonos aktivitást mutattak).

A c*síranövény*nél az észteráz enzim analízisénél a frakciók a savastól a lúgos pH-tartományig találhatók (37. ábra). A *gyököcské*nél és a *rügyecské*nél az elválasztás alsó határán megjelenő nagy aktivitású sáv alapján feltételezhető, hogy a még savasabb (pH<3.0) tartományban vannak további izoenzim frakciók. Feltűnő ezenkívül a gyököcskénél a lúgos tartományban kimutatott vastag sáv, mely valószínűleg szintén több frakciót is takar.

A kifejlett növények gyökerét és a csíranövény gyököcskéjét összehasonlítva elmondható, hogy a kapott észteráz izoenzim mintázatokban a legfelső frakció elhelyezkedése azonos, a gyököcskéből kimutatott frakció aktivitása pedig a hím egyedek gyökerénél tapasztaltakéhoz hasonló. A gyököcskéből e jól festődő sávon kívül még öt kis és két nagy aktivitású frakciót lehetett kimutatni. A rügyecske és a levelek izoenzim mintázatában csupán két sáv elhelyezkedése azonos.

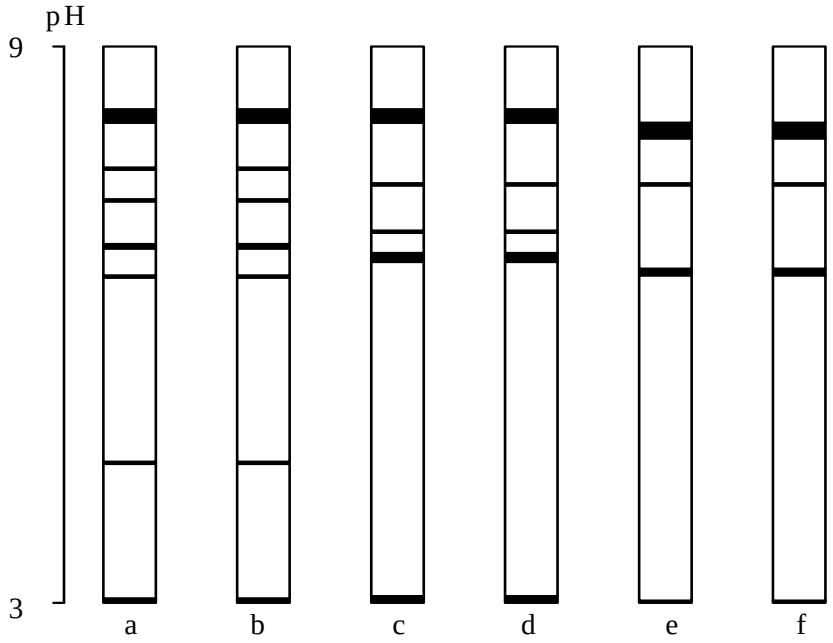


37. ábra A ginkgó észteráz izoenzim mintázata csíranövényben (a/ rügyecske, b/ gyököcske)

A *mag*vaknál az észteráz izoenzimeknél is jelentkezett a termőhelyek közötti eltérés, ami azonban nem olyan nagymértékű, mint a peroxidáz izoenzimeknél (38. ábra). Mindhárom termőhely magvainál elválasztható volt a lúgos tartományban egy nagy aktivitású sáv, melynek elhelyezkedése azonos volt valamennyi esetben. Ugyancsak megfigyelhető közös vonás mindhárom termőhelynél az elválasztás alsó határán található (kis aktivitású) frakció. A SZIE-ről származó magvakból több észteráz izoenzim frakciót lehetett elválasztani, mint a peroxidáz esetében. A sávok a savastól a lúgosig valamennyi pH-tartományban megtalálhatóak. Kitűnik a legfelső sáv, melynek aktivitása a frakciók közül a legnagyobb. A további, kis aktivitású frakciók a savas-semleges tartományban vannak. Az ELTE-n gyűjtött magvak mintázata részben megegyezik a SZIE magvainál kapottal, azonos a már említett

legfelső és a legalsó sáv elhelyezkedése és aktivitása. Ezenkívül még két kis és egy nagy aktivitású frakció különült el a semlegeshez közeli tartományban. A szegedi magvakból kimutatott mintázatnál a felülről második sáv elhelyezkedése és aktivitása ugyanolyan, mint az ELTE-ről származó magvaknál. Ezenkívül még egy frakciót lehetett elválasztani, mely azonosan helyezkedik el a SZIE-n gyűjtött magvak mintázatában található egyik frakcióval, aktivitásuk azonban különbözik.

A két-, illetve háromélű magvaknál az észteráz izoenzimek analízise során sem volt különbség egyik termőhely esetében sem.



38. ábra A ginkgó észteráz izoenzim mintázata magvakban (a/ kétélű, SZIE, b/ háromélű, SZIE, c/ kétélű, ELTE, d/ háromélű, ELTE, e/ kétélű, SZOTE, f/ háromélű, SZOTE)

4.8. Új tudományos eredmények

1. A kadmiumot tartalmazó hidrokultúrában tartott fiatal ginkgó növények gyökerében és levelében mért peroxidáz aktivitás a növekvő kadmiumkoncentrációval szignifikánsan egyre nő. Az alkalmazott koncentrációkat és a növény válaszreakcióit értékelve elmondható, hogy a fiatal ginkgó növények igen jó kadmiumtűrő képességgel rendelkeznek.

2. A különböző erősségű NaCl-stressz hatásaként a fiatal növényekben a peroxidáz aktivitás a koncentrációval arányosan szignifikánsan megnő. Vizsgálataim alapján megállapítom, hogy a fiatal ginkgó növények a viszonylag nagyfokú sóstressz hatásait kompenzálni tudják, azaz jó sótűréssel rendelkeznek.

3. Igazoltam, hogy a mag éleinek száma nem határozza meg a nemet.

4. Többéves kísérletsorozattal bizonyítottam, hogy fizikai magkezeléssel (forrázás vagy mechanikai koptatás) szignifikánsan javítható a csírázási százalék.

5. Eredményeim alapján kijelentem, hogy a dugvány gyökeresedését nem befolyásolja az anyanövény neme.

6. A zöld és fás dugványok gyökerezése között nem volt szignifikáns különbség, tehát mindkét mód javasolható a faj dugványozására.

7. Vizsgálataim alapján elmondható, hogy a gélelektroforézis kiválóan alkalmas a *Ginkgo biloba* L. különböző részeiből kimutatható izoenzim mintázatok jellemzésére. Különösen az észteráz, a foszfoglükóz mutáz, a glutamát dehidrogenáz, a glükóz-6-foszfát izomeráz, a malát dehidrogenáz és a szuperoxid dizmutáz enzimek vizsgálatával történő analíziseket tartom perspektivikusnak.

8. A *Ginkgo biloba* L. esetében a glükóz-6-foszfát izomeráz, az észteráz, a peroxidáz és a szuperoxid dizmutáz enzimek izoenzim mintázata alapján nagy valószínűséggel gyakorlati lehetőség nyílik a nemek elválasztására.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Kadmiumtűrés

A kadmiumot tartalmazó hidrokultúrában tartott fiatal növények gyökere és levele eltérő erősséggel reagált a stresszre, amely megfigyelés megegyezik SHEORAN és GARG (1979), illetve SEHMER et al. (1995) tapasztalataival. A stressztünetek a levelekben sokkal gyengébben jelentkeztek. Ez egyrészt azzal magyarázható, hogy a gyökereket érte közvetlenül a stresszhatás. Másrészt **feltételezhető, hogy a ginkgó gyökere akkumulálja a kadmiumot,** ami így jóval kisebb mennyiségben kerül a levelekbe. Erre utalnak ugyanis más fajokkal végzett kísérletek, melyek szerint a stressz hatására a növények gyökereiben többszörös mennyiségű kadmium halmozódott fel, mint a levelekben (KORCAK 1989; SCHULTZ és LAMERSDORF 1989; HENDRY et al. 1992; CIESLINSKI et al. 1995; ARDUINI et al. 1996; ERDEI et al. 1998). *Javaslom ezért a kadmiumstressz hatásának vizsgálatát kiegészíteni a ginkgó növények gyökerének és levelének kadmiumtartalmának mérésével.* A növények nehézfémek akkumulációja nagy jelentőséggel bír, hiszen a káros elemek megkötésével csökkentik a környezet szennyezettségét.

A ginkgó gyökerekben a peroxidáz aktivitás az alkalmazott alacsonyabb koncentrációknál (10^{-6}-10^{-5} M Cd^{2+}) statisztikailag változatlan volt. A magasabb kadmium koncentrációknál (10^{-4}- 1 M Cd^{2+}) azonban szignifikánsan nagyobb peroxidáz aktivitást tapasztaltam. A levelekben mért peroxidáz aktivitás (az alkalmazott legalacsonyabb koncentrációt kivéve valamennyi esetben) szignifikánsan eltért a kezeléseket a kontrollhoz, illetve egymáshoz viszonyítva.

A kontrolltól való eltérések mind a gyökerekben, mind a levelekben jóval kisebbek voltak az alacsonyabb koncentrációknál. A mintavételi időpontok közötti különbségek csak a magasabb koncentrációknál adódtak szignifikánsnak. A stressz tehát a magasabb koncentrációknál (10^{-4}- 1 M Cd^{2+}) az idő függvényében sokkal erőteljesebb peroxidáz aktivitásbeli növekedést okozott, mint az alacsonyabb (10^{-6}-10^{-5} M Cd^{2+}) kezelésszinteken.

Külön kiemelendő, hogy más fajokkal végzett kísérletekben 2-1000 µM Cd^{2+}/ l koncentrációt alkalmazva már szignifikánsan nagyobb peroxidáz aktivitást és a növény növekedésének erőteljes gátlását tapasztalták (BHANDAL és BALA 1989; BERTELS 1989; LI et al. 1992; CHEN és KAO 1995; BLINDE et al. 1996; GALLEGO et al. 1996; CHAOUI et al. 1997; JENTSCHKE 1999; KONG et al. 1999; TAHLIL et al. 1999; LESKÓ et al. 2000; LESKÓ 2001).

A kísérlet egészét tekintve mindkét vizsgált növényi részben jól megfigyelhető a tendencia, miszerint **a növekvő kadmiumstresszre egyre nagyobb peroxidáz aktivitással reagált a növény**. Hasonló eredményt kapott HAWRYS (1984), NYMAN (1986), YAMANOUCHI et al. (1987), BENDER et al. (1990), CHEN és KAO (1995), BREJ (1998), illetve PUCCINELLI et al. (1998) is más fajoknál a kadmiumstresszre. Vannak azonban ettől eltérő tapasztalatok is, melyek szerint a peroxidáz aktivitás a kadmiumstresszre változatlan maradt, vagy éppen csökkent (OLIVEIRA et al. 1994; JAIN és GADRE 1998; SCHICKLER és CASPI 1999;

WANG et al. 2000). Ennek magyarázata, hogy a fajok, fajták, sőt az egyes egyedek stresszre kialakuló válaszait csak azonos körülmények között, azonos mintavételi időpontok esetén lehet összehasonlítani. Korábbi tapasztalataim szerint ugyanis, amit alátámaszt KOZHEVNIKOVA et al. (1984) megfigyelése, a peroxidáz enzim aktivitása egy napon belül is hullámzó értékeket, azaz napi periodicitást mutat. Rendkívül fontos ezért, hogy a mintavételek minden alkalommal azonos időpontban történjenek. A kísérlet időtartamának, a mintavételek gyakoriságának helytelen megválasztása is hiányos megfigyelésekhez vezethet. Köztudott ugyanis, hogy a stresszreakciók során az élőlény védekező rendszere egy rövid szakasz (alarm reakció) után átmenetileg alacsonyabb szintű aktiváltságot mutat, melyet azonban az enzim- vagy hormonaktivitás erőteljes növekedése követ. A védekező rendszer erősségétől függően bizonyos idő elteltével a stresszreakciók újból gyengülnek, míg egészen meg nem szűnnek (az élőlény pusztulása). Ezért adódhatnak ellentétes megfigyelések a peroxidáz aktivitás változásával kapcsolatban is.

A növényekben alapállapotban (stressz nélkül) mérhető peroxidáz aktivitás fajonként és fajtánként eltérő, a toleráns fajok, fajták peroxidáz aktivitása nagyobb, mint az érzékenyeké (SREENIVASULU et al. 1999; TSUGANE et al. 1999; ROUT et al. 2000). A toleráns fajok, fajták magasabb alapaktiváltsági szintje biztosítja számukra a nagyobb fokú védelmet. A stressz hatására bekövetkező enzimaktivitás növekedése az érzékeny fajoknál, fajtáknál jóval nagyobb arányú, mint a toleránsaknál. Ezenkívül a peroxidáz aktivitás függ a növény korától, az öregedési folyamat ugyanis fokozza a peroxidáz aktivitást (MATSCHKE 1985; LÁNG 1998; VINA et al. 1998; KOCZKA et al. 2000). **A peroxidáz aktivitás abszolútértékét tehát csak bizonyos feltételek mellett hasonlíthatjuk össze az egyes fajok, fajták esetében**, a tűrőképességre a stresszreakció erősségéből (az alapállapottól való eltérésből) következtethetünk.

Az eredményeket elemezve megállapítható, hogy a fiatal ginkgó növények a 10^{-6}-10^{-5} M Cd^{2+} koncentrációknál csak enyhe stresszreakciót mutattak. A kadmium toxicitását figyelembe véve a kísérletben szereplő magasabb koncentrációk (10^{-4}-1 M Cd^{2+}) igen magas nehézfémstresszt jelentettek, melyre már szignifikáns peroxidázaktivitás növekedéssel reagált a faj. A növények a kísérlet során nem pusztultak el, hanem végig fokozatosan erősödő stresszreakciót mutattak. Mindezeket értékelve elmondható, hogy **a fiatal ginkgó növények igen jó kadmiumtűrő képességgel rendelkeznek**.

Az előkísérletek meggyőző eredményei alapján *javaslom a kadmiumstressz tesztelését idősebb növényeken tenyészedényes kísérletekkel, illetve más nehézfémek hatásának vizsgálatát is*. A nehézfém stresszel szembeni ellenálló képesség fontos kritériuma a városstűrésnek. A faj nehézfémtűrő képességének igazolásával tudományosan alátámasztható a ginkgófa környezetvédelemben betöltött potenciális szerepe.

Sótűrés

A sóstressznek kitett növények gyökerében és levelében mért peroxidáz aktivitások egyértelmű tendenciát mutattak. A gyökerekben **a növekvő sókoncentrációval szignifikánsan nőtt a peroxidáz aktivitás**. A kontrollhoz viszonyított eltérés 24 óra elteltével már igen feltűnő volt és a későbbi időpontokban tovább nőtt a különbség a koncentráció növekedésével. A levelekben szintén szignifikánsan nagyobb volt a peroxidáz aktivitás a növekvő sókoncentráció függvényében a kontrollhoz képest. Megfigyelésem ezzel megegyezik a legtöbb szakirodalmi hivatkozással (SAHU és MISHRA, 1987; WANG et al., 1987; CHEN et al., 1992; SHEOKAND et al. 1995; LOPEZ et al., 1996; PIQUERAS et al., 1996; SWARAJ et al. 2000). Van azonban néhány publikáció, mely szerint a növényekben a peroxidáz aktivitás a sóstresszre nem változik (SEHMER et al., 1995), vagy a kezdeti növekedés után lecsökken (SAHOO és SAHU, 1993). SHEORAN és GARG (1979), illetve MANDAL és SINGH (2000) pedig sóstressz hatására alacsonyabb enzimaktivitást talált, mint a kontroll növényekben. Ezek az eltérő eredmények fentebb, a kadmiumtűrés értékelésénél leírtaknak tulajdonítható. Az összperoxidáz aktivitás változása tehát a sóstressz esetében is eltérő lehet a növény érzékenységétől és a stresszreakciónak az adott mintavételi időpontbeli szakaszától függően.

Fontos megjegyezni, hogy a szakirodalmi hivatkozások szerint a legtöbb kísérletben 0-225 mM NaCl koncentrációk hatását vizsgálták más fajoknál (GOSSETT et al. 1993; SEHMER et al. 1995; SHEOKAND et al. 1995; HURKMAN és TANAKA 1996; LOPEZ et al. 1996; PIQUERAS et al. 1996; BANKS et al. 1997; FOWLER et al. 1997; LIAO et al. 1997; ROXAS et al. 1997; COMBA et al. 1998). Az általam alkalmazott koncentrációk közül a 400 mM NaCl-os kezelés tehát magasnak ítélhető. A peroxidáz aktivitás alapján nyomon követett stresszhatás a ginkgó esetében még ennél a koncentrációnál sem jelentkezett extrém erősséggel.

Ezek alapján az előzetes kísérletek alapján megállapítható, hogy **a fiatal ginkgó növények a viszonylag nagyfokú sóstressz hatásait kompenzálni tudják, azaz jó sótűréssel rendelkeznek**.

Javaslom a sóstressz további vizsgálatát idősebb növényeken tenyészedényes kísérletekkel. Mivel a várostűrés egyik alapeleme a jó sótűrés, ezekkel a kísérletekkel is igazolhatjuk a ginkgófa városi sorfának való alkalmasságát és hangsúlyozhatjuk a fajjal történő városi fásítás igényét.

Magkísérletek

Eredményeim alapján elmondható, hogy **a magvak származási helyének, begyűjtési idejének, a tárolás idejének és módjának szignifikáns hatása van a csírázóképességre.**

Többéves kísérleteimben az ELTE Botanikus Kertjéből származó magvak mindig jobb csírázó képességet mutattak, mint a SZIE Budai Arborétumából begyűjtött magvak. A ginkgó esetében döntő hatása van a csírázóképességre az ivararánynak, illetve a termőfák korának (BÄRTELS 1989; DEL TREDICI 1989; DEL TREDICI

1991; MELZHEIMER 1992). Míg az ELTE Botanikus Kertjében 2 nőivarú egyed mellett 3 hímivarú áll, koruk legalább 200 év, addig a SZIE-n az ivararány 1:1 és a fák is „csak” 100 évesek. Az eltérő csíraképesség tehát valószínűleg ezen tényekkel magyarázható.

Megfigyeléseim szerint leggyengébben (62-70%) a legkorábban lehullott, illetve a csak a tél végén felszedett magvak csíráztak. A szaporító anyag november vége és január vége közötti időszakban begyűjtve mutatta a legnagyobb csírázóképességet (78-88%). A hazai időjárási viszonyokat figyelembe véve a november végi begyűjtés javasolható, amikor a magvak már tömegesen, szinte teljes mennyiségben lehullottak.

A mag tárolási módja is döntő fontosságú. A több mint egy évig papírdobozban és 10-20 ºC-on tárolt magvak közül egy sem kelt ki a következő évben, a magvak kiszáradtak. Ezzel bizonyítást nyert, hogy az egyébként is elfekvésre hajlamos ginkgómagvak számára feltétlenül megfelelően nyirkos és hűvös tárolási körülményeket kell biztosítani, különben a túlzott dehidráció csíraképtelenné teszi a magvakat. Szignifikáns eltérés van a közvetlenül szedés után, illetve a csak tavasszal elvetett magvak csírázóképessége között. A tavasszal vetett magvak egyöntetűbben és nagyobb százalékban csíráztak ki valamennyi begyűjtési időpont esetén. Ez az eltérés a magvak peroxidáz aktivitásában is jelentkezett, a legalacsonyabb aktivitással a november elején felszedett magvak rendelkeztek. Az egyéb analízisek alapján kijelenthetem, hogy ez a kisebb fokú csírázási aktivitást jelzi. Tapasztalataim szerint **a csírázóképesség jól jellemezhető a peroxidáz enzim aktivitása alapján.** A megfelelő tárolás során növekvő csírázóképesség magyarázható a ginkgófa különleges termékenyülési és érési viszonyaival, illetve feltételezhető bizonyos csírázásgátló anyagok időbeli lebomlása is. Hűtőben tárolva tehát a mag nem veszíti el csírázóképességét, ugyanis megfelelően hűvös helyen van, és műanyagtasakban tárolva nem lép fel káros mértékű dehidráció.

