



SZÉCHENYI TERV

NÖVÉNYGENETIKA

Az Agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése
TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010



MAGYARORSZÁG MEGÚJUL



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A SZÁRAZSÁGTŰRÉS GENETIKAI ALAPJAI

előadás áttekintése

A szárazságtűrés értelmezése, jelentősége.

Vízhiányt kiváltó tényezők.

Növényi „stratégiák” a szárazságstressz túlélésére.

A szárazságtűrés egyes elemi és vizsgálatuk

A SZÁRAZSÁGTŰRÉSRŐL

A sokféle abiotikus stresszhatás közül világviszonylatban is a szárazságtűrés a legnagyobb jelentőségű.

Az édesvíz legnagyobb fogyasztója a mezőgazdaság, ugyanakkor a mezőgazdasági termelést a legnagyobb mértékben a vízhiány korlátozza.

- a mezőgazdasági területek „túlhasználta”,
 - a trópusi erdők irtása,
 - marginális területek arányának növekedése,
 - a globális klímaváltozás, stb. miatt
- a vízhiány szerepe a mezőgazdasági termelésben tovább nő

**A különböző környezeti stresszek mindegyike
- direkt, vagy indirekt módon -
befolyásolja a növények vízháztartását, vízállapotát.**

**A különböző *fenofázisokban* jelentkező vízhiány
más és más fiziológiai és morfológiai tulajdonságot érint.**

**A szárazságtűrés nem egységes és
nem könnyen mérhető, számszerűsíthető
tulajdonság, hanem
komplex fiziológiai és morfológiai
jellemzők eredménye.**

**A különböző abiotikus stresszorok által kiváltott
növényi *válaszreakciók* sok esetben
közösek, vagy átfedőek.**

Az abiotikus stresszhatások általános jellemzői:

Egyszerre **többféle tényező jelentkezik**

Fellépésük változó

térben,

időben

intenzitásban

Hatásuk a **növény fejlettségi állapotától is függ.**

A szárazságstressz túlélését és a termőképesség fenntartását számos komplex mechanizmus szabályozza, melyek megjelenése a vízhiány időtartamától és mértékétől függ.

A szárazságtűréssel összefüggő néhány jelenség megváltozása a környezetben és a növényekben az idő függvényében

Időskála	Növényi adaptáció jelenségei	Környezeti tényezők
Percek	Néhány fehérje metabolizmusa megváltozik, sztóma záródás.	Árnyékok változása, eső vagy öntözés.
Órák	Hősokk proteinek, dehidrinek szintetizálódása, levelek mozgása, hervadás, ozmotikus adaptálódás, ABS indukálta reakciók.	Napi párologtatás eredménye, a talaj felszínének kiszáradása, a száraz talajfelszín öntözése.
Egy-két nap	Sejtek edződése, a konstitutív (house keeping) gének indukciója, magkötés, virágok képződésének és a virágzásnak az indukciója .	Az időjárás hirtelen megváltozása (hideg vagy meleg, száraz szél), a felső talajréteg kiszáradása.
Néhány naptól-hetek	Hajtásrendszer kialakulása, levelek öregedése, gyökérrendszer fejlődése.	A víz elfogyása a teljes talajszelvényből.
Hetek-hónapok	A belső óra által kontrollált fejlődésmenet (vernalizáció