A kételű magvak jóval nagyobb arányban (84%) csíráztak ki, mint a háromélűek (62%), és a kételű magvak kelése is dinamikusabb volt. Peroxidáz aktivitásukban azonban nem jelentkezett különbség a kétféle alakú magvaknál. Ezenkívül a háromélű magvak jóval kisebb arányban (kb. 10 %) fordulnak elő. Ezek alapján véleményem szerint **a magvak éleinek száma nem határozza meg a nemet**, tehát cáfolom MELZHEIMER (1992) kijelentését.

A ginkgófát hazánkban általában magról szaporítják. Korábban végeztek kísérleteket a faj csíráztatásával kapcsolatban, azonban a fizikai magkezelések összehasonlító vizsgálatára most került sor először.

Többéves tapasztalataim szerint a vetés előtti forró vizes magkezelés hatására jelentősen javul a csírázási százalék (1.3-1.6-szor). Ez a tapasztalat megegyezik BÄRTELS (1989) megfigyeléseivel. Hasonlóképpen jobb csírázási eredmény (1.2-1.6-szoros) adódik a magvak mechanikai koptatása után. Ezek alapján elmondható, hogy **fizikai magkezeléssel (forrázás vagy mechanikai koptatás) szignifikánsan javítható a csírázási százalék**.

A magkezelést követő stresszreakciók laboratóriumi vizsgálata – amely magától értetődően a csírázás előtti állapotot mutatja –, valamint a csíráztatási kísérletek eredményei között tapasztalható összhang alapján elmondható, hogy **a peroxidáz**

aktivitási szinttel jól jellemezhető a fizikai magkezelések hatása. Az aktívabb, jobban csírázó magvakban jelentősen magasabb (2.2-2.7-szeres) peroxidáz aktivitás mutatkozott meg. Fizikai magkezelés hatására tehát a magban egyfajta stresszreakció alakul ki. A magasabb aktiváltság, a „készenléti állapot" előnyösen hat a csírázás megindulására. A koptatás elvékonyítja, a forrázás pedig megpuhítja a maghéjat, ezáltal elősegíti annak felnyílását. A több éves kísérletsorozat eredményeiből egyértelműen kitűnik mindkét fent említett kezelés pozitív hatása a csírázási százalék megnövelésében. Koptatásnál figyelni kell annak erősségére, hiszen a gyengén, a maghéjat éppen hogy lecsiszoló szkarifikálás nem eredményez jobb csírázást, viszont a túlzott mértékű koptatás károsíthatja az embriót, amely természetesen nem kívánatos. A forrázást végezhetjük a magvak forró vízbe mártásával, vagy azok forró vízzel történő leöntésével, azonban mindkét esetben rendkívül fontos, hogy a magvak ne érintkezzenek túl sokáig a vízzel, mert az szintén károsíthatja a csírát. A forrázás tehát ne tartson tovább 10-15 másodpercnél. A koptatás és a forrázás egymás utáni alkalmazása nem javította a csírázási arányt. A lekoptatott maghéjon keresztül ugyanis a forró víz károsítja a csírát, tehát a koptatás serkentő hatását a forrázás lerontja, tehát semmiképpen sem javasolható.

A magkezelések (koptatás, forrázás) elvégzése rendkívül egyszerű, könnyen megoldható, hatásuk pedig nagyon kedvező a csírázás fokozására, ezért alkalmazásuk feltétlenül javasolható.

Dugványozás

A kísérletsorozatban a kezeletlen dugványok esetében 57-68 %-os gyökeresedési arányt tapasztaltam a fajnál. A gyökeresedést serkentő hormonkezelés (fás dugványnál: 2000 mg/l IVS, 1000 mg/l NES, 20 v/v % DMSO; zöld dugványoknál: 1000 mg/l IVS, 500 mg/l NES, 20 v/v % DMSO) valamennyi esetben szignifikánsan jobb gyökeresedést eredményezett a kontrollcsoporthoz viszonyítva. Hormonkezeléssel átlagosan 77-86 %-os gyökeresedést tapasztaltam. Eredményeim alátámasztják a más szerzők megfigyeléseit (DIRR és HEUSER 1987; BÄRTELS 1989; DEL TREDICI 1991; HUH és STABA 1992; HAN et al. 1996; CAI et al. 1998; LI et al. 1998), illetve a faiskolai gyakorlatot. Elmondható tehát, hogy **a ginkgófa jól szaporítható dugványozással**.

A fajra jellemző érdekesség, hogy **az idős (8-10 éves) termőnyársak is rendkívül jól gyökeresednek.** Ugyanezt tapasztalta DIRR és HEUSER (1987) is. Ez a szokatlan jelenség nagyon figyelemre méltó, ugyanis általában a juvenális részek mutatnak nagyobb gyökeresedési erélyt (HARTMANN et al. 1990; SCHMIDT 1995).

A vizsgálatok során **a zöld és a fás dugványok gyökerezési arányában nem jelentkezett különbség**, tehát mindkét módszer egyaránt alkalmas a ginkgó szaporítására.

A hím- és nőivarú fákról származó dugványok között egyik kísérletben sem jelentkezett szignifikáns különbség, tehát **az anyanövény neme nem befolyásolja a dugvány gyökeresedését**.

Megfigyeléseim szerint **döntően az alapi/ csúcsi eredet határozza meg a gyökeresedés sikerességét**. Az alapi dugványok valamennyi vizsgálat során nagyobb (1.3-2.6-szoros) arányban gyökeresedtek, mint a csúcsi dugványok. Ez a tapasztalat egyezik a szakirodalomban található utalásokkal (DIRR 1983; BÄRTELS 1989). Elmondható tehát, hogy *alapi dugványokat célszerű használni, és a gyökeresedési erély jelentősen javítható hormonkezelés alkalmazásával*.

Izoenzim vizsgálatok keményítő gélen történő gélelektroforézissel

Az eredmények azt mutatták, hogy a *Pinus* és *Quercus* fajok analízisére kidolgozott összetételű kivonópufferrel történt izolálás nem volt specifikus a ginkgóra, de természetesen az alapvető célkitűzést sikerült megvalósítani. Az enzimek tesztelése jó alapot biztosít a részletesebb vizsgálatoknak. Különösen fontos kiemelni a gélelektroforetikus vizsgálat előnyeként a módszerek egyszerűségét, ugyanis igen kevés minta elegendő az egyes analízisek elvégzéséhez.

A sikiminsav dehidrogenázzal folytatott kísérletek során nem lehetett az egyedekre jellemző, jól elhatárolódó sávokat kimutatni. Az enzim pontos jellemzéséhez sokkal jobb elválasztásra lenne szükség. Az egyedek közötti különbségek nem egyértelműek, nem valószínű, hogy SKDH-val lehetőség nyílna a faj ivari elválasztására. Az eltérő mintázatok az ivarérett egyedek gyökerénél nem a nemek szerint jelentkeztek, tehát valószínűsíthető, hogy az idős fák oltványok voltak (s így a gyökerekből kapott mintázatok nem értékelhetőek az ivari elkülönítés céljából).

A malát dehidrogenáz különösen jól festődött. Az előkísérletekben tapasztalt háromsávos mintázat igen biztató arra nézve, hogy *az izolálás specifikussá tételével nagyon jól jellemezhető későbbiekben a faj MDH izoenzim mintázata*.

Az izocitrát dehidrogenáz enzim jól festődött, de az elválasztás nem volt elégséges. A kimutatott izoenzim mintázatban látható különösen vastag sávok ugyanis több frakció jelenlétére utalnak. Az izolálás specifikussá tételével a sávok elválaszthatók lennének. Mivel azonban nem tapasztaltam különbségeket az egyedek között, nem tartom elsődlegesnek az ICDH enzimmel folytatott kísérletek kibővítését.

A glükonát-6-foszfát dehidrogenáz esetében a fiatal növények levelénél tapasztalt eltérés a frakció vastagságában valószínűleg a nem egyenletes mértékű izolálásnak tanúsítható és nem jelent tényleges különbséget, tehát feltétlenül pontosabb izolálásra lenne szükség izoenzim mintázatának meghatározásához. A nemek között nem volt eltérés tapasztalható. A további kísérleteknél ez az enzim nem élvez prioritást.

A glutamát dehidrogenáz különösen jól festődött, valamint a levélmintáknál a nemek között eltérést tapasztaltam. Ezek alapján *feltétlenül javaslom a további vizsgálatokat a glutamát dehidrogenáz enzimmel*. Az ivarérett fák gyökerénél tapasztalt egyedek közötti eltérések arra engednek következtetni, hogy oltványok voltak, tehát tulajdonképpen nem bizonyított, hogy a gyökérminta milyen nemű egyedről származik.

A foszfoglüko mutáz igen jól festődött, de nem volt tökéletes az elválasztás, a vastag sávok helyén ugyanis több frakció jelenléte feltételezhető. Az ivarérett fák gyökerének vizsgálatakor itt is tapasztalható volt a fentebb már említett heterogenitás,

mely bizonyítja az oltványok nemének azonosíthatatlan voltát. Bár a fiatal egyedek között nem mutatkozott eltérés, a jó festődés miatt *javaslom az enzim további vizsgálatát*, mellyel a faj nemtől független izoenzim mintázatát meghatározhatjuk.

A glükóz-6-foszfát izomeráz esetében a fiatal növények gyökeréből kimutatott kétféle izoenzim mintázat pontosan 50-50 %-os megoszlásban fordult elő. *Ez az eredmény rendkívül biztató arra nézve, hogy az enzim segítségével lehetőség nyílna a faj korai (a szaporítóképletek megjelenése előtti) ivari elkülönítésére. Ez természetesen beható vizsgálatokat, évekig tartó tanulmányozásokat igényel, melyet mindenképpen javaslok egy kutatócsoportnak elvégezni.*

A PGI enzimmel végzett kísérletek eredménye megerősítette az előző enzimek vizsgálata alapján tett feltételezés, miszerint az idős fáknál oltványokról van szó. A mintázatok annyira különböznek, hogy azok nem származhatnak homogén állományból. E tapasztalat alapján tehát az idős egyedek gyökeréből kimutatott izoenzim mintázatbeli különbségeket semmi esetre sem tekinthetjük nemtől függőnek, s így sajnos az adott vizsgálatban a fiatal magoncok gyökereiből kapott mintázatokkal sem hasonlíthatjuk össze.

Összességében tehát elmondható, hogy **a keményítő gélelektroforézis alkalmas a *Ginkgo biloba* L. különböző részeiből kimutatható izoenzim mintázatok meghatározására.** *Különösen a malát dehidrogenáz, a glutamát dehidrogenáz, a foszfoglükóz mutáz és a glükóz-6-foszfát izomeráz vizsgálatával történő analíziseket tartom perspektivikusnak a genetikai változatok kimutatására.*

Izoenzim vizsgálat poliakrilamid gélelektroforézissel és izoelektromos fókuszálással

A ginkgófa szuperoxid dizmutáz izonemzim mintázatát vizsgálva mindkét módszerrel nagyon jól értékelhető negatív festődést kaptam. Elmondható, hogy **mind a poliakrilamid gélelektroforézis, mind az izoelektromos fókuszálás igen alkalmas a *Ginkgo biloba* L. izoenzim mintázatának jellemzésére.**

Megfigyelésem szerint a szuperoxid dizmutáz azon enzimek közé tartozik, amelyek fagyasztás hatására inaktívvá válnak, tehát fagyasztás utáni analízisük nem lehetséges. Ez alátámasztja HAYWARD et al. (1995) eredményeit.

A szakirodalomban XIA (1997) számol be a nemek közötti eltérő szuperoxid dizmutáz izoenzim mintázatról, de nem említi, hogy a növény mely részét vizsgálta. Az általa és az általam kapott mintázatok eltérnek. A hímivarú egyedeknél egy kis és egy nagy aktivitású frakciót különített el, míg a nőivarú egyedek mintázatában 3 nagy és két kis aktivitású sávot talált. Vizsgálataim során a nőivarú rügyekben egy nagy aktivitású sávot mutattam ki. A hím rügyekben pedig poliakrilamid gélen két nagy és két kis aktivitású frakciót, izoelektromos fókuszálással egy nagy és két kis aktivitásút különítettem el.

A vegetációs időszak során vizsgált részek izoenzim mintázatában nem jelentkezett különbség a nemek között. **A nyugalomban lévő rügyeknél** azonban **jelentős eltérést tapasztaltam a hím- és a nőivarú egyedek között**. Feltételezhető, hogy a tapasztalt különbségek az élettani folyamatok nem szerint eltérő

dinamizmusával magyarázható. Az izoenzim frakciók különbözősége ugyanis nem nyert bizonyítást. Valószínűleg a faj izoenzim mintázata a hím rügynél tapasztalt többsávos képpel jellemezhető, és a csak egy frakciót mutató eredmények az alacsonyabb enzimaktivitási szinttel magyarázhatóak. Ezek szerint *a nyugalmi állapot szolgálhat az egyes egyedek nemének szuperoxid-dizmutáz izoenzimek segítségével történő meghatározására*.

Izoenzim vizsgálat izoelektromos fókuszálással

A gyökerekben a peroxidáz izoenzimek vizsgálatakor jelentős eltérést tapasztaltam a nemek között mind az izoenzimek számában, mind azok aktivitásában. A hím egyedeknél jóval kevesebb izoenzim sáv különült el, és egy frakció kivételével az összes kimutatott frakció megtalálható a női egyedeknél is. Az észteráz izoenzimek vizsgálata során mind a hím, mind a női egyedeknél egy-egy jellegzetes izoenzim frakció különült el, a nemek közt csak az izoenzim aktivitásában lehetett különbséget kimutatni. *Valószínű, hogy a hím egyedeknél megjelenő nagy aktivitású frakció több izoenzim sávot takar. Más, nagyobb felbontású gélen esetleg jobban el lehet különíteni az egyes frakciókat, tehát ezt érdemes a későbbiekben elvégezni.*

A fásszárú növényeknél általában a fajták azonosítására sikeresen használják a nyugalomban levő vesszők izoenzim mintázatát (CHELIAK és PITEL 1984; FÖLDVÁRI 1989; PAPAGEORGIOU et al. 1993; JAHNKE 1996; HIRSCH 2000), ezért feltétlenül fontosnak tartottam a ginkgónál is azok analízisét. Vizsgálataim alapján elmondható, hogy a ginkgó vesszők peroxidáz izoenzim frakciói a semleges és lúgos pH tartományban vannak, és úgy tűnik, hogy a gyökérnél a lúgos tartományban kimutatott frakciók megtalálhatóak a vessző analízisénél kapott sávokkal, bár ezek aktivitása eltérő. A frakciók pontos elhelyezkedését csak egy más elválasztású gélen lehetne nagy biztonsággal meghatározni. A peroxidáz enzim analízisével a többi növényi résznél használt kivonópufferral nem lehetett különbséget tenni a hím és a nőivarú egyedek között, míg az észteráz enzim aktivitását ki sem lehetett mutatni. **A vesszők vizsgálata az általam alkalmazott kivonópufferral** tehát **nem segített a ginkgó ivari elválasztásában**.

A rügyeknél a peroxidáz izoenzim mintázatban az elválasztás felső határán található nagy aktivitású frakció alapján igen valószínű, hogy a még lúgosabb tartományban (pH> 9.0) lehetnek újabb frakciók.

A levelekből kimutatott peroxidáz és észteráz izoenzim mintázatokban a gél elválasztásának alsó határán egy-egy nagy aktivitású sáv található. Nagy valószínűség szerint tehát a még savasabb (pH<3.0) tartományban vannak további izoenzim frakciók. Az észteráz izoenzim mintázatban tavasztól őszig a nemek között nem volt eltérés. **Az októberi levélmintáknál** azonban **egyértelmű különbség adódott a két nem között**. Az őszi levelekben ugyanis jelentősen csökkent az észteráz enzim aktivitása, amit az izoenzim mintázatban elhalványuló, illetve eltűnő frakciók jeleznek. Mivel a hím egyedek hamarabb hullatják le leveleiket, érthetően az októberi vizsgálati időpontban azoknál jóval kevesebb izoenzim frakciót lehetett kimutatni.

A magvak peroxidáz izoenzim mintázatai teljesen eltérnek a növény többi részében tapasztalt mintázatoktól. **A három termőhelyről** (ELTE, SZIE, SZOTE) **származó magvak izoenzim mintázata eltér egymástól**. Mindegyik magminta esetében a mintázatban az elválasztás alsó határán egy nagy aktivitású sáv látható. Valószínű, hogy a még savasabb (pH<3.0) tartományban vannak további izoenzim frakciók. **A két-, illetve háromélű magvaknál nem lehetett különbséget kimutatni egyik enzim analízisével sem**. Ez az eredmény is alátámasztani látszik azt a következtetésemet, hogy a magvak éleinek száma nem határozza meg a nemet.

Elmondható tehát, hogy **az izoelektromos fókuszálás módszere kiválóan alkalmas a *Ginkgo biloba* L. különböző részeiből kimutatható izoenzim mintázatok jellemzésére. A peroxidáz és észteráz enzimek izoenzim vizsgálatával nagy valószínűség szerint gyakorlati lehetőség nyílik a nemek elválasztására.** *Feltétlenül javaslom a két enzimmel végzett analízisek folytatását.*

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A környezetszennyezés fokozódásának egyre szigorúbb környezetvédelmi követelményekkel próbálnak gátat szabni. A különböző környezetkímélő anyagok és technológiák alkalmazása mellett fontos szerepet kapnak a természetes védekező rendszerek is. A növények képesek például bizonyos anyagok megkötésével, semlegesítésével a káros hatások csökkentésére. A szennyezett abiotikus tényezőkhöz alkalmazkodni tudó, azokat toleráló fajok, fajták telepítésével jelentősen hozzájárulhatunk környezetünk védelméhez. Szükséges ezért a várostűrő növényfajok és fajták szelekciója, majd elterjesztése.

A *Ginkgo biloba* L. (páfrányfenyő vagy ginkgófa) méltán érdemelte ki az „élő kövület” elnevezést. Genetikai állománya az évmilliók során szinte változatlan maradt, ami védekező mechanizmusának hatékonyságát bizonyítja. Nagyon jól alkalmazkodik az igen eltérő környezeti feltételekhez is. Rendkívül jó immunitással rendelkezik a kórokozókkal és a kártevőkkel szemben, regenerálódó képessége is kiváló. A káros antropogén hatásokkal szemben is nagyfokú ellenálló képességet mutat. Világszerte megél a nagyvárosokban a legszennyezettebb, legkedvezőtlenebb körülmények között is. Emellett ki kell emelni a faj magas díszítő értékét, melyet különleges levélformájának és egzotikus megjelenésének köszönhet. Mindenféleképpen ajánlott tehát hazai elterjesztése, hiszen a faj nálunk jelenleg még mindig ritka díszfának számít.

Az irodalmi áttekintésben részletesen foglalkoztam a faj botanikai bemutatásával (eredet, morfológia, környezeti igény, ellenálló képesség), hiszen ennek ismerete feltétlenül szükséges az elvégzett vizsgálatok okának és esetleges különlegességeinek magyarázatához. Külön ismertettem faj felhasználási lehetőségeit (gyógynövény, dísznövény, élelmiszer), melyek természetesen eltérő tulajdonságokkal rendelkező egyedeket, illetve fajtákat igényelnek. Értekezésem szempontjából a dísznövényként, elsősorban a várostűrő faként való alkalmazás lényeges.

Munkám egyik célja a ginkgófa kadmium- és sótűrésének vizsgálata volt, hiszen a nehézfém- és sóstresszel szembeni ellenálló képesség fontos kritériuma a várostűrésnek.

Az egyik legmérgezőbb nehézfém, a kadmium hatásának vizsgálata során a fiatal növényekkel végzett hidrokultúrás kísérletekben különböző kadmium koncentrációkat (10^{-6}–1 M Cd^{2+}) alkalmaztam. A stressztünetek a levelekben sokkal gyengébben jelentkeztek, mint a gyökerekben. Feltételezhető, hogy a ginkgó gyökere akkumulálja a kadmiumot, javasolt ezért ennek alapos vizsgálata. A kadiummal kezelt növények peroxidáz aktivitása a koncentráció függvényében szignifikánsan megnőtt (a gyökérben a 10^{-4} M Cd^{2+}-nál magasabb kocentrációknál, a levélben valamennyi esetben). A növények a kísérlet során nem pusztultak el, sőt peroxidáz aktivitásuk folyamatosan nőtt. Mindezek mellett a kadmium toxicitását is figyelembe véve elmondható, hogy a fiatal ginkgó növények igen jó kadmiumtűrő képességgel rendelkeznek.

A sótűrés vizsgálatához különböző sókoncentrációk (100 - 400 mM NaCl) hatását teszteltem. A sóstresszre a fiatal növények peroxidáz aktivitása a koncentráció

függvényében szignifikánsan megnőtt. A tapasztalt válaszreakciók és a sókoncentrációk egybevetése alapján megállapítható, hogy a fiatal ginkgó növények jó sótűréssel rendelkeznek.

A faj hatékonyabb szaporításának elősegítése érdekében magvetési és dugványozási kísérleteket folytattam.

A csíráztási kísérletek alapján elmondható, hogy a mag származási helyének, begyűjtési idejének, a tárolás idejének és módjának szignifikáns hatása van a csírázóképességre. A magvak november vége és január közepe között begyűjtve mutatták a legmagasabb csírázási százalékot. A hazai időjárási viszonyokat és a csíraképesség változását figyelembe véve a november végi begyűjtés javasolható. A magvak számára nagyon fontos a megfelelően nyirkos és hűvös tárolási körülmények biztosítása. Tapasztalataim alapján fizikai magkezeléssel (forrázás vagy mechanikai koptatás) szignifikánsan (1.2-1.6-szorosára) javítható a csírázási százalék. A koptatás elvékonyítja, a forrázás pedig megpuhítja a maghéjat, ezáltal elősegíti annak felnyílását. A kezelések elvégzése rendkívül egyszerű, hatásuk pedig nagyon kedvező, ezért alkalmazásuk feltétlenül javasolható.

A magvak laboratóriumi vizsgálata, valamint a csíráztatási kísérletek eredményei között tapasztalható összhang alapján elmondható, hogy a peroxidáz aktivitási szinttel jól jellemezhető a magvak csírázóképessége. A nagyobb csírázási százalékot elérő magvak magasabb peroxidáz aktivitást mutattak.

Dugványozási kísérleteimben elsősorban a dugványok eredetének (anyanövény neme, a dugvány alapi, illetve csúcsi volta) hatását vizsgáltam.

A fajnál jó gyökeresedési arányt tapasztaltam, tehát a ginkgófa jól szaporítható dugványozással. A hormonkezelés szignifikánsan (1.2-1.3-szeres) jobb gyökeresedést eredményez a kontrollcsoporthoz viszonyítva. A hím- és nőivarú növényekről származó dugványok esetében nem jelentkezett szignifikáns különbség, tehát az anyanövény neme nem befolyásolja a gyökeresedési százalékot. Megfigyeléseim szerint döntően az alapi/ csúcsi eredet határozza meg a gyökeresedés sikerességét. Az alapi dugványok nagyobb arányban (1.3-2.6-szoros) gyökeresednek, mint a csúcsi dugványok. Elmondható tehát, hogy a lehetőleg alapi dugványokat kell alkalmazni és a gyökeresedési százalék jelentősen javítható hormonkezelés alkalmazásával. A fajra jellemző érdekesség, hogy az idős (8-10 éves) termőnyársak is rendkívül jól gyökeresedtek. Ez a szokatlan jelenség igen figyelemre méltó, hiszen általában a juvenális részek mutatnak nagyobb gyökeresedési erélyt.

Laboratóriumi vizsgálatokat is folytattam gélelektroforézissel. Az analízisek célja a faj izoenzim mintázatának meghatározása a különböző növényi részekben, illetve végső soron az ivari meghatározás lehetőségeinek vizsgálata volt. Dísznövényként való hasznosításkor a magköpeny érésekor keletkező kellemetlen szag miatt a hímnemű fák kívánatosak. Az ivari elkülönítés nehézkes, mivel faj csak 20-30 évesen válik ivaréretté, a nemek fiatalkori azonosítása nagy kertészeti jelentősége ellenére eddig még nem megoldott.

Az elvégzett enzimvizsgálatok előnyeként fontos kiemelni a módszerek egyszerűségét és viszonylagos olcsóságát. Az egyes analízisek elvégzéséhez igen kevés minta elegendő. A különböző növényi részekből kimutatott izoenzim mintázatok

általában eltérőek voltak az egyes enzimeken belül. A vizsgált tíz enzim közül a jó festődés miatt a malát dehidrogenáz, a glutamát dehidrogenáz, a foszfoglükóz mutáz, a glükóz-6-foszfát izomeráz, a szuperoxid dizmutáz, az észteráz és a peroxidáz izoenzim analízisét tartom perspektivikusnak a faj izoenzim mintázatának jellemzése céljából. Az utóbbi négy enzimnél nemek közötti eltéréseket is tapasztaltam, ezen enzimek további analízise ezért feltétlenül javasolt az ivari elkülönítés céljából.

A glükóz-6-foszfát izomeráz vizsgálata során a fiatal egyedek gyökerében kétféle izoenzim mintázat jelent meg 50-50 %-os megoszlásban.

A szuperoxid dizmutáz izoenzim vizsgálatakor csak a nyugalomban lévő rügyeknél tapasztaltam jelentős eltérést a hím- és a nőivarú egyedek között. Feltételezhető, hogy a tapasztalt különbségek az élettani folyamatok nem szerint eltérő dinamizmusával magyarázható. (A hímivarú egyedek tavasszal korábban rügyeznek és ősszel hamarabb hullatják le leveleiket.) Az izoenzim frakciók különbözősége ugyanis nem nyert bizonyítást, a kevesebb izoenzim frakciót mutató eredmények (nőivarú rügy) az alacsonyabb enzimaktivitási szinttel magyarázhatók. Ezek szerint a nyugalmi állapot szolgálhat az egyes egyedek nemének meghatározására.

A peroxidáz izoenzimek vizsgálatakor a gyökerekben jelentős eltérést tapasztaltam a nemek között mind az izoenzimek számában, mind azok aktivitásában. A többi növényi részben nem jelentkezett különbség a nemek között. A peroxidáz izoenzimek gyökérből történő kimutatása tehát alkalmas az ivari elkülönítésre.

Az észteráz izoenzimek vizsgálata során a gyökerekben az elkülönített izoenzim frakció aktivitásában lehetett különbséget kimutatni a nemek között, míg a leveleknél az őszi mintáknál adódott egyértelmű különbség az észteráz izoenzim mintázatban.

Az elvégzett vizsgálatok eredményesek voltak, de természetesen újabb kérdéseket vetettek fel, melyek alapján a kutatómunka továbbvihető.

SUMMARY

The increase of environmental pollution is tried to stop by setting more and more strict environmental standards. Besides the use of environment friendly technologies and materials, natural protecting systems are also getting an important role. For example by the accumulation and neutralisation of certain materials, the plants are able to moderate the harmful effects. Planting of species and varieties, which can adapt to the polluted environment, can significantly contribute to the environment protection. That is why the selection and spreading of urban stress tolerant plant species and varieties are a necessity.

Ginkgo biloba L. (maidenhair tree) is rightly called „living fossil". Its genom has remained almost completely unchanged during millions of years, proving the effectiveness of its protection mechanisms. It adapts very well to several various environments. It has a very good immunity from diseases and pests. Its regeneration ability is also outstanding. It is also quite resistant to harmful urban effects. All around the world it can live even in cities having the most polluted and most unfavourable environments. Besides these characteristics due to its special leaf shape and exotic appearance it is a very valuable ornamental tree. As this species is still a rarely used landscape tree in Hungary, its spreading is advisable.

In the „Review of Literature" the botany (origin, morphology, environmental needs, resistance ability) of the species is dealt in detail in order to make understand the reasons of the experiments. The possible uses of the species (medicinal, ornamental and food plant) are reviewed separately. For my thesis the use as ornamental plant, first of all as urban stress tolerant tree is the most important aspect.

One of the aims of my work was to study the cadmium and salt tolerance of the ginkgo tree as the heavy metal and salt tolerance are important criteria for an urban stress tolerant tree.

For characterising the effects of cadmium –one of the most toxic heavy metals-, young plants were grown hidroponically using different cadmium concentrations (10^{-6} –1 M Cd^{2+}). The stress symptoms were less pronounced in the leaves than in the roots. According to these data it is presumable that roots of ginkgo tree accumulate cadmium. The further investigation of this phenomenon is advisable. Peroxidase activity of Cd-treated plants increased significantly (for the leaves at every concentration, for the roots at concentrations higher than 10^{-4} M Cd^{2+}). During this experiments the plants did not die and their peroxidase activity increased continuously. Keeping in mind the toxicity of cadmium, it can be said that young ginkgo plants have exceptionally good cadmium tolerance.

In order to investigate salt tolerance young plants were exposed to different salt concentrations (100-400 mM NaCl). The plants reacted to the salt stress with significantly increased peroxidase activity. On the basis of the data of this experiment it was concluded that young ginkgo plants have good salt tolerance.

In order to contribute to the improvement of the propagation efficiency of the species several experiments with seeds and cuttings were conducted.

According to germination experiments place of origin, collecting time, length and mode of storage had significant effect on germination ability. Seeds, which were collected between end of November and middle of January, had the highest germination percentage. Considering the change in germination ability and the Hungarian climatic conditions, end of November is the most advisable period for collecting seeds. It was shown that maintaining adequately moist and cool storage conditions is very important. According to my data germination percentage could be increased significantly (+20-60 %) by using physical seed treatments (scalding, mechanical scouring). These treatments wear down or soften the pericarp enhancing its splitting. The execution of these very effective treatments is simple that is why their application is advisable.

From the analysis of the data of laboratory seed investigations and of the germination experiments it was found that germination ability can be very well characterised by peroxidase activity.

In the propagation experiments made with cuttings mainly the effects of the origin (sex of the mother plant, basal or apical) of the cuttings were investigated.

Ginkgo cuttings developed roots very well, and it was found that this species can be propagated by cuttings quite efficiently. Plant growth regulators significantly increased rooting percentage (1.2-1.3 fold) compared to the control. There was no difference between the cuttings originated from male or female plants thus the sex of the mother tree has no effect on the rooting percentage. According to my data the basal/ apical origin decisively effected the rooting. Rooting percentage of the basal cuttings was much higher (1.3-2.6 fold) than that of the apical cuttings. Thus it can be said that if it is possible basal cuttings should be used and the rooting percentage can be further increased by hormone treatment. An interesting characteristic of the species is the fact, that even 8-10 years old parts showed a very good rooting ability. This uncommon phenomenon is very notable as usually the juvenile parts show a higher rooting availability.

Gel electrophoresis examinations were also done in order to investigate the isozym patterns of different plant parts. The final goal of these investigations was to find a good sex-test for the ginkgo tree. When the seed coat ripens it emits a very bad odour, that is why for ornamental use male tress are preferred. However, the sexual differentiation is very difficult because tress become sexually mature just at the age of 20-30 years. In spite of its importance, sexual differentiation at young age is not solved yet.

Isozyme patterns of the enzymes usually differed in the different plant parts. From the ten investigated enzymes isozyme analysis of malate dehydrogenase, glutamate dehydrogenase, phosphoglucomutase, phosphoglucose isomerase, superoxide dismutase, esterase and peroxidase were found to be apropriate for characterising the species. From the above mentioned enzymes, the last four showed differences according to sexes.

In case of phosphoglucose isomerase from the roots of young plants two kind of isozyme patterns appeared in equal ratio.

In case of superoxide dismutase sexually differentiated isozym patterns were found just in the buds. It is presumable that the reason for this phenomenon is the sexually different physiological dynamism, as the male trees sprouts out and loose their leaves earlier than the female trees. According to these results the dormancy is the suitable period for the sexual determination of the ginkgo trees.

In case of peroxidase significant differences were found in the roots between the sexes, both in the number of isozyme fractions and in their activities. In the other plant parts difference was not detectable between the sexes.

There was a difference between sexes in the activity of the separated isozyme band of esterase enzyme in the roots. In the autumn leaf samples there was a clear difference in the isozyme pattern between the two sexes.

The further examination of these enzymes is advisable for establishing a new method for sexual differentiation. It is important to note that the used enzymatic examinations are simple, relatively cheap and need just small amount of sample.

The performed examinations were successful, but of course new questions have come up, thus this research work can be further developed.

MELLÉKLETEK

M1. IRODALOMJEGYZÉK

1. ADAWADKAR, P.D. and EL SOHLY, M.A.: Isolation, Purification and Antimicrobial Activity of Anacardic Acids from *Ginkgo biloba* Fruits. In: *Fitoterapia*. 1981. (52) 3, p. 129-135.
2. AGRAWAL, M., SINGH, S.K., SINGH, J. and RAO, D.N.: Biomonitoring of air pollution around urban and industrial sites. In: *Journal of Environmental Biology*. 1991. 12, p. 211-222.
3. ALLOWAY, B.J.: Heavy metals in soils. 2. kiadás. London: Blackie A. and P., 1995., p. 367.
4. ARDUINI, I., GODBOLD, D.L. and ONNIS, A.: Cadmium and copper uptake and distribution in Mediterranean tree seedlings. In: *Physiologia Plantarum*. 1996. (97) 1, p. 111-117.
5. BANKS, S.W., RAJGURU, S.N., GOSSETT, D.R. and MILLHOLLON, E.P.: Antioxidant response to salt stress during fiber development. In: *Proceedings Beltwide Cotton Conferences, New Orleans, L.A.*, 1997. p. 1422-1426.
6. BARMAN, T.E.: Enzyme Handbook. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1969. p. 502.
7. BÄRTELS, A.: Gehölzvermehrung. Stuttgart: Ulmer, 3. kiadás, 1989. p. 327-328.
8. BASU, R., MAITRA, N. and GHOSH, B.: Salinity results in polyamine accumulation in early rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. In: *Aust. J. Plant Physiol.* 1988. 15, p. 777-786.
9. BENDER, J., MANDERSCHEID, R., JAGER, H.J., KRUPA, S.V. and ARNDT, U.: Analyses of enzyme activities and other metabolic criteria after five years of fumigation. In: *Environmental Pollution*. 1990. (68) 3-4, p. 331-343.
10. BERGMANN, F.: Charecterisation of multiclonal aspen cultivars using isozyme electrophoresis. In: *For. Ecol. Management*. 1987. 22, p. 167-172.
11. BERTELS, C., RUTHER, P., KAHLE, H. and BRECKLE, S.W.: Die Entwicklung des Wurzelsystems von Buchenkeimlingen bei Cadmium- und kombinierter Cadmium-/Bleibelastung. In: *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie.* 1989. 18, p. 367-371.
12. BHANDAL, I.S. and BALA, R.: Heavy metal inhibition of in vitro pollen germination and pollen tube growth in *Amaryllis vittata* (Ait). In: *Current Science*. 1989. (58) 7, p. 379-380.
13. BLINDE, A., ABOU-MANDOUR, A., AZORKOVICH, M., BRUNE, A. and DIETZ, K.J.: Heavy metal induced changes in peroxidase activity in leaves, roots and cell suspension cultures of *Hordeum vulgare* L. In: *Plant peroxidases: Biochemistry and Physiology.* Szerk.: OBINGER, C., EBERMANN, C., PENEL, C. and GREPPIN, H., University of Geneva, 1996., p. 374-379.
14. BOOY, G. et al.: Polymorphism in the isozyme esterase: possibilities for an efficient identification system of tulip cultivars. In: *Acta Horticulturae.* 1992. 325, p. 883-887.

15. BOROSS L.: Terminális oxidáció: oxidatív foszforilálás. In: *A biokémiai alapjai*. Szerk.: BOROSS L. és SAJGÓ M., Budapest: Mezőgazda Kiadó, 1993., p. 189-199.
16. BRADFORD, M. M.: A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantity of protein utilizing the principle of protein-dye binding. In: *Anal. Biochem*. 1976. 72, p. 248-254.
17. BRAUN, H. and FROHNE, D.: Heilpflanzenlexikon für Ärtzte und Apotheker. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1987., p. 124.
18. BRECKLE, S.W. and KAHLE, H.: Effects of toxic heavy metals (Cd, Pb) on growth and mineral nutrition of beech (*Fagus sylvatica* L.). In: *Vegetatio*. 1992. (101) 1, p. 43-53.
19. BREJ, T.: Heavy metal tolerance in *Agropyron repens* L.P. Bauv. populations from the Legnica copper smelter area, Lower Silesia. In: *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 1998. (67) 3-4, p. 325-333.
20. BROWN, D.: Ginkgo biloba Extract and Head Trauma: Case Studies. In: *Gaia Symposium Proceedings on Naturopathic Herbal Wisdom*, 1994., p. 33.
21. BROWN, D.: Ginkgo biloba Overview. In: *Gaia Symposium Proceedings on Naturopathic Herbal Wisdom*, 1994., p. 30-31.
22. BURGENSTEIN, A.: Über das Verhalten der Gymnospermenkeimlinge im Lichte und im Dunkeln. In: *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft.* 1900. 18, p. 168-184.
23. CAI, J.G., SHEN, X.K., ZHANG, R.H., LING, D.B. and LU, Y.Y.: Use of a stereo-device and plant growth regulators for propagation of *Ginkgo biloba* from cuttings. In: *Journal of Zhejiang Forestry College*. 1998. (15) 4, p. 340-346.
24. CAO, W. H. and ZHAO, Y. R.: An analysis on isoenzyme and soluble protein in watermelon. In: *Acta Agriculturae Boreali Sinica*. 1994. (9) 2, p. 64-71.
25. CARGNELLO, G., GIANAZZA, E., TEDESCO, G., CAPELLA, M. and GEROLA, F.M.: Wall proteins of *Vitis vinifera* pollen I. Constancy of the phenotype. In: *Vitis*. 1988. 27, p. 47-55.
26. CARRIER, J., CHAURET, N., NEUFELD, R. and ARCHAMBAULT: Ginkgo biloba L. (Maidenhair Tree): In Vitro Culture and the Formation of Ginkgolides. In: *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. 1994. 26, p. 136-145.
27. CHAOUI, A., MAZHOUDI, S., GHORBAL, M. H. and EL-FERJANI, E.: Cadmium and zinc induction of lipid peroxidation and effects on antioxidant enzyme activities in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: *Plant Sci. Lim.* 1997. (127) 2, p. 139-147.
28. CHELIAK, W.M. and PITEL, J.A.: Genetic control of allozyme variants in mature tissues of white spruce tress. In: J. *Hederity*. 1984. 75, p. 34-40.
29. CHEN, S.L. and KAO, C.H.: Cd induced changes in proline level and peroxidase activity in roots of rice seedlings. In: *Plant Growth Regulation*. 1995. (17) 1, p. 67-71.
30. CHEN, Y.Z. and WANG, Y.G.: The reaction of soybean callus tissues and regenerated plantlets to salt stress. In: *Soybean Science*. 1992. (11) 1, p. 70-73.

31. CHENG, S.Y. and CHEN, W.Y.: The relationship between adventitious root formation and enzymes and endogenous phytohormones in *Ginkgo biloba* L. cuttings. In: *Acta Horticulturae Sinica*. 1996. (23) 4, p. 407-408.
32. CHIANG, C.H., WANG, Y.N., CHANG, K.C. and HWANG, K.C.: A study of the germination of seed, cutting and characteritics of seedling in *Ginkgo biloba* L. In: *Quarterly Journal of the Experimental Forest of Nazional Taiwan University*. 1996. (10) 2, p. 29-36.
33. CHUGH, L.K. and SAWHNEY, K.: Photosynthetic activities of *Pisum sativum* seedlings grown in presence of cadmium. In: *Plant Physiology and Biochemistry*. 1999. (37) 3, p. 297-303.
34. CIESLINSKI, G., NEILSEN, G.H., HOGUE, E.J., TAGLIAVINI, M. and MILLARD, P.: Effect of pH and soil Cd concentration on Cd uptake and accumulation by apple trees (*Malus domestica* Borkh.) cv. Fuji. In: *Acta Horticulturae*. 1995. 383, p. 47-56.
35. COLLINS, G.N.: Dimorphism in the shoots of the ginkgo. In: *The Plant World*. 1903. 6, p. 9-11.
36. COMBA, M.E., BENAVIDES, M.P., GALLEGO, S.M. and TOMARO, M.L.: Relationship between nitrogen fixation and oxidative stress induction in nodules of salt-treated soybean plants. In: *Phyton. Buenos Aires*. 1997 (60) 1-2, p. 115-126.
37. CONVERSO, D.A., FERNANDEZ, M.E. and TOMARO, M.L.: Effect of development and salt stress on the activity and expression of wheat peroxidases. In: *Phyton. Buenos Aires*. 1997. (61) 1-2, p. 147-154.
38. CSAPODY I., CSAPODY V. és ROTT F.: Erdei fák és cserjék. Budapest: Országos Erdészeti Főigazgatóság. 1966.
39. CSATHÓ P.: A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. Tematikus szakirodalmi szemle. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. 1994., p. 93.
40. CSEKE E.: Glükonát-6-foszfát dehidrogenáz. In: *Enzimes analízis*. Szerk.: SZABOLCSI G., Budapest: Akadémiai Kiadó, 1991., p. 149-135.
41. CSEKE E. és VÁMOSNÉ VIGYÁZÓ L.: Peroxidáz. In: *Enzimes analízis*. Szerk.: SZABOLCSI G., Budapest: Akadémiai Kiadó, 1991., p. 187-195.
42. DALLIMORE, W. and JACKSON, A.B.: A Handbook of Coniferae and Ginkgoaceae. Edward Arnold. s.a.
43. DAVIS, R. J.: Disc electrophoresis 2. Method of application to human serum proteins. In: *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1964. 121, p. 404-427.
44. DÁNOS B.: Farmakobotanika. Budapest: Argumentum. 1997.
45. DEÁK, M., HORVÁTH, V.G., DAVLETOVA, S., TÖRÖK, K., SASS, L., VASS, I., BARNA, B., KIRÁLY, Z. and DUDITS, D.: Plants ectopically expressing the iron-binding protein, ferritin, are tolerant to oxidative damage and pathogens. In: *Nature Biotechnology*. 1999. (17) 2, p. 192-196.
46. DE FEUDIS, F.V.: Ginkgo biloba Extract (EGb 761): Pharmacological Activities and Clinical Applications. Paris: Elsevier, 1991., p. 1-187.

47. DE FEUDIS, F.V., AUGUET, M., DELAFLOTTE, S., HELLEGOUARCH, J., BARANES, J., CHAPELAT, M., BRAQUET, M., ETIENNE, A., DRIEU, K., CLOSTRE, F. and BRAQUET, P.: Some in vitro and in vivo actions of an extract of *Ginkgo biloba* (GBE 761). In: *Effects of Ginkgo Biloba Extract on Organic Cerebral Impairment*. Szerk.: AGNOLI, A., Libbey Eurotwxt, 1985., p. 17-29.
48. DELAVEAU, P.: Le Ginkgo biloba. In: *Les Actualites Pharmacentiques*. 1981. 180, p. 41-42.
49. DEL TREDICI, P.: *Ginkgo biloba*: Evolution and Seed Dispersal. In: *Ginkgolides – Chemistry, Biology, Pharmacology and Clinical Perspectives*. Vol. 2., Szerk.: BRAQUET, P., Prous Science Publishers, 1989., p. 1-13.
50. DEL TREDICI, P.: Ginkgos and People - A Thousand Years of Interaction. In: *Arnoldia Boston*. 1991. (51) 2, p. 2-15.
51. DEL TREDICI, P.: Natural regeneration of *Ginkgo biloba* from downward growing cotyledonary buds (basal chichi). In: *American Journal of Botany*. 1992a. (79) 5, p. 522-530.
52. DEL TREDICI, P.: Where the Wild *Ginkgos* grow. In: *Arnoldia Boston*. 1992b. (52) 4, p. 2-11.
53. DEL TREDICI, P, HSIEH, L. and YANG, G.: The *Ginkgos* of Tian Mu Shan. In: *Conservation Biology*. 1992. (6) 2, p. 202-209.
54. DENNIS, D. T. and TURPIN, D. H.: Plant Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Longman Scientific and Technical Longman Group UK. 1990., p. 52, 374.
55. DE VOS, C.H.R., VOOIJS, R., SCHAT, H. and ERNST, W.H.O.: Copper-induced damage to the permeability barrier in roots of *Silene cucubalus*. In: *J. Plant Physiology.* 1989. 135, p. 165-169.
56. DIÓSZEGI M.: A páfrányfenyő. In: *Kertészet és Szőlészet*. 1992. 14, p. 5-6.
57. DIRR, M.A.: Manual of Woody Landscape Plants. Champaign, I L.: Stipes Pub., 1983, p. 305-306.
58. DIRR, M.A. and HEUSER, C. W.: The Reference Manual of Woody Plant Propagation. From Seed to Tissue Culture. Versity Press, 1987.
59. DOHMEN, G.P., KOPPERS, A. and LANGEBARTELS, C.: Biochemical response of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) towards 14-month exposure to ozone and acid mist: Effects on amino acid, glutathione and polyamine titers. In: *Environmental Pollution.* 1990. 64, p. 375-383.
60. DORAN, W.L.: The vegetative propagation of ginkgo. In: *Journal of Forestry*. 1954. 52, p. 176-177.
61. EICKMEYER, F.: Erstellung von molekularen Markern und Untersuchungen zur Hybridzüchtung mit Hilfe der genetischen Inkompatibilität bei Weidelgras-Arten (*Lolium spp.*). Dissertation, Fachbereich Gartenbau der Universität Hannover. 1994.
62. ERDEI S., DELLEY Z., HEGEDŰS A. és HORVÁTH G.: A kadmium okozta oxidatív változások árpa csíranövényben. In: *Lippay J. és Vas K. Tudományos Ülésszak Előadásainak és Posztereinek Összefoglalói*. 1998., p. 14-15.

63. ERNST, W.H.O.: Biochemical aspects of cadmium in plants. In: *Cadmium in the environment.* Part I. Szerk.: NRIAGU, J.O., Willey, 1980., p. 639-653.
64. ESCHRICH, W.: Funktionelle Pflanzenanatomie. Heidelberg: Springer Verlag, 1995.
65. ESHDAT, Y. HOLLAND, D., FALTIN, Z. and HAYYIM, B.G.: Plant glutathione peroxidases. In: *Physiologia Plantarum*. 1997. (100) 2, 234-240.
66. FANG, J.J. and QUE, G.N.: Relation between callus growth and flavonoid accumulation in *Ginkgo biloba*. In: *Forest Research*. 1998. (11) 2, p. 124-129.
67. FENG, J.M., ZHOU, X.S., ZHANG, C.T. and ZHANG, T.X.: Application of water absorber in seedling cultivation by cuttings of *Ginkgo biloba* etc. In*: J. Zhejiang Forestry Science and Technology.* 1998 (18) 1, p. 46-48.
68. FERREIRA, C., LOPES, C., AZEVEDO, H. and CALDEIRA, G.: The effects of high levels of Hg on senescence, proline accumulation and stress enzymes activities of maize plants. In: *Agrochimicha.* 1998. (42) 5, p. 208-218.
69. FLORES, H.E. and GALSTON, A.W.: Osmotic stress induced polyamine accumulation in cereal leaves. In: *Plant Physiology.* 1984. 75., p. 102-109.
70. FONTANA, A.: Vesicular-arbuscular mycorrhizae of *Ginkgo biloba* L. in natural and controlled conditions. In: *New Phytology*. 1985. 99, p. 441-447.
71. FOWLER, T., LUCAS, C. and GOSSETT, D.: Glutathione S-transferase isozymes in control and salt-adapted cotton callus. In: *Proceedings Beltwide Cotton Conferences, New Orleans, L.A.*, 1997. p. 1377-1379.
72. FÖLDVÁRI E.: A fenyőfői erdei fenyő (*Pinus sylvestris* L.) populáció genetikai polimorfizmusa. Diplomamunka. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Genetikai Tanszék. Budapest, 1989.
73. FRANKLIN, A.H.: *Ginkgo biloba* L.: Historical summary and Bibliography. In: *Virginia J. Sci.* 1959. 10, p. 131-176.
74. FRICK, H. and GOLT, C.: Sensitivity of Lemma minor growth to osmotic potential and relative tolerance of its callus. In: *J. Plant Physiology*. 1995. 146, p. 718.
75. FRIEDMAN, W.E. and GOLIBER, T.E.: Photosynthesis in the female gametophyte of *Ginkgo biloba*. In: *American Journal of Botany.* 1986. (73) 9, p. 1261-1266.
76. GALLEGO, S. M., BENAVIDES, M. P. and TOMARO, M. L.: Effect of heavy metal ion excess on sunflower leaves: evidence for involvement of oxidative stress. In: *Plant Sci. Lim.* 1996. (121) 2, p. 151-159.
77. GÁLNÉ TELEGDI M.: Izocitrát dehidrogenáz. In: *Enzimes analízis.* Szerk.: SZABOLCSI G., Budapest: Akadémiai Kiadó, 1991., p. 142-148.
78. GÁLNÉ TELEGDI M.: Malát dehidrogenáz. In: *Enzimes analízis.* Szerk.: SZABOLCSI G., Budapest: Akadémiai Kiadó, 1991., p. 135-142.
79. GANGOPADHYAY,G., BASU, S. and GUPTA, S.: Salinity-induced changes on peroxidases in *Nicotiana tabacum* (var. Jayasri) callus cultures. In: *Indian Journal of Plant Physiology*. 1996. (1) 4, p. 247-250.
80. GENCSI L. és VANCSURA R.: Dendrológia. Erdészeti növénytan II. kötet. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 2. kiadás, 1997., p. 107-108.

81. GINKGO AND CRATAEGUS. In: *Deutsche Apotheker Zeitung*. 1997. (137) 20, p. 73.
82. GODBOLD, D.L.: Cadmium uptake in Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) seedlings. In: *Tree Physiology*. 1991. 9 (3), p. 349-357.
83. GOSSETT, D.R., MILLHOLLON, E.P., LUCAS, M.C. and MARNEY, M.M.: Antioxidant enzymes and salt stress in cotton. In: *Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences, New Orleans, Louisiana, USA*. 1993., p. 1262-1266.
84. GUNKEL, J.E. and THIMANN, K.V.: Studies of development in long shoots and short shoots of *Ginkgo biloba*. III. Auxin production in shoot growth. In: *Am. J. Bot.* 1949. 36, p. 145-151.
85. GWOZDZ, E.A., PRZYMUSINSKI, R., RUCINSKA, R. and DECKERT, J.: Plant cell responses to heavy metals: molecular and physiological aspects. In: *Acta Physiologiae Plantarum.* 1997. 19 (4), p. 459-465.
86. HAGEMEYER, J. and WAISEL, Y.: Excretion of ions (Cd^{2+}, Li^{+}, Na^{+} and Cl^{-}) by *Tamarix aphylla.* In: *Physiologia Plantarum.* 1988. 73 (4), p. 541-546.
87. HAHN, H.: Untersuchungen zur elektrophoretischen Charakterisierung ausgewählter Sorten und Zuchtstämme von *Festuca pratensis* Huds. und *Festulolium*-Bastarden. Dissertation, Landwirtschaftliche Fakultät, Halle-Wittenberg,1996.
88. HAJÓSNÉ NOVÁK M. (Szerk.): Genetikai variabilitás a növénynemesítésben. Molekuláris diagnosztika. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 1999.
89. HAN, S.S., JEON, D.S. and CHOI, H.S.: A study on the drought tolerance of trees. In: *Research Bulletin of the Experiment Forests, Kangweon National University*. 1985. 5, p. 3-7.
90. HAN, N.L. and ZHEN, W.S.: The effect on branching of cutting the top-bud from Ginkgo biloba seedlings on different dates. In: *Forest Research*. 1996. (9) 6, p. 661-663.
91. HÄNSEL, R.: Phytopharmaka. Berlin: Spinger, 2. kiadás, 1991., p. 59-72.
92. HÄNSEL, R., KOLLER, H., RIMPLER, H. and SCHNEIDER, G.: Hagers Handbuch der Pharmauzeutischen Praxis. Vol. 5. Drogen, E-O, 5. kiadás, Berlin: Springer Verlag, 1993., p. 269-292.
93. HARA, N.: Morphological Study on Early Ontogeny of the *Ginkgo* Leaf. In: *Botanical Magazine Tokyo*, 1980. 93, p. 1-12.
94. HARASZTY Á.: Növényszervezettan és növényélettan. Budapest: Tankönyvkiadó, 1979.
95. HARTMANN, T., NAGEL, M. and ILERT, H. I.: Organ specific multiple forms of glutamic dehydrogenase in *Medicago sativa*. In: *Planta*, 1973. 111, p. 119-128.
96. HARTMANN, H.T., KESTER, D.E. and DAVIS, F.T.: Plant Propagation, Priciples and Practices. New Yersey: Prentice-Ha.. Inc., 1990.
97. HAYWARD, H.D., DEGENAARS, G.H., BALFOURIER, F. and EICKMEYER, F.: Isozyme procedures for the charaterization of germplasm, exemplified by the collection of *Lolium perenne L.* In: *Genetic Resources and Crop Evolution*. Kluwer Academic Publichers, 1995.

98. HAVEN, P.H., EVERT, R.F. and CURTIS, H.: Biologie der Pflanzen. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1985., p. 382-383.
99. HAWRYS, Z.: Sensitivity of some deciduoud trees to sulfur compounds and heavy metals. In: *Ekologia Polska*. 1984. (32) 1, p. 103-124.
100. HEGI, G.: Illustrierte Flora von Mittel-Europa. 2. kiadás. München: Lehmanns Verlag, 1935., p. 104-105.
101. HENDRY G.A.F., BAKER, A.J.M. and EWART, C.F.: Cadmium tolerance and toxicity, oxygen radical processes and molecular damage in cadmium-tolerant and cadmium-sensitive clones of Holcus lanatus L. In: *Acta Botanica Neerlandica*. 1992. (41) 3, p. 271-281.
102. HERRSCHAFT, H.: Zur klinischen Anwendung von *Ginkgo biloba* bei dementiellen Syndromen. In: *Pharmazie in unserer Zeit*. 1992. (21) 6, p. 266-275.
103. HIRSCH J.: Ciprus, hamisciprus és hibridciprus fajok analízise molekuláris markerekkel. Diplomamunka. Szent István Egyetem, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék. Budapest, 2000.
104. HOCK, B. and ELSTNER, E.F.: Schadwirkungen auf Pflanzen. Lehrbuch der Pflanzentoxikologie. 2. kiadás. Mannheim, Wien, Zürich: BI Wissenschaftsverlag, 1988.
105. HOPPE, H.A.: Taschenbuch der Drogenkunde. Berlin-New York: deGruyter, 1981. p. 131-131.
106. HORTOBÁGYI T.: Növényrendszertan. Budapest: Tankönyvkiadó, 1979, p. 413-415.
107. HORTOBÁGYI T. (Szerk.): Agrobotanika. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 1986., p. 336.
108. HÖLZL, J.: Inhaltsstoffe von *Ginkgo biloba*. In: *Pharmazie in unserer Zeit*. 1992. (21) 5, p. 215-223.
109. HSIEH, L.: Origin and distribution of *Ginkgo biloba*. In: *The Forestry Chronicle*, 1992. (68) 5, p. 612-613.
110. HUANG, Y.X., LIN, S.H., HAN, R.Z. and YAO, Y.Q.: The characteristics of accumulation of sulfur from the air by the main plants and soils in Beijing and their indicative and purgative abilities. In: *Acta Botanica Sinica*, 1990. (32) 5, p. 380-389.
111. HUH, H. and STABA, E. J.: The botany and chemistry of *Ginkgo biloba* L. In: *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 1992. 1(1/2), p. 91-124.
112. HURKMAN, W.J. and TANAKA, C.K.: Effect of salt stress on germin gene expression in barley roots. In: *Plant Physiology*. 1996. (110) 3, p. 971-977.
113. INOUE, H., SATO, S., KAMODA, S., TERADA, T. and SABURI, Y.: Hormonal responses of petioles and embryos in *Ginkgo biloba* cultures. In: *Bulletin of the Tokyo University Forests*, 1996. 96, p. 119-123.
114. JACOB, F., JÄGER, E.I. és OHMANN, E.: Botanikai kompendium. Budapest: Natura. 1985.

115. JAHNKE G.: Izoenzimek változékonyságának vizsgálata hagyományos magyar kajszibarack fajtáknál. Diplomamunka, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Budapest, Genetikai és Növénynemesítési Tanszék, 1996.
116. JAIN, M. and GADRE, R.: Effect of cadmium on NADH-glutamate dehydrogenase and NADH-glutathione. In: *Indian Journal of Experimental Biology*. 1998. (36) 6, p. 625-627.
117. JÁMBORNÉ BENCZÚR E.: Ipari területek. In: *A kert élő díszei. A növényalkalmazás tudománya*. Szerk.: SCHMIDT G., Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 1988, p. 161-169.
118. JANICK, J. and SIMON, J.E.: New Crops. Purdue University, Wiley, 1993., p. 669-670.
119. JENTSCHKE, G., WINTER, S. and GODBOLD, D.L.: Ectomycorrhizas and cadmium toxicity in Norway spruce seedlings. In: *Tree Physiology*. 1999. (19) 1, p. 23-30.
120. JOYEUX, M., LOBSTEIN, A., ANTON, R. and MORTIER, F.: Comparative Antilipoperoxidant, Antinecrotic and Scavenging Properties of Terpenes and Biflavones from *Ginkgo* and some Flavonoids. In: *Planta Medica*. 1995. (61), p. 126-129.
121. KAUSSMANN, B. and SCHIEWER, U.: Funktionelle Morphologie und Anatomie der Pflanzen. Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag, 1989., p. 190.
122. KÁRPÁTI Z., GÖRGÉNYI L. és TERPÓ A.: Kertészeti növénytan. I. kötet. Növényszervezettan. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 1968., p. 187-188.
123. KELLER, T.: The influence of SO_2 on CO_2 uptake and peroxidase activity. In: *European Journal of Forest Pathology*. 1984. (14) 6, p. 354-359.
124. KEREPESI, I., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., PRAZNIK, W. and BOROSS, L.: Carbohydrates im wheat seedlings under heavy metal stress. In: *Proceedings of the 7th International Trace Elements Symposium*, Budapest: University of Horticulture and Food Industry. 1996., p. 275-278.
125. KILLERMANN, B. and LOHR, J.: Einsatz von Isoenzymen in der Sortencharakterisierung und Resistenzzüchtung bei Welschem Weidelgras (*Lolium multiflorum* Lam.). In: *Schule und Beratung. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*. 1999. 4, p. 11-15.
126. KIM, G.T.: Histological changes in *Pinus koraiensis* needles and *Ginkgo biloba* leaves treated with simulated acid rain, drought and salt solution. In: *J. Korean Forestry Society*, 1986. 73, p. 55-62.
127. KOCZKA N.: A ginkgófa (*Ginkgo biloba* L.) biológiája és felhasználása. Diplomamunka. Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Trópusi és Szubtrópusi Mezőgazdasági Tanszék, 1995.
128. KOCZKA N. és STEFANOVITSNÉ BÁNYAI É.: A ginkgófa (*Ginkgo biloba* L.) felhasználása. In: *Olaj, Szappan, Kozmetika*. 1999. (48) 1, p. 14-16.
129. KOCZKA, N., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., DIMÉNY, J. and ORLÓCI, L.: Salt tolerance of *Ginkgo biloba* L. In: *Proceedings of the 12th FESSP Congress, Budapest.* 2000., p. 194.

130. KOMAROVA, V.N. and ZAMYATNIN, B.N.: *Ginkgo biloba* at the limits of its possible cultivation in the open. In: *Byulleten' Glavnogo Botanicheskogo Sada*, 1990. 158, p. 33-35.
131. KONG, X.S., GUO, X.P. and ZHANG, M.X.: Effects of cadmium stress on the growth and physiochemistry of maize seedlings. In: *Journal of Huazhong Agricultural University*. 1999. (18) 2, p. 111-113.
132. KONG, X.S., GUO, X.P. and ZHANG, M.X.: Effects of cadmium and zinc on ectomycorrhizal colonization of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from soil inoculum. In: *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2000. (19) 3, p. 694-699.
133. KORCAK, R.F.: Cadmium distribution in field-grown fruit trees. In: *Journal of Environmental Quality*, 1989. 18 (4), p. 519-522.
134. KOZHEVNIKOVA, N.N., SUDACHKOVA, N.E., KHLEBOPROS, R.G. and CHERKASHIN, V.P.: Rhythms of peroxidase activity in tissues of Scotch pine needles. In: *Soviet Plant Physiology*. 1984. (31) 4, p. 527-534.
135. KRUPA, Z. and BASZYNSKI, T.: Some aspects of heavy metals toxicity towards photosynthetic apparatus - direct and indirect effects on light and dark reactions.In: *Acta Physiologiae Plantarum*. 1995. (17) , p. 177-190.
136. KRUPA, Z., SKORZYNSKA, E., MAKSYMIEC, W. and BASZYNSKI, T.: Effect of cadmium treatment on the photosynthetic apparatus and its photochemical activities in greening radish seedlings. In: *Photosynthetica*. 1987. (21) 2, p. 156-164.
137. KRUPA, Z., OQUIST,G. and HUNER, P.: The influence of cadmium on primary photosystem II photochemistry in bean as revealed by chlorophyll a fluorescence - a preliminary study. In: *Acta Physiologiae Plantarum*. 1992. (14) 2, p. 71-76.
138. KRÜSSMANN, G.: Handbuch der Nadelgehölze. Berlin, Hamburg: Verlag Paul Parey. 1983., p. 130-131.
139. LAURAIN, D., CHÉNIEUX, J.C. and TRÉMOUILLAUX-GUILLER, J.: Direct embryogenesis from female haploid protoplasts of *Gingko biloba* L., a medicinal woody species. In: *Plant Cell Reports*. 1993. 12, p. 656-660.
140. LAURAIN, D., TRÉMOUILLAUX-GUILLER, J. and CHÉNIEUX, J.C.: Embryogenesis from microspores of *Gingko biloba* L., a medicinal woody species. In: *Plant Cell Reports*. 1993. 12, p. 501-505.
141. LAURAIN, D., CHÉNIEUX, J.C. and TRÉMOUILLAUX-GUILLER, J.: Somatic embryogenesis from immature zygotic embryos of *Gingko biloba*. In: *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 1996. 44, p. 19-24.
142. LÁNG F.: Növényélettan. A növényi anyagcsere. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó. 1998.
143. LEIST, N.: Nachprüfung der Echtheit von Art und Sorte mittels Elektrophorese – Zielstellungen beim Bundessortenamt sowie in der Saatgutuntersuchung. In: *Bericht über die 47. Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter*. 1996., p. 51-57.
144. LEPP, N. W. Effect of Heavy Metal Pollution on Plants Vol. 2. London: Applied Science Publisher, 1981.

145. LESKÓ K.: A búzanövények aminosav, poliamin tartalmának és peroxidáz enzim aktivitásának változásai nehézfém stressz hatására. Diplomamunka. Budapesti Műszaki és Gazdasági Egyetem, Biokémiai és Élelmiszertechnológiai Tanszék. 2001.
146. LESKÓ, K., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., PAIS, I. and SIMON-SARKADI, L.: Change of free amino acids and peroxidase activity by cadmium and titanium ascorbate treatments on wheat seedlings. In: *Proceedings of the 9th International Trace Elements Symposium*, Budapest: University of Horticulture and Food Industry. 2001., p. 173-181.
147. LI, Y., WANG, H.X. and WU, Y.S.: Effects of cadmium and iron, and their complex pollution on some physiological indicators in tobacco leaves. In: *Acta Ecologica Sinica*, 1992., 12 (2), p. 147-154.
148. LI, G.P., YANG, L.S. and WU, J.C.: Study of cutting propagation techniques for ginkgo trees. In: *South China Fruits*, 1998. (27) 1, p. 44.
149. LIANG, N., MARUYAMA, K. and HUANG, Y.: Interactions of elevated CO_2 and drought stress in gas exchange and water-use efficiency in three temperate deciduous tree species. In: *Photosynthetica*, 1995. (31) 4, 529-539.
150. LIAO, X.R., HE, P.C. and ZHU, X.C.: Effect of zeatin on H_2O_2 scavenging system of *Vitis vulpina* leaf disks under salt stress. In: *Acta Botanica Sinica*. 1997. (39) 7, p. 641-646.
151. LOHR, J.: Untersuchungen zum Einsatz von Isoenzymen in der Sortencharakterisierung und markergestützten Selektion bei *Lolium multiflorum* Lam. Mittels Elektrophoresentechniken. Diplomarbeit, Fachhochschule Weihenstephan, Fachbereich Land- und Ernährungswirtschaft, Studiengang Landwirtschaft, 1998.
152. LOPEZ, F. VANSUYT, G., CASSE-DELBART, F. and FOURCROY, P.: Ascorbate peroxidase activity, not the mRNA level, is enhanced in salt-stressed *Raphanus sativus* plants. In: *Physiologia Plantarum*. 1996. (97) 1, p. 13-20.
153. LÖTSCHERT, W.: *Ginkgo biloba*. In: *Natur und Museum*, 1975. (105) 11, p. 325-334.
154. LUKASZEWSKI, Z., SIWECKI, R., OPYDO, J. and ZEMBRZUSKI, W.: The effect of industrial pollution on copper lead, zinc and cadmium concentration in xylem rings of resistant (Populus ‘Marilandica) and sensitive (P. balsamifera) species of poplar. In: *Trees: Structure and Function*. 1993. (7) 3, p. 169-174.
155. LÜTTGE, U., KLUGE, M. and BAUER, G.: Botanik. 2. kiadás, Weinheim, New York, Basel Cambridge, Tokyo: VCH Verlag, 1994., p. 406.
156. MA, K., WANG, L.J., WANG, Y.L. and JIANG, W.B.: Study on the sysmptoms of salt-injury and the tolerance of fruit trees. In: *Journal of Fruit Science*. 1997. (14) 1, p. 1-5.
157. MANDAL, M.P. and SINGH, R.A.: Effect of salt stress on amylase, peroxidase and protease activity in rice (*Oryza sativa* L.). In: *Indian Journal of Plant Physiology*. 2000. (5) 2, p. 183-185.

158. MARCOCCI, L., PACKER, L., DROY-LEFAIX, M.T., SEKAKI, A. and GARDES-ALBERT, M.: Antioxidant Action of Ginkgo biloba Extract EGb 761. In: Methods in Enzymology. 1994. 234, p. 462-475.
159. MARTENSEN, H.O. and PROBST, W.: Farn- und Samenpflanzen in Europa. Stuttgart, New York, Gustav Fischer Verlag. 1990., p. 89-90.
160. MATSCHKE, J.: Peroxydase – ein Marker in der Forstpflanzenzüchtung. In: *Beiträge für die Forstwirtschaft*. 1985. (19) 4, p. 166-173.
161. McCLINTIC, D.: Medicine-tree farm. In: *The Furrow*. 1991.
162. McCLINTOCK, E.: Ginkgo, the Maidenhair Tree. In: *Pacific Horticulture*. San Francisco, California: Pacific Horticultural Foundation. 1989. (50) 3, p. 15-17.
163. McMILLIN, D. E.: Plant izozymes. A historical perspective. In: *Izozymes in plant genetics and breading.* Part A. Szerk.: TANKSLEY, S.D. and ORTON, T.J., Amsterdam: Elsevier Sci. Publ., 1983. p. 3-23.
164. MELZHEIMER, V.: *Ginkgo biloba* aus Sicht der systematischen und angewandten Botanik. In: *Pharmazie in unserer Zeit*. 1992. 21(5), p. 206-214.
165. MICHEL, P.F.: *Ginkgo biloba* - Ein Baum besiegt die Zeit. Ettlingen: Institut für pharmazeutische und klinische Forschung, 1986.
166. MICHEL, P.F. and HOSFORD, D.: *Ginkgo biloba*: From living fossil to modern therapeutic agent. In: *Ginkgolides - Chemistry, Biology, Pharmacology and Chemical Perspectives*. Vol. 1., Szerk.: BRAQUET, P., Barcelona: Prous Science Publisher, 1988, p. 1-8.
167. MITCHELL, R.J., GARRETT, H.E., COX, G.S. and ATALAY, A.: Boron and ectomycorrhizal influences on indole-3-acetic acid levels and indole-3-acetic acid oxidase and peroxidase activities of *Pinus echinata* Mill. roots. In: *Tree Physiology*. 1986. (1) 1, p. 1-8.
168. MIYOSHI, N.: Merkwürdige *Ginkgo biloba* in Japan. In: *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft*. 1931. 43, p. 21-22.
169. MURATA, M., IRIE, J. and HOMMA, S.: Inhibition of lipid synthesis of bacteria, yeast and animal cells by anacardic acids, glycerol-3-phosphate dehydrogenase inhibitors from ginkgo. In: *Lebensmittel – Wissenschaft and Technologie*. 1997. (30) 5, p. 458-463.
170. MSZ 6354-3:1991 Vetőmag-vizsgálati módszerek.
171. MSZ 13385-1:1992 Erdészeti, gyümölcs- és díszfaiskolai vetőmagvak. Minőségi követelmények.
172. MSZ 13385-2:1992 Erdészeti, gyümölcs- és díszfaiskolai vetőmagvak. Fémzárolás, minősítés és tárolás.
173. NAGOOR, S. and VYAS, A.A.: Physiological and biochemical responses of cereal seedlings to graded levels of heavy metals: IV. Effects of cadmium and mercury on protein metabolism in wheat seedlings. In: *Indian J. Environment and Toxicology*. 1998. (8) 2, p. 50-55.
174. NAGY B (Szerk.): Díszfák, díszcserjék termesztése és felhasználása. Kertészeti dendrológia. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 1980.
175. NANDRIS, D., CHRESTIN, H., NOIROT, M., NICOLE, M., THOUVENEL, J.C. and GEIGER, J.P.: Phloem necrosis of the trunk of rubber trees in the Ivory

Coast: I. Symptomatology and biochemical characteristics. In: *European Journal of Forest Pathology*. 1991. (21) 6-7, p. 325-339.
176. NEUMANN, D., LICHTENBERGER, O., GÜNTHER, D., TSCHIERSCH, K. and NOVER, L.: Heat shock proteins induce heavy metal tolerance in higher plants. In: *Planta*. 1994. 194, 360-367.
177. NOVER, L.: Heavy metal stress. In: *Heat shock and other stress response system of plants*. Szerk.: NOVER, A., NEUMANN, D. and SCHAFF, K., New York: Springer-Verlag. 1989.
178. NYMAN, B.F.: Industrial air pollution and peroxidase activity in Scots pine needles – two case studies. In: *European Journal of Forest Pathology*. 1986. (16) 3, p. 139-147.
179. OBERPICHLER-SCHWENK, H. and KRIEGLSTEIN, J.: Pharmakologische Wirkungen von Ginkgo biloba-Extrakt und –Inhaltsstoffen. In: *Pharmazie in unserer Zeit*. 1992 (21) 5, p. 224-235.
180. OKINAKA, T. and SUGAHARA, M.: A study on the salt tolerance of landscape trees using the amount of chloride penetrating the leaves as an indicator. In: *Technical Bulletin, Faculty of Horticulture, Chiba University*. 1986. 38, p. 93-101.
181. OLIVEIRA, J.A., OLIVA, M.A. and CAMBRAIA, J.: Effects of cadmium on chlorophyll contents and on peroxidase activity in soybean. In: *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 1994. (6) 2, p. 97-101.
182. ORLÓCI L.: Páfrányfenyő (*Ginkgo biloba* L.) fajtaismertető. Budapest: Orlóci L., 2000.
183. PAIS I.: The biological importance of titanium (special issue of titanium and plant response). In: *J. Plant Nutrition.* 1983. 6, p. 3-131.
184. PAIS I.: A mikroelemek jelntősége az életben. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 1999., p. 88-91.
185. PAPAGEORGOIU, A.C., BERGMAN, F., GILLET, E and HATTEMER, H.H.: Genetic Analysis of Isozyme Variation in Mediterranean Cypress (*Cupressus sempervirens* L.) In: Silvae Genetica. 1993. (42) 2-3, p. 109-111.
186. PARLIMENT, T.H.: Characterization of the Putrid Aroma Compounds of Ginkgo biloba Fruits. In: *American Chemical Society Symposium Series Washington*. 1995. 596, p. 276-279.
187. PATTERSON, B.A. and PAYNE, L.A.: Zymograms of plant extracts using isoelectris focusing on ultra thin layers. In: *Acta Horticulturae*. 1989. 247, p. 163-169.
188. PERRY, L.M.: Medicinal Plants od East and Southeast Asia: Attributed Properties and Uses. Cambridge: M.I.T. Press, 1984., p. 160.
189. PETRI G., NYIREDINÉ MIKITA K. és NYIREDI SZ.: Gyógynövények korszerű terápiás alkalmazása. Budapest: Medicina, 1989., p. 143-144.
190. PIQUERAS, A., HERNANDEZ, J.A., OLMOS, E., HELLIN, E. and SEVILLA, F.: Changes in antioxidant enzymes and organic solutes associated with adaptation of citrus cells to salt stress. In: *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 1996. (45) 1, p. 53-60.

191. POLACSEKNÉ RÁCZ M.: Glükóz-6-foszfát izomeráz. In: *Enzimes analízis*. Szerk.: SZABOLCSI G., Budapest: Akadémiai Kiadó, 1991., p. 389-392.
192. POPPR, J. and HOLA, Z.: Identification of potato varieties by means of isoelectric focusing. In: *Rostlinna-Vyroba*. 1993. (39) 11, p. 1057-1064.
193. PORTERFIELD, W.: Chinese vegetable foods in New York. XI. Seeds of the ginkgo. In*: N.Y. Bot. Garden J*. 1940. 41, p. 185-188.
194. PROBOCSKAI E.: Faiskola. Gyümölcsfák, díszfák, díszcserjék, évelő virágok szaporítása és nevelése. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 2. kiadás, 1969.
195. PUCCINELLI, P., ANSELMI, N., BRAGALONI, M. and PAOLETTI, E.: Peroxidases: usable markers of air pollution in trees from urban environments. In: *Chemosphere*. 1998. (36) 4-5, p. 889-894.
196. QUIAN, J.Al., KE, S.Z., HUANG, J.S. and XIANG, C.X.: Correlation between chemical elements contents in tree rings ans soils. In: *Pedosphere*. 1993. (3) 4, p. 309-319.
197. RAKWAL, R., TOMOGAMI, S. and KODAMA, O.: Role of jasmonic acid as a signalling molecule in copper chloride-elicited rice phytoalexin production. In: *Bioscience Biotechnology, Biochemistry*. 1996. 60, p. 1046-1048.
198. RAMSHAW, H.A., COYNE, J.A. and LEWONTIN, R.C.: The sensitivity of gel electrophoresis as a detector of genetic variation. In: *Genetics*. 1979. (93), p. 1019-1037.
199. RAY, W.J. and PECK, E.J.: Phosphoglucomutase. In: *The Enzymes.* Vol. 6., Szerk.: BOYER, P.D., New York, London: Academic Press, 1972., p. 407-458.
200. RÁCZ G., RÁCZ-KOTILLA E. és SZABÓ L.GY.: Gyógynövényismeret – a fitoterápia alapjai. Budapest: Sanitas, 1992., p. 207-208.
201. ROTHE, G.M.: Electrophoresis of enzymes. Laboratory methods. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
202. ROITTO, M., AHONEN-JONNARTH, U., LAMPPU, J. and HUTTUNEN, S.: Apoplastic and total peroxidase activities in Scots pine needles at subarctic polluted sites. In: *European Journal of Forest Pathology*. 1999. (29) 6, p. 399-410.
203. ROUT, G.R., SAMANTARAY, S. and DAS, P.: Differential cadmium tolerance of mung bean and rice genotypes in hydroponic culture. In: *Acta Agriculturae Scandinavica, Section Soil and Plant Science*. 2000. (49) 4, p. 234-241.
204. ROXAS, V.P., SMITH, R.K., ALLEN, E.R. and ALLEN, R.D.: Overexpression of glutathione S-transferase/glutathione peroxidase enhances the growth of transgenic tobacco seedlings during stress. In: *Nature Biotechnology*. 1997. (15) 10, p. 988-991.
205. RYAZANTSEVA, L.A., FEDCHENKO, A. and PAVES, H.: Physiological and biochemical properties of clones of larch and their progeny. In: *Metsanduslikud Uurimused, Estonian SSR*. 1989. 23, p. 65-73.
206. SAHOO, S.K. ans SAHU, A.C.: Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activities during attached rice leaf senescence under NaCl-stress. In: *Acta Botanica Hungarica*. 1993. (38) 1-4, p. 411-419.

207. SAHU, A.C. and MISHRA, D.: Changes in some enzyme activities during excised rice leaf senescence under NaCl-stress. In: *Biochemie and Physiologie der Pflanzen*. 1987. (182) 6, p. 501-505.
208. SANTAMOUR, F.S., HE, S. and EWERT, T.E.: Growth, Survival and Sex Expression in *Ginkgo*. In: *Journal Arboriculture*. 1983a. (9) 6, p. 170-171.
209. SANTAMOUR, F.S., HE, S. and McARDLE, A.J.: Cheklist of cultivated ginkgo. In: *Journal Arboriculture*. 1983b. (9) 3, p. 88-92.
210. SCHAUMLÖFFEL, J.C., FILBY, R.H. and MOORE, B.C.: Ponderosa pine tree rings as historical monitors of zinc and cadmium pollution. In: *Journal of Environmental Quality*. 1998. (27) 4, p. 851-859.
211. SCHEINERT, P.: Elektrophoresesysteme für Nucleinsäuren und Gelfärbemethoden. In: BioTec. 1996. 3, p. 47-49.
212. SCHERF, G.: Die Kraft der Heilpflanzen. Ginkgo. München: Deutscher Taschenbuch Verlag. 1998.
213. SCHERMANN SZ.: Magismeret I. kötet, Budapest: Akadémiai Kiadó, 1966., p. 608.
214. SCHICKLER, H. and CASPI, H.: Response of antioxidative enzymes to nickel and cadmium stress in hyperaccumulator plants of the genus *Alyssum*. In: *Physiologia Plantarum*. 1999. (105) 1, p. 39-44.
215. SCHILCHER, H.: *Ginkgo biloba* L. Untersuchungen zur Qualität, Wirkung, Wirksamkeit und Unbedenklichkeit. In: *Zeitschrift für Phytotherapie.* 1988. 9, p. 119-127.
216. SCHMID, M. and SCHMOLL, H.: Ginkgo. Urbaum und Arzneipflanze. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlaggesellschaft, 1994.
217. SCHMIDT G.: Az anyanövény életkora, a hajtás juvenilis jellege és a dugványok gyökeresedése közötti összefüggések vizsgálata a Cupressaceae családban. In: *Új Kertgazdaság*. 1995. (1) 1-2, p. 32-39.
218. SCHMIDT G. (Szerk.): Díszfaiskola. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 1996.
219. SCHMIDT G., BATIZ E., JÁMBORNÉ BENCZÚR E., IFJÚ Z., KOMISZÁR L., NAGY T. és VÉGVÁRINÉ KOTHENCZ ZSUZSANNA: Stressztűrő és városstűrő fák szelekciós nemesítése a SZIE Kertészettudományi Kar Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszékén. In: *Lippay J. és Vas K. Tudományos Ülésszak Előadásainak és Posztereinek Összefoglalói*. 2000., p. 98-99.
220. SCHNEIDER, G.: Arzneidrogen. Ein Kompendium für Pharmazeuten, Biologen und Chemiker. Mannheim, Wien, Zürich: B.I. Wissenschaftsverlag, 1990., p. 123-124.
221. SCHUBERT, R. (Szerk.): Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. 2. kiadás, Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991.
222. SCHULTZ, R. and LAMERSDORF, N.: Schwermetallverteilung in einem Fichtenwaldökosystem im Solling. In: *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*. 1989. 17, p. 543-547.

223. SCHULTZE-MOTEL, J.: Gymnospermae. In: *Die große farbige Enzyklopädie Urania Pflanzenreich*. Szerk.: FUKAREK, F., 1. kiadás, Leipzig, Jena, Berlin: Urania-Verlag. 1992., p. 278-284.
224. SCHÜTT, P., LANG, K.J. and SCHUCK, H.J.: Nadelhölzer in Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1984., p. 19-21.
225. SCIENZA, A., VILLA, P. TEDESCO, G., PARINI, L., ETTORI, C., MAGENES, S. and GIANAZZA, E.: A chemotaxonomic investigation on *Vitis vinifera* L. II. Comparison among *ssp. sativa* traditional cultivars and wild biotypes of *ssp. silvestris* from various Italian regions. In: *Vitis*. 1994. (33) 4, p. 217-224.
226. SEHMER, Al., ALAOUI-SOSSE, B. and DIZENGREMEL, P.: Effect of salt stress on growth and on the detoxiying pathway of pedunculate oak seedlings (*Quercus robur* L.). In: *Journal of Plant Physiology*. 1995. (147) 1, p. 144-151.
227. SEKIYA, J., KAJIWARA, T., MUNECHIKA, K. and HATANAKA, A.: Distribution of lipoxygenase and hydroperoxide lyase in the leaves of various plant species. In: *Phytochemistry*. 1983. (22) 9, p. 1867-1869.
228. SENGBUSCH, P.: Botanik. Hamburg: McGraw-Hill Book Company, 1989.
229. SERRANO, L.M. and BARCELO, R.A.: Effect of metal ions on peroxidase activity from grapevine cells. In: *Plant Physiology and Biochemistry*. 1996. (34) 6, p. 827-832.
230. SHEN, Z.G., ZHANG, F.Q. and ZHANG, F.S.: Toxicity of copper and zinc in seedling mung bean and inducing accumulation of polyamine. In: *J. Plant Nutrition*. 1998. (21) 6, p. 1153-1162.
231. SHEN, X.Q., SHEN, L.M., WANG, X.Q. and LING, S.G.: A preliminary report the propagation by shoot cuttings of *Ginkgo biloba* L. in clay pots. In: *Journal of Jiangshu Forestry Science and Technology*. 1999. (26) 1, p. 32-34.
232. SHEOKAND, S., DHANDI, S. and SWARAJ, K.: Studies on nodule functioning and hydrogen peroxide scavenging enzymes under salt stress in chickpea nodules. In: *Plant Physiology and Biochemistry, Paris*. 1995. (33) 5, p. 561-566.
233. SHEORAN, I.S. and GARG, O.P.: Quantitative and qualitative changes in peroxidase during germination of mung bean under salt stress. In: *Physiologia Plantarum*. 1979. (46) 2, p. 147-150.
234. SHEU, B.H.: Effects of sulfur dioxide on growth, photosynthesis and enzyme activities of Chinese guger-tree seedlings. In: *Environmental Pollution*. 1994. (86) 3, p. 349-354.
235. SHEVYAKOVA, N.I.: Metabolism and physiological role of proline in plants under conditions of water an salt stress. In: *Sov. Plant Physiology*. 1984. 31, p. 597-608.
236. SIEDLECKA, A. and KRUPA, Z.: Cd/Fe interaction in higher plants – its consequences for the photosynthetic apparatus. In: *Photosynthetica*. 1999. (36) 3, p. 321-331.
237. SITTE, P., ZIEGLER, H., EHRENDORFER, F. and BRESINSKY, A.: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 34. kiadás, Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1998., p. 360.

238. SMITH, T.A.: Polyamine. In: *Annual Review Plant Physiology*. 1985. 36, p. 117-143.
239. SOKAL, R.R. and ROHLF, F.J.: Biometry: the Priciples and Practice of Statistics in Biological Research. New York: W.H. Freeman, 1995.
240. SOMESSHKARAIAH, B., PADMAJA, K. and PRASAD, A.: Phytotoxicity of cadmium on germinating seedlings of mung bean (*Phaseolus vulgaris*): involvement of lipid peroxides in chlorophyll degradation. In: *Physiol. Plantarum*. 1992. 85, p. 45.
241. SPONBERG, S. A.: Korean Adventure. In: *Arnoldia*. 1978. 38 (4), p. 133-152.
242. SREENIVASULU, N., RAMANJULU, S., RAMACHANDRA-KINI, K., PRAKASH, H.S., SHEKAR-SHETTY, H., SAVITHRI, H.S. and SUDHAKAR, C.: Total peroxidase activity and peroxidase isoforms as modified by salt stress in two cultivars of fox-tail millet with differential salt tolerance. In: *Plant Science Limerick.* 1999. (141) 1, p. 1-9.
243. STADTMAN, E. R.: Glutamate dehydrogenase. In: *Advanted Enzymology*. 1966. 28, p. 139.
244. STAMPAR, F. and SMOLE, J.: Identification of apple and sweet cherry cultivars, pearch hybrids and apricot ecotypes by isozyme phenotyping. In: *Acta Horticulturae*. 1992. 317, p. 155-161.
245. STEFANOVITS-BÁNYAI, É., KEREPESI, I., SÁRDI, É. and PAIS, I.: Effect of cadmium and titan-ascorbate treatments on hydroponically-grown wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. In: *Proceedings of the 18th Workshop, Jena*, 1998., p. 267-276.
246. STEFANOVITS-BÁNYAI, É., LAKATOS, S., KEREPESI, I., KISS, M. and BALOGH, I.: Esterase and peroxidase isozyme patterns of some *Vitis vinifera* species from Hungarian area. In: *Proceedings of the 23rd Congres de la Vigne et du Vin, Lisbonne*, 1998., p. 17-22.
247. STEFANOVITS-BÁNYAI, É., BOROSS, L., BERNÁTH, J., KEREPESI, I., KISS, M. and LAKATOS, S.: Identification of plant taxons by isoelectric focusing. In: *Horticultural Science, Budapest*. 1999. (5) 1-2, p. 65-67.
248. STEGEMANN, H.: Discrimination among Intraspecific Taxa using Electrophoretic Data. Proteins and Nuclein Acids. In: *Plant Systematics.* Szerk.: JENSEN, U. and FAIRBROTHERS, D.E., Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, 1983., p. 124-128.
249. STICHER, O.: Ginkgo biloba – Analytik und Zubereitungsformen. In: *Pharmazie in unserer Zeit*. 1992 (21) 6, p. 253-265.
250. STICHER, O., HASLER, A. and MEIER, B.: Ginkgo biloba – Eine Standortbestimmung. In: *Deutsche Apotheker Zeitung*. 1991. (131) 36, p. 1827-1835.
251. SUBA, J.: Növényélettani gyakorlatok. Budapest: Tankönyviadó, 1978.
252. SUPUKA, J.: Multifactorial effects of the urban environment on the flow and cumulation of some allocthonous substances on the example of *Betula pendula* Roth. In: *Ekologia Bratislava*. 1993. 12 (2), p. 199-214.

253. SVÁB J.: Biometriai módszerek a kutatásban. 3. kiadás, Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 1981.
254. SWARAJ, K., DHANDI, S. and SHEOKAND, S.: Nodule functioning and recovery under salt stress in pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp.). In: *Journal of Plant Biology*. 2000. (27) 1, p. 19-26.
255. SYARGEICHYK, S.A. and SYARGEICHYK, A.A.: Ecological-physiological diagnosis of the assimilation apparatus of Scots pine in various zones of industrial pollution in the western regions of Belarus. In*: Vestsi Akademii Navuk Belarusi. Serya Biyalagichnykh Navuk*. 1994. 2, p. 9-15.
256. SYKOROVA, S.: Electrophoretic patterns of esterases and acid phosphatases in the grain of registered varieties of barley (*Hordeum vulgare* L.). In: *Genetika a Slechteni*. 1995. (31) 2, p. 113-122.
257. SZABOLCSI G. (Szerk.): Enzimes analízis. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1991.
258. SZABÓ L. és KOCZKA N.: A ginkgófa. Élet és Tudomány. Budapest. 1999. (54) 38, p. 1193-1195.
259. SZŰCS L.: A növénykedvelő kislexikona. Budapest: Gondolat Kiadó, 1977., p. 285-286.
260. TAHLIL, N., RADA, A., BAAZIZ, M., MOREL, J.Al., EL-MERAY, M. and EL-AATMANI, M.: Quantitative and qualitative changes in peroxidase of *Cucurbita pepo* cultivars stressed with heavy metals. In: *Biologia Plantarum*. 1999. 42 (1), p. 75-80.
261. TANKSLEY, S.D. and ORTON, T.J. (Szerk.): Isozymes in Plant Genetics and Breeding, Part A. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1983., p. 469-515.
262. TANSKLEY, S.D. and RICK, C.M.: Isozymic gene linkage map of the tomato: applications in genetics and breeding. In: *Theor. Appl. Genet*., 1980. 57, p. 161-170.
263. TERPÓ A. (Szerk.): Növényrendszertan az ökonómbotanika alapjaival. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 1987., p. 378.
264. TOMMAI, F., PACIOLLA, C. and ARRIGONI, O.: The ascorbate system in recalcitrant and orthodox seeds. In: Physiologia Plantarum. 1999. (105) 2, p. 193-198.
265. TOWNSEND, A.M.: Effect of sodium chloride on tree seedlings in two potting media. In: *Environmental Pollution*. 1984. (34) 4, p. 333-344.
266. TRÉMOUILLAUX-GUILLER, J., LAURAIN, D. and CHÉNIEUX, J.C.: Direct Embryogenesis in protoplasts of *Gingko biloba* (Maidenhair Tree). In: *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. 1996. 38, p. 33-47.
267. TRÉMOUILLAUX-GUILLER, J., LAURAIN, D. and CHÉNIEUX, J.C.: Microspore and protoplast culture in *Gingko biloba*. In: *In Vitro Haploid Production in Higher Plants*. Szerk.: JAIN, S.M., SOPORY, S.K. and VEILLEUX, R.E., Vol. 3., Netherlands: Kluwer Academic Press, 1996., p. 277-295.
268. TSUGANE, K., KOBAYASHI, K., NIWA, Y., OHBA, Y., WADA, K. and KOBAYASHI, H.: A recessive Arabidopsis mutant that groes

photoautotrophically under salt stress shows anhanced active oxygen detoxification. In: *Plant Cell*. 1999. (11) 7, p. 1195-1206.
269. TSUMURA, Y., TSUBURAYA, H. and OHBA, K.: Inheritance of Isozyme Variations of Megagametophytes in *Ginkgo biloba*. In: *Journal of the Japanese Forestry Society*. 1987. 69, p. 386-390.
270. TSUMURA, Y., MOTOIKE, H. and OHBA, K.: Allozyme variation of old *Ginkgo biloba* memorial trees in western Japan. In: *Canadian Journal Forestry Research*. 1992. 22, p. 939-944.
271. TSUMURA, Y. and OHBA, K.: The genetic Diversity of Isozymes and the Possible Dissemination of *Ginkgo biloba* in Ancient Times in Japan. In: *Ginkgo biloba - A Global Treasure*. Szerk.: HORI, T. et al., Tokyo: Springer Verlag, 1997., p. 159-172.
272. TZIVELEKA, L., KALDIS, A., HEGEDŰS, A., KISSIMON, J., PROMBONA, A., HORVÁTH, G. and ARGYROUDI-AKOYUNOGLU, J.: The effect of Cd on chlorophyll and light-harvesting complex II biosynthesis in greening plants. In: *Zeitschrift für Naturforschung*. Section C,-Biosciences. 1999. (54) 9-10, p. 740-745.
273. UMBACH, D.M. and DAVIS, D.D.: Severity and Frequency of SO_2-Induced Leaf Necrosis on Seedlings of 57 Tree Species. In: *Forest Science*. 1984. (30) 3, p. 587-596.
274. VALLEJOS, C. E.: Enzyme activity staining. In: *Izozymes in plant genetics and breading.* Part A. Szerk.: TANKSLEY, S.D. and ORTON, T.J., Amsterdam: Elsevier Sci. Publ., 1983., p. 469-516.
275. VARGHA A. és CZIGLER B.: A MiniStat statisztikai programcsomag 3.2 verzió. Budapest: Pólya Kiadó, 1999.
276. VINA, J., PALLARDÓ, F.V., SASTRE, J. and ASENSI, M.: Plant antioxidants protect against age-associated oxidative stress and improve motor physiological performance in aging. In: *Proceedings of the Winter Meeting 1998 of the Society for Free Radical Research (European Region). Oxygen, free radicals and oxidative stress in plants*. Granada, Spain. 1998, p. 17.
277. WANG, Z.Al., LIU, X.Z. and WANG, Z.X.: Physiological studies on salt-tolerance in rice. II. Changes in plasmalemma permeability and its relation with membrane lipid peroxidation in leaves under salt stress. In: *Journal of Agricultural Sciences, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences*. 1987. (3) 2, p. 1-9.
278. WANG, D.M., ZHOU, J.H., ZHU, X.L. and WANG, J.: Changes of total protein and the activities of peroxidase and catalase in Cd-poisoning rice shoots. In: *Soils*. 2000. (32) 3, p. 125-129.
279. WEINSTEIN, L.H., KAUR-SAWHNEY, R., RAJAM, M.V., WETTLAUFER, S.H. and GALSTON, A.W.: Cadmium-induced accumulation of putrescine in oat and bean leaves. In: *Plant Physiology*. 1986. 82, p. 641-645.
280. WICHTL, M.: Teedrogen und Phytopharmaka. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlaggesellschaft, 1997., p. 257-260.

281. WILLEITNER, H. and CHEN, Y.: Laborversuche zur Fixierung eines CKA-Salzes in Ginkgo, Kiefer, Buche und Bambus. In: *Holz als Roh- und Werkstoff*. 1985. (43) 11, p. 451-454.
282. WOLLGIEHN, R. and NEUMANN, D.: Metal stress response and tolerance of cultured cells from *Silene vulgaris* and *Lycopersicon peruvianum*: role of heat stress proteins. In: *Journal of Plant Physiology*. 1999. 154, p. 547-553.
283. WU, J.Y., CHENG, P.L. and TANG, S.J.: Isozyme analysis of the gnetic variation of *Ginkgo biloba* L. population in Tian-Mu mountain. In: *Journal of Plant Resources and Environment*. 1992. (1) 2, p. 20-23.
284. XIA, R. X.: Sex differentiation and its identification at early stages of growth in fruit trees. In: *Journal of Fruit Science*. 1997. (14) 1, p. 52-56.
285. YADAV, V.K. and YADAV, N.: Influence of cadmium on germination, seedling growth and biochemical traits of wheat. In: *Plant Physiology and Biochemistry*, New Delhi. 1995. 22 (1), p. 74-77.
286. YAMANOUCHI, M., ASAKURA, K. and NAGAI, T.: The effects of supplies wieh excess and/or lack of several elements on the peroxidase activity in blades of rice plants. In: *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Tottori University, Japan*. 1987. 40, p. 31-38.
287. YOUNG, N.D. and GALSTON, A.W.: Putrescin and acid stress. In: *Plant Physiology*. 1983. 71, p. 767-771.
288. ZHANG, Y.H., SIMEONE, A.M. and CAPPELLINI, P.: Ethylene evolution from stone fruit leaves induced by PPV. In: *Italus Hortus*. 2000. (7) 2, p. 3-6.
289. ZHONG, H.W., YANG, Z.H., ZHU, G.L. and CAO, Z.X.: Peroxidase isozyme pattern as a biochemical test to distinguish the sex of individual plants in Ginkgo biloba L. . In: *Scientia Silvae Sinicae*. 1982. (18) 1, p. 1-5.
290. ZHOU, X., MINOCHA, R. and MINOCHA, S.C.: Physiological responses of suspension cultures of *Catharanthus roseus* to aluminium: Changes in polyamines and inorganic ions. In: *Plant Physiology*. 1995. 145, p. 277-284.
291. ZICK: Weibliche Ginkgos in Westdeutschland. In: *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft*. 1936. 48, p. 266.
292. ZOLLER, H.: Pteridophyta, Spermatophyta I. Berlin: Springer Verlag, 1981., p. 18-20.

M2. KIEGÉSZÍTÉS AZ IRODALMI ÁTTEKINTÉSHEZ

M/1. ábra A *Ginkgo biloba* L. hajtásrendszere

M/2. ábra A SZIE Budai Arborétumában található *Ginkgo biloba* L. egyedek

M/4. ábra A SZOTE Szemészeti Klinikája előtt található *Ginkgo biloba* L. egyedek

M/3. ábra Az ELTE Botanikus Kertjében található *Ginkgo biloba* L. egyedek

M/5. ábra München belvárosában utcai sorfaként álló *Ginkgo biloba* L. egyedek

M/1. táblázat A *Gingko biloba* L. dísznövényként hasznosított leggyakoribb fajtái (ORLÓCI, 2000.)

Fajta	Jellemzés
Autumn Gold	Hímivarú. Felálló ágrendszerű, nagyon szabályos ovális koronaalakú forma. Őszi lombszíne az alapfajnál megbízhatóbban és egyöntetűbben sárgul.
Epiphylla (Ohazuki, Ohatsuki, Ohasuki, Ohazaki)	4 m magas, félgömb alakú koronát nevelő nőivarú fajta. Szokatlan megjelenését látszólag a leveleken képződő magja is okozza. Az 1900-as években találták Japánban.
Fastigiata	Oszlop alakú, hímivarú forma. A korona alapja alig szélesebb a felsőbb részeknél. Levelei nagyok.
Lakeview	Hímivarú. Sűrű ágszerkezetű, kúpos, nagyjából piramis alakú fa. Ősszel lombja sötét aranysárgára színeződik E. H. Scanlon 1955-ben a clevelandi Lakeview temetőben találta.
Palo Alto	Az alapfajhoz hasonló, széles, kiterjedt koronájú hímivarú változat. E. H. Scanlon 1955-ben nemesítette az Ohio-beli Clevelandban.
Pendula	Neve megtévesztő, mivel a merev oldalágak nem a klasszikus értelemben csüngők, hanem különböző állásúak lehetnek: vízszintesek, ill. felfelé íveltek is. Lassú növekedésű, idősebb korában leginkább egy kifordított esernyőhöz hasonlít.
Princeton Sentry	Lassú növekedésű, nem teljesen oszlop alakú, nagylevelű változat. A korona alapja mindig szélesebb, mint a csúcsa. Az őszi lombszíne általában sárga. A fajta ivarjellege vitatott.
San José Gold	L. J. Clarke a kaliforniai San José-ban nemesítette 1969-ben. Szabályos ágállású, ovális koronaalakú. Ősszel lombja általában megbízhatóan sárgul.
Santa Cruz (Umbrella, Umbraculifera)	Alacsony, idősebb korban szétterülő koronájú, ami alkalmassá teszi az elektromos vezetékek alá való telepítésre is. Sokáig hímivarúnak tartották, de mára bebizonyosodott, hogy idősebb korban terem, de rendszertelenül és keveset.
Sarotaga	Sűrű, zárt koronája átmenő sudaras, a másodrendű oldalágak felállók. Hímivarú. Hosszú, keskeny levelei mélyen behasítottak. Csüngő leveleivel a legmutatósabb a kompakt változatok között.
Tubeleaf (Tubifolia, Tubiformis, Tubiforme)	Felálló habitusú, nagyon lassú növekedésű, zömök hajtásrendszerű kis fa. A leveleinek többsége tölcsérszerűen összenőtt. A fajta származása ismeretlen.
Variegata (Aureovariegata, Fuiri-Icho)	Nőivarú, tarka (sárga-zöld) levelű, gyenge növekedésű fajta. A növényen egyidőben előfordulhatnak teljesen sárga és zöld levelek is (nem stabil). Származása vitatott.

M/2. táblázat A *Ginkgo biloba* L. magyar fajtái (ORLÓCI, 2000.)

Fajta	**Jellemzés**
Barabitsii (Barabits Dwarf, Barabits Nana, Globus Mini)	1983-ban nemesítette dr. Barabits Elemér Sopronban. Igen lassan növő, széles, tömött formával és többségében fonalas levelekkel rendelkezik. Az anyató 2 méternél kisebb.
Barabits Sztráda (Globus)	Kis méretű, szabályos gömb alakú forma. Levelei az alapfajra jellemzőek. 1983-ban nemesítette dr. Barabits Elemér Sopronban.
Hungaria	Lassú növekedésű, karcsú oszlopos forma. Levelei különbözőek: a tűalaktól az ép formáig minden típus előfordul. Dr. Barabits Elemér szelektálta Sopronban.
Katlan	Felfelé törő, tölcsérszerű koronát nevel. Idősebb korában esernyőszerűen szétnyíló. Hasonlít a ’Santa Cruz’ fajtához. Dr. Barabits Elemér nemesítette Sopronban.
Kitsi	Lassú növekedésű, sűrű ízközű, normál levélalakú változat. Hajtásai szabálytalan álláűsúak és ívesen meghajlók. Neve ts-sel írva helyes, így keleties a hangzása, ami a nemesítő szándéka szerint bonzai termesztésre is determinálja.
Linea	Magvetésből szelektált gyors növekedésű, egyenes sudarat nevelő klón. Elsősorban magastörzsű oltványok alanyaként kiváló. Dr. Barabits Elemér nemesítette Sopronban.
Magyar	Szabályos ágállású, keskeny piramis koronaformájú, határozott átmenő sudárral rendelkező hímivarú fajta. Kiváló alakjával és a fajra is jellemző jó várostűrésével a ’Princeton Sentry’-nél is perspektivikusabb fajta lehet.
Oszlopos Tekeres	Karcsú, felálló ágrendszerű fajta. Levelei keverten szabályosak és fonalasak. Dr. Barabits Elemér nemesítette az 1980-as években.
Pillar (Conica)	Lassú növekedésű, nagyon karcsú formájú rügymutáció. Oldalágai rövidek és zömökek. Dr. Barabits Elemér nemesítette 1983-ban Sopronban.
Pyramis (Pyramidata)	Túlnyomórészt szabálytalan, keskeny levelekkel, ill. tűkkel rendelkező, kicsi piramis alakú fajta. Dr. Barabits Elemér nemesítette Sopronban.
Wiener Walzer	Kisméretű, csüngő hajtásrendszerű fa, vesszői vékonyak. Bécsi fasorból szelektálta dr. Orlóci László. Magyar fajtajelölt.

M/3. táblázat A *Ginkgo biloba* L. magtermesztésre nemesített fajtái (SANTAMOUR et al., 1983b)

Fajta	**Mag jellemzése**
Fushon-Yinxing típusok	**hosszú citrom alak**
Changbing-Fushon	nagynyelű, hosszú citrom
Dafushon	nagy hosszú citrom
Dongtinghuang	legnagyobb mag
Fuzi	Buddha ujja
Ganlan-Fushon	kínai olívához hasonló
Jiafushon	házi, hegyes citrom
Jianchu	hegyes bunkó
Jiangho-Fushon	hegyes tetejű citrom
Jinguo-Fushon	arany gyümölcsű citrom
Luanguo-Fushon	ovális, hosszú citrom
Xiao-Fushon	kis hosszú citrom
Yuandi-Fushon	kerekaljú, hosszú citrom
Zaozi-Fushon	kínai datolyához hasonló
Maling-Yinxing típusok	**csengőforma**
Damaling	nagy csengőforma
Huangpiguo	sárgahéjú mag
Longyan	sárkányszem
Quingpiguo	zöld héjú mag
Ximaling	kis csengőforma
Zhongmaling	közepes csengő
Meihe-Yinxing típusok	**szilvamag alak**
Dameihe	nagy szilvamag
Dayuanzhu	nagy kerek magok
Mianhuaguo	gyapotterméshez hasonló
Nanhuiwuxin	embrió nélküli magok
Suanpanguo	abakuszgolyószerű
Tongziguo	a Tung-fa gyümölcsére hasonlít
Xiaoyuanzhu	kis kerek magok
Ximeihe	kis szilvafa
Yapiguyuanzhu	kacsafar

M/3. STATISZTIKAI TÁBLÁZATOK

M/4. táblázat A peroxidáz aktivitás változása kadmiumstresszre a gyökerekben

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Kezelés:
1. kontroll
2. 10^{-6} M Cd^{2+}
3. 10^{-5} M Cd^{2+}
4. 10^{-4} M Cd^{2+}
5. 10^{-3} M Cd^{2+}
6. 10^{-2} M Cd^{2+}
7. 1 M Cd^{2+}

Időpont:
1. 4 h
2. 28 h
3. 52 h
4. 76 h
5. 100 h

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
kezelés	6	6974.036	183813.36**
időpont	4	728.265	19194.75**
kezelés x időpont	24	95.043	2505.04**
Hiba	69	0.038	

Robusztus kétszempontos VA (10.250)
- Welch-próba a kezelés csoporthatás tesztelésére: F(6,22) = 182123.794**
- Welch-próba az időpont csoporthatás tesztelésére: F(4,21) = 21353.371**
- Johansen-próba a kezelés x időpont interakció tesztelésére: J = 332080.379**

Kezelések: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása (elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):

T12(7,27)= 56.64	T13(7,26)= 95.15	T14(7,22)= 363.56**
T15(7,23)= 671.31**	T16(7,20)= 794.49**	T17(7,23)= 1201.57**
T23(7,26)= 29.90	T24(7,23)= 316.31**	T25(7,24)= 618.19**
T26(7,21)= 749.65**	T27(7,25)= 1135.15**	T34(7,20)= 314.99**
T35(7,20)= 636.48**	T36(7,18)= 765.30**	T37(7,21)= 1193.54**
T45(7,28)= 248.04**	T46(7,27)= 417.52**	T47(7,28)= 654.49**
T56(7,27)= 199.19**	T57(7,28)= 401.39**	T67(7,26)= 147.64**

Időpont: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása (elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):

T12(5,39)= 118.27**	T13(5,38)= 183.67**	T14(5,37)= 301.47**
T15(5,36)= 394.13**	T23(5,39)= 72.19^{+}	T24(5,38)= 164.06**
T25(5,37)= 251.38**	T34(5,35)= 71.27	T35(5,34)= 149.51**
T45(5,40)= 98.02**		

M/5. táblázat A peroxidáz aktivitás változása kadmiumstresszre a levelekben

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Kezelés:	Időpont:
1. kontroll	1. 4 h
2. 10^{-6} M Cd^{2+}	2. 28 h
3. 10^{-5} M Cd^{2+}	3. 52 h
4. 10^{-4} M Cd^{2+}	4. 76 h
5. 10^{-3} M Cd^{2+}	5. 100 h
6. 10^{-2} M Cd^{2+}	
7. 1 M Cd^{2+}	

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
kezelés	6	112.638	1601.82**
időpont	4	22.876	325.31**
kezelés x időpont	24	3.484	49.54**
Hiba	69	0.070	

Robusztus kétszempontos VA (0.785)
- Welch-próba a kezelés csoporthatás tesztelésére: F(6,17) = 2654.658**
- Welch-próba az időpont csoporthatás tesztelésére: F(4,21) = 378.816**
- Johansen-próba a kezelés x időpont interakció tesztelésére: J = 18077.667**

Kezelések: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása (elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):

T12(7,26)= 12.10	T13(7,27)= 27.17*	T14(7,26)= 47.70**
T15(7,27)= 128.74**	T16(7,25)= 146.13**	T17(7,15)= 62.35**
T23(7,28)= 12.69^{+}	T24(7,28)= 32.80**	T25(7,28)= 105.00**
T26(7,28)= 124.59**	T27(7,16)= 57.96**	T34(7,27)= 22.41*
T35(7,28)= 99.12**	T36(7,26)= 119.77**	T37(7,15)= 54.26**
T45(7,28)= 69.02**	T46(7,28)= 91.92**	T47(7,16)= 46.45**
T56(7,27)= 30.94**	T57(7,15)= 23.48^{*}	T67(7,16)= 12.32^{+}

Időpont: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása (elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):

T12(5,36)= 16.74*	T13(5,37)= 21.42**	T14(5,37)= 47.02**
T15(5,26)= 30.64**	T23(5,40)= 17.10**	T24(5,40)= 46.62**
T25(5,24)= 28.31**	T34(5,40)= 28.49**	T35(5,24)= 20.94**
T45(5,24)= 18.63**		

M/6. táblázat A peroxidáz aktivitás változása sóstresszre a gyökerekben

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Kezelés:	Időpont:
1. kontroll	1. 4 h
2. 100 mM NaCl	2. 18 h
3. 200 mM NaCl	3. 24 h
4. 400 mM NaCl	4. 42 h
	5. 48 h

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
kezelés	3	1472.659	5788.33**
időpont	4	4628.472	18192.34**
kezelés x időpont	12	65.114	255.93**
Hiba	39	0.254	

Robusztus kétszempontos VA (5.225)
- Welch-próba a kezelés csoporthatás tesztelésére: F(3,11) = 9311.420**
- Welch-próba az időpont csoporthatás tesztelésére: F(4,10) = 23744.897**
- Johansen-próba a kezelés x időpont interakció tesztelésére: J = 219656.022**

Kezelések: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása
(elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):

T12(4,27)= 39.90*	T13(4,24)= 94.42**	T14(4,23)= 220.56**
T23(4,24)= 63.98**	T24(4,25)= 176.06**	T34(4,19)= 56.90**

Időpont: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása
(elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):

T12(5,17)= 46.52**	T13(5,20)= 166.67**	T14(5,14)= 209.78**
T15(5,19)= 446.14**	T23(5,21)= 83.88**	T24(5,20)= 152.36**
T25(5,21)= 303.58**	T34(5,17)= 97.03**	T35(5,22)= 253.33**
T45(5,18)= 83.51**		

M/7. táblázat A peroxidáz aktivitás változása sóstresszre a levelekben

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Kezelés:	Időpont:
5. kontroll	1. 4 h
6. 100 mM NaCl	2. 18 h
7. 200 mM NaCl	3. 24 h
8. 400 mM NaCl	4. 42 h
	5. 48 h

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
kezelés	3	221.290	3588.82**
időpont	4	1872.708	30370.98**
kezelés x időpont	12	19.067	309.23**
Hiba	39	0.062	

Robusztus kétszempontos VA (7.692):
- Welch-próba a „kezelés” csoporthatás tesztelésére: F(3,15) = 2906.338**
- Welch-próba az „időpont” csoporthatás tesztelésére: : F(4,14) = 36348.920**
- Johansen-próba a kezelés x időpont interakció tesztelésére: J = 11095.253**

Kezelések: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása (elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):

T12(4,22)= 42.80**	T13(4,20)= 87.35**	T14(4,24)=120.24**
T23(4,28)= 58.14**	T24(4,28)= 101.39**	T34(4,27)=52.39**

Időpont: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása (elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):

T12(5,21)= 255.37**	T13(5,20)= 350.21**	T14(5,17)=341.81**
T15(5,19)= 520.10**	T23(5,22)= 95.31**	T24(5,19)=147.21**
T25(5,21)= 274.12**	T34(5,19)= 71.26**	T35(5,22)=181.34**
T45(5,21)= 79.24**		

M/8. táblázat A mag alakjának hatása a csírázó képességre (2000.)

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétmintás t-próbával

Név	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
kételű	84	7.40	70	100
háromélű	62	5.37	50	70

Elméleti szórások egyenlőségének tesztelése:
- O'Brien-próba: F(1,8) = 0.521
- Levene-próba: F(1,8) = 0.554

Elméleti átlagok egyenlőségének tesztelése:
Hagyományos eljárás, amely feltételezi a szóráshomogenitást:
- Kétmintás t-próba: t(8) = 3.479**
Robusztus eljárás, amelynél nem szükséges a szóráshomogenitás:
- Welch-féle d-próba: d(7) = 3.479*

95%-os konfidencia-intervallum a két elméleti átlag a két-/háromélű különbségére
- a kétmintás t-próba alapján: C(0.95) = (0.741, 3.659)
- a Welch-féle d-próba alapján: C(0.95) = (0.705, 3.695)

M/9. táblázat A mag alakjának hatása a csírázó képességre a peroxidáz aktivitás mérése alapján (2000.)

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétmintás t-próbával

Név	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
kételű	0.9441	0.07165	0.8499	1.05846
háromélű	0.9467	0.07403	0.8432	1.0289

Elméleti szórások egyenlőségének tesztelése:
- O'Brien-próba: F(1,8) = 0.095
- Levene-próba: F(1,8) = 0.108

Elméleti átlagok egyenlőségének tesztelése:
Hagyományos eljárás, amely feltételezi a szóráshomogenitást:
- Kétmintás t-próba: t(8) = 0.584
Robusztus eljárás, amelynél nem szükséges a szóráshomogenitás:
- Welch-féle d-próba: d(7) = 0.584

95%-os konfidencia-intervallum a két elméleti átlag a két-/háromélű különbségére
- a kétmintás t-próba alapján: C(0.95) = (0.211, 1.362)
- a Welch-féle d-próba alapján: C(0.95) = (0.323, 1.315)

M/10. táblázat A mag begyűjtési idejének és származási helyének hatása a csírázóképességre (2000.)

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Gyűjtés ideje:
1. nov. e.
2. nov. v.
3. dec. v.
4. jan. k.
5. febr. e.
6. febr. v.

Származási hely:
1. ELTE
2. SZIE

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
gyűjtés ideje	5	7.160	7.74**
szárm. hely	1	4.267	4.61*
idő x hely	5	0.027	0.03
Hiba	48	0.925	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba a „gyűjtés ideje” csoporthatás tesztelésére: F(5,21) = 7.494**
- Welch-próba az „szárm.hely” csoporthatás tesztelésére: F(1,42) = 4.613**
- Johansen-próba a kezelés x időpont interakció tesztelésére: J = 0.756

Gyűjtés ideje: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása (elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):

T12(6,17)= 5.49*	T13(6,18)= 7.06**	T14(6,16)= 6.10**
T15(6,18)= 5.20*	T16(6,18)= 1.06	T23(6,18)= 1.01
T24(6,17)= 1.14	T25(6,18)= 0.68	T26(6,18)= 4.22+
T34(6,16)= 0.30	T35(6,18)= 1.83	T36(6,18)= 5.57*
T45(6,16)= 1.81	T46(6,17)= 4.96*	T56(6,18)= 3.83

M/11. táblázat A mag begyűjtési idejének hatása a csírázóképességre (1996., SZIE)

Statisztikai modul: Független minták egyszempontos összehasonlítása

Begyűjtés ideje	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
nov. e.	42	4.6	20	52
jan. e.	32	4.0	15	41
márc. e.	22	5.0	10	29

Elméleti szórások egyenlőségének tesztelése
- O'Brien-próba: F(2,97) = 0.050
- Levene-próba: F(2,97) = 0.180

Elméleti átlagok egyenlőségének tesztelése
Hagyományos eljárás, amely feltételezi a szóráshomogenitást:
- Varianciaanalízis: F (2,97) = 17.273*,
  Hatásvariancia = 10.3000, Hibavariancia = 0.5963

Korrelációs hányados (nemlineáris korrel. együttható): e = 0.749

Robusztus eljárások, amelyeknél nem szükséges a szóráshomogenitás:
- Welch-próba: W (2, 98) = 16.004*
- James-próba: U = 33.195*
- Brown-Forsythe-próba: BF (2, 97) = 17.273*

Átlagok Tukey-Kramer-féle páronkénti összehasonlítása (k = 3, df = 97):
T12= 8.19* T13= 12.32* T23= 14.87*

M/12. táblázat A mag begyűjtési idejének és a csírázás körülményeinek hatása a csírázó képességre (2000., SZIE)

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Gyűjtés ideje:
1. nov. e.
2. nov. v.
3. dec. v.
4. jan. k.
5. febr. e.
6. febr. v.

Csírázás körülménye:
1. papír közt
2. földben

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
gyűjtés ideje	5	3.587	4.30**
csírázás körülm.	1	38.400	46.08**
idő x csír.körülm.	5	0.720	0.86
Hiba	48	0.833	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba a „gyűjtés ideje” csoporthatás tesztelésére: F(5,21) = 4.158**
- Welch-próba a „csírázás körülm.” csoporthatás tesztelésére: F(1,41) = 46.080**
- Johansen-próba az idő x csír. körülm. interakció tesztelésére: J = 8.203

Gyűjtés ideje: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása (elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):

T12(6,18)= 4.16+	T13(6,18)= 5.67**	T14(6,16)= 4.37+
T15(6,18)= 4.46+	T16(6,18)= 1.46	T23(6,18)= 1.51
T24(6,16)= 0.94	T25(6,18)= 0.37	T26(6,18)= 2.56
T34(6,16)= 0.31	T35(6,18)= 1.11	T36(6,18)= 4.02+
T45(6,17)= 0.62	T46(6,17)= 3.05	T56(6,18)= 2.87

M/13. táblázat A mag begyűjtési idejének és a csírázás körülményeinek hatása a csírázó képességre (2000., ELTE)

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Gyűjtés ideje:
1. nov. e.
2. nov. v.
3. dec. v.
4. jan. k.
5. febr. e.
6. febr. v.

Csírázás körülménye:
1. papír közt
2. földben

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
gyűjtés ideje	5	4.507	4.62**
csírázás körülm.	1	38.400	39.38**
idő x csír.körülm.	5	0.520	0.53
Hiba	48	0.975	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba a „gyűjtés ideje” csoporthatás tesztelésére: F(5,20) = 4.463**
- Welch-próba a „csírázás körülm.” csoporthatás tesztelésére: F(1,38) = 39.385**
- Johansen-próba az idő x csír. körülm. interakció tesztelésére: J = 6.070

Gyűjtés ideje: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása (elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):

T12(6,18)= 3.72	T13(6,16)= 4.62*	T14(6,18)= 5.49*
T15(6,18)= 4.38+	T16(6,18)= 1.10	T23(6,17)= 1.37
T24(6,18)= 1.60	T25(6,18)= 0.34	T26(6,18)= 2.70
T34(6,17)= 0.00	T35(6,16)= 1.15	T36(6,16)= 3.75
T45(6,18)= 1.37	T46(6,18)= 4.46+	T56(6,18)= 3.29

M/14. táblázat A tárolás idejének hatása a csírázó képességre (2000., SZIE)

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Gyűjtés ideje:
1. nov. e.
2. nov. v.
3. dec. v.
4. jan. k.
5. febr. e.
6. febr. v.

Vetés ideje:
1. begyűjtés után
2. márciusban

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
gyűjtés ideje	5	1.670	2.30+
vetés ideje	1	8.817	12.16**
gyűjt.idő x vetési idő	5	0.577	0.80
Hiba	48	0.725	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba a „gyűjtés ideje” csoporthatás tesztelésére: $F(5,20) = 2.093$
- Welch-próba a „vetés ideje” csoporthatás tesztelésére: $F(1,41) = 12.161$**
- Johansen-próba a gyűjt.idő x vetési idő interakció tesztelésére: $J = 6.651$

M/15. táblázat A tárolás idejének hatása a csírázó képességre (2000., ELTE)

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Gyűjtés ideje:
1. nov. e.
2. nov. v.
3. dec. v.
4. jan. k.
5. febr. e.
6. febr. v.

Csírázás körülménye:
1. papír közt
2. földben

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
gyűjtés ideje	5	2.590	3.11*
csírázás körülm.	1	10.417	12.50**
idő x csír.körülm.	5	0.697	0.84
Hiba	48	0.833	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba a „gyűjtés ideje” csoporthatás tesztelésére: F(5,20) = 3.782*
- Welch-próba a „csírázás körülm.” csoporthatás tesztelésére: F(1,33) = 12.500**
- Johansen-próba a gyűjt.idő x csírázás körülm. interakció tesztelésére: J = 4.853

Gyűjtés ideje: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása (elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):

T12(6,18)= 2.09	T13(6,14)= 3.62	T14(6,18)= 4.80*
T15(6,18)= 5.67*	T16(6,17)= 3.23	T23(6,15)= 2.09
T24(6,18)= 2.75	T25(6,18)= 3.41	T26(6,17)= 1.41
T34(6,15)= 0.00	T35(6,14)= 0.30	T36(6,17)= 0.82
T45(6,18)= 0.41	T46(6,17)= 1.03	T56(6,16)= 1.46

M/16. táblázat A mag begyűjtési idejének hatása a csírázóképességre a peroxidáz aktivitása alapján (2000., ELTE)

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétmintás t-próbával

Begyűjtés ideje	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
1. nov. e.	0.5291	0.001013	0.469	0.5864
2. nov. v.	0.67107	0.001075	0.8078	0.9017
3. dec. v.	0.6456	0.002691	0.7154	0.8455
4. jan. k.	0.5834	0.004665	0.5986	0.6928
5. febr. e.	0.573	0.003044	0.5676	0.7005
6. febr. v.	0.5345	0.00197	0.5248	0.5724

Elméleti szórások egyenlőségének tesztelése:
- O'Brien-próba: F (1,8) = 0.051
- Levene-próba: F (1,8) = 0.0082

Elméleti átlagok egyenlőségének tesztelése:
Hagyományos eljárás, amely feltételezi a szóráshomogenitást:
- Kétmintás t-próba: t (8) = 0.834*
Robusztus eljárás, amelynél nem szükséges a szóráshomogenitás:
- Welch-féle d-próba: d (7) = 0.834*

95%-os konfidencia-intervallum a két elméleti átlag az időpontok különbségére
- a kétmintás t-próba alapján: C (0.95) = (0.26, 1.12)*
- a Welch-féle d-próba alapján: C (0.95) = (0.23, 1.015)**

Átlagok Tukey-Kramer-féle páronkénti összehasonlítása (k = 5, df = 7):

T12(6,18)= 5.39*	T13(6,14)= 5.62*	T14(6,18)= 3.80+
T15(6,18)= 2.67	T16(6,17)= 1.23	T23(6,15)= 2.09
T24(6,18)= 4.75*	T25(6,18)= 4.91*	T26(6,17)= 4.88*
T34(6,15)= 4.20*	T35(6,14)= 4.33*	T36(6,17)= 4.82*
T45(6,18)= 1.41	T46(6,17)= 3.93+	T56(6,16)= 1.95

M/17. táblázat A magkezelés hatása a csírázásra az első kísérleti évben (1996.)

Statisztikai modul: Független minták egyszempontos összehasonlítása

1. maggyűjtési időpont (1995. nov.)

Kezelés	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
1. kontroll	31.05	14.82	20	60
2. forrázott	46.24	20.16	10	92
3. koptatott	48.67	20.17	16	76

Elméleti szórások egyenlőségének tesztelése
- Bartlett-próba: B(2) = 8.08*
- Levene-próba (Welch-féle): F(2,100) = 2.62+

Elméleti átlagok egyenlőségének tesztelése
Hagyományos eljárás, amely feltételezi a szóráshomogenitást:
- ANOVA: F (2,297) = 9.64**

Robusztus eljárások, amelyeknél nem szükséges a szóráshomogenitás:
- Welch-próba: W (2,99) = 10.74**
- James-próba: U = 33.25**
- Brown-Forsythe-próba: BF (2,70) = 9.07**

Átlagok Tukey-Kramer-féle páronkénti összehasonlítása (k = 3, df = 297):
T12= 5.02** T13= 7.23** T23= 2.64

2. maggyűjtési időpont (1996. jan.)

Kezelés	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
1. kontroll	19.05	14.88	10	50
2. forrázott	37.38	15.66	10	70
3. koptatott	34.00	13.38	12	86

Elméleti szórások egyenlőségének tesztelése
- Bartlett-próba: B(2) = 6.48+
- Levene-próba (Welch-féle): F(2,100) = 1.01

Elméleti átlagok egyenlőségének tesztelése
Hagyományos eljárás, amely feltételezi a szóráshomogenitást:
- ANOVA: F (2,297) = 15.70**

Robusztus eljárások, amelyeknél nem szükséges a szóráshomogenitás:
- Welch-próba: W (2,99) = 15.34**
- James-próba: U = 47.43**
- Brown-Forsythe-próba: BF (2,70) = 16.15**

Átlagok Tukey-Kramer-féle páronkénti összehasonlítása (k = 3, df = 297):
T12= 7.07** T13= 9.14** T23= 2.68

M/18. táblázat A magkezelés hatása a csírázásra a harmadik kísérleti évben (1998.)

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Kezelés:
1. kontroll.
2. forrázott
3. koptatott

Csírázás körülménye:
1. papír közt
2. földben

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
kezelés	2	16.817	22.42**
csírázás helye	1	22.817	30.42**
kezelés x csírázás helye	2	0.017	0.02
Hiba	54	0.750	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba a „kezelés” csoporthatás tesztelésére: F(2,34) = 24.147**
- Welch-próba a „csírázás helye” csoporthatás tesztelésére: F(1,50) = 30.422**

Johansen-próba a kezelés x csírázás helye interakció tesztelésére: J = 1.925

Kezelés: A szintátlagok Games-Howell-féle páronkénti összehasonlítása
(elméleti szórások különbözhetnek, zárójelben a szabadságfokok):
T12(3,36)= 9.12** T13(3,37)= 7.32** T23(3,38)= 1.96

M/19. táblázat A magkezelés hatása a csírázásra a negyedik kísérleti évben (1999.)

Statisztikai modul: Független minták egyszempontos összehasonlítása

Kezelés	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
1. kontroll	61	9.94	50	80
2. forrázott	83	11.60	70	100
3. koptatott	79	11.97	60	100

Elméleti szórások egyenlőségének tesztelése
- O'Brien-próba: F(2,27) = 0.251
- Levene-próba: F(2,27) = 0.345

Elméleti átlagok egyenlőségének tesztelése
Hagyományos eljárás, amely feltételezi a szóráshomogenitást:
- Varianciaanalízis: F(2,27) = 10.938** ,
- Hatásvariancia = 13.7333,
- Hibavariancia = 1.2556

Korrelációs hányados (nemlineáris korrel. együttható): e = 0.669

Robusztus eljárások, amelyeknél nem szükséges a szóráshomogenitás:
- Welch-próba: W (2,18) = 11.810**
- James-próba: U = 24.501**
- Brown-Forsythe-próba: BF (2,26) = 10.938**

Átlagok Tukey-Kramer-féle páronkénti összehasonlítása (k = 3, df = 27):
T12= 6.21** T13= 5.08** T23= 1.13

M/20. táblázat A magkezelés hatása a csírázásra az ötödik kísérleti évben (2000.)

Statisztikai modul: Független minták egyszempontos összehasonlítása

Kezelés	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
1. kontroll	68	7.89	60	80
2. forrázott	88	7.89	80	100
3. koptatott	81	7.38	70	90

Elméleti szórások egyenlőségének tesztelése
- O'Brien-próba: F(2,27) = 0.050
- Levene-próba: F(2,27) = 0.180

Elméleti átlagok egyenlőségének tesztelése
Hagyományos eljárás, amely feltételezi a szóráshomogenitást:
- Varianciaanalízis: F(2,27) = 17.273**,
- Hatásvariancia = 10.3000,
- Hibavariancia = 0.5963

Korrelációs hányados (nemlineáris korrel. együttható): e = 0.749

Robusztus eljárások, amelyeknél nem szükséges a szóráshomogenitás:
- Welch-próba: W (2,18) = 16.004**
- James-próba: U = 33.195**
- Brown-Forsythe-próba: BF (2,27) = 17.273**

Átlagok Tukey-Kramer-féle páronkénti összehasonlítása (k = 3, df = 27):
T12= 8.19** T13= 5.32** T23= 2.87

M/21. táblázat A magkezelés hatása a csírázásra a peroxidáz aktivitás mérése alapján (2000.)

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétmintás t-próbával

Kezelés	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
1. kontroll	0.747	0.0849	0.658	0.837
2. forrázott	1.982	0.106	1.877	2.127
3. koptatott	1.658	0.0640	1.572	1.717
4. kopt.+forr.	0.651	0.0725	0.588	0.747
5. gyengén kopt.	0.741	0.100	0.622	0.866

Elméleti szórások egyenlőségének tesztelése:
- O'Brien-próba: F(4,15) = 0.345
- Levene-próba: F(4,15) = 0.248

Elméleti átlagok egyenlőségének tesztelése:
Hagyományos eljárás, amely feltételezi a szóráshomogenitást:
- Varianciaanalízis: F(4,15) = 201.461**
- Hatásvariancia = 1.5285,
- Hibavariancia = 0.0076

Korrelációs hányados (nemlineáris korrel. együttható): e = 0.991

Robusztus eljárás, amelynél nem szükséges a szóráshomogenitás:
- Welch-féle d-próba: W(4,7) = 165.927**
- James-próba: U = 842.320**
- Brown-Forsythe-próba: BF(4,13) = 201.461**

Az átlagok Tukey-Kramer-féle páronkénti összehasonlítása (k = 5, f = 15):

T12= 28.36**	T13= 20.91**	T14= 2.19	T15= 0.13
T23= 7.45**	T24= 30.56**	T25= 28.50**	T34= 23.11**
T35= 21.05**	T45= 2.06		

M/22. táblázat A fás dugvány eredetének (alapi/csúcsi) és nemének hatása a gyökeresedésre 1998 februárjában

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Nem:	Eredet:
1. hímivarú	1. alapi
2. nőivarú	2. csúcsi

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
nem	1	0.333	0.67
eredet	1	5.333	10.67*
nem x eredet	1	0	0
Hiba	8	0.500	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba a „nem” csoporthatás tesztelésére: $F(1,6) = 0.667$
- Welch-próba a „eredet” csoporthatás tesztelésére: $F(1,6) = 10.667$*
- Johansen-próba a nem x eredet interakció tesztelésére: $J = 0.750$

M/23. táblázat A nem és a hormonkezelés hatása a dugványok gyökeresedésére 1998 júniusában

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Nem:	Kezelés:
1. hímivarú	1. kontroll
2. nőivarú	2. hormon

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
nem	1	0.521	0.38
kezelés	1	7.521	5.45*
nem x kezelés	1	1.021	0.74
Hiba	44	1.381	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba a „nem” csoporthatás tesztelésére: $F(1,43) = 0.377$
- Welch-próba a „kezelés” csoporthatás tesztelésére: $F(1,43) = 5.447$*

Johansen-próba a nem x kezelés interakció tesztelésére: $J = 0.808$

M/24. táblázat A dugvány eredetének (alapi/csúcsi) hatása a zöld dugványok gyökeresedésére 1998 júniusában

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Eredet:	Kezelés:
1. alapi	1. kontroll
2. csúcsi	2. hormon

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
eredet	1	32.667	63.23**
kezelés	1	2.667	5.16*
eredet x kezelés	1	0.167	0.32
Hiba	20	0.517	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba az „eredet” csoporthatás tesztelésére: F(1,12) = 63.226**
- Welch-próba a „kezelés” csoporthatás tesztelésére: F(1,12) = 5.161*

M/25. táblázat A dugvány eredetének (alapi/csúcsi) és a kezelés hatása a leveles fás dugványok gyökeresedésére 1998 júniusában

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Nem:	Kezelés:
1. hímivarú	1. kontroll
2. nőivarú	2. hormon

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
eredet	1	9.375	22.06**
kezelés	1	5.042	11.86**
eredet x kezelés	1	1.042	2.45
Hiba	20	0.425	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba a „kor” csoporthatás tesztelésére: F(1,11) = 22.059**
- Welch-próba a „kezelés” csoporthatás tesztelésére: F(1,11) = 11.863**
- Johansen-próba az eredet x kezelés interakció tesztelésére: J = 8.484*

M/26. táblázat A zöld és leveles fás dugványok gyökeresedésének összehasonlítása 1998 júniusában

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Kor:	Kezelés:
1. zöld	1. kontroll
2. leveles fás	2. hormon

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
kor	1	0.021	0.01
kezelés	1	7.521	5.33*
nem x kezelés	1	0.188	0.13
Hiba	44	1.411	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba a „kor” csoporthatás tesztelésére: $F(1,37) = 0.015$
- Welch-próba a „kezelés” csoporthatás tesztelésére: $F(1,37) = 5.330$*
- Johansen-próba a kor x kezelés interakció tesztelésére: $J = 0.250$

M/27. táblázat A dugvány nemének hatása a fás dugványok gyökeresedésére 1999 januárjában

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Nem:	Kezelés:
1. hímivarú	1. kontroll
2. nőivarú	2. hormon

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
nem	1	1.042	2.78
kezelés	1	3.375	9.00**
nem x kezelés	1	0.042	0.11
Hiba	20	0.375	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba a „nem” csoporthatás tesztelésére: $F(1,16) = 2.778$
- Welch-próba a „kezelés” csoporthatás tesztelésére: $F(1,11) = 9.000$**
- Johansen-próba a nem x kezelés interakció tesztelésére: $J = 0.892$

M/28. táblázat A dugvány eredetének (alapi/csúcsi) hatása a fás dugványok gyökeresedésére 1999 januárjában

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Eredet:	Kezelés:
1. alapi	1. kontroll
2. csúcsi	2. hormon

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
eredet	1	2.042	6.28*
kezelés	1	3.375	10.38**
eredet x kezelés	1	0.042	0.13
Hiba	20	0.325	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba az „eredet” csoporthatás tesztelésére: $F(1, 17) = 6.282$*
- Welch-próba a „kezelés” csoporthatás tesztelésére: $F(1, 17) = 10.385$**
- Johansen-próba az eredet x kezelés interakció tesztelésére: $J = 0.152$

M/29. táblázat A dugvány nemének hatása a zöld dugványok gyökeresedésére 1999 júniusában

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Nem:	Kezelés:
1. hímivarú	1. kontroll
2. nőivarú	2. hormon

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
nem	1	1.042	0.85
kezelés	1	18.375	15.00**
nem x kezelés	1	1.042	0.85
Hiba	20	1.225	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba a „nem” csoporthatás tesztelésére: $F(1,18) = 0.850$
- Welch-próba a „kezelés” csoporthatás tesztelésére: $F(1,18) = 15.000$**
- Johansen-próba a nem x kezelés interakció tesztelésére: $J = 1.796$

M/30. táblázat A dugvány eredetének (alapi/csúcsi) hatása a zöld dugványok gyökeresedésére 1999 júniusában

Statisztikai modul: Csoportok összehasonlítása kétszempontos varianciaanalízissel

Eredet:	Kezelés:
1. alapi	1. kontroll
2. csúcsi	2. hormon

Varianciaanalízis összefoglaló táblázata (súlyozatlan átlagok módszere)
Jelölés: +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

Szóródás oka	f	Szórásnégyzet	F
eredet	1	12.042	17.84**
kezelés	1	18.375	27.22**
eredet x kezelés	1	1.042	1.54
Hiba	20	0.675	

Robusztus kétszempontos VA:
- Welch-próba az „eredet” csoporthatás tesztelésére: $F(1,20) = 17.840$**
- Welch-próba a „kezelés” csoporthatás tesztelésére: $F(1,20) = 27.222$**
- Johansen-próba az eredet x kezelés interakció tesztelésére: $J = 1.550$

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet szeretnék mondani dr. Dimény Judit tanszékvezető egyetemi tanárnak, hogy témavezetőként munkámat irányította és kutatásom feltételeit megteremtette. Ugyancsak köszönöm volt programvezetőmnek, dr. Menyhért Zoltán egyetemi tanárnak, hogy annak idején lehetővé tette témám doktori programba való felvételét.

Külön köszönet illeti külső konzulenseimet, dr. Orlóci Lászlót és Stefanovitsné dr. Bányai Éva egyetemi docenst, akik rendkívüli segítséget nyújtottak mind szakmailag, mind gyakorlatilag a kísérletek megtervezésében és kivitelezésében.

Köszönöm dr. Ferenczy Antal Zoltán egyetemi docensnek, hogy adataim statisztikai értékelésében segített.

Elnézést kérek a sok kollégától és szakembertől, akiket nem tudok ehelyütt név szerint felsorolni, de feltétlenül köszönök nekik minden egyes információt, útmutatást és gyakorlati segítséget.

Végül, de tulajdonképpen elsősorban szeretnék köszönetet mondani családomnak és barátaimnak, akik mindvégig áldozatkészen és lelkesen támogattak munkámban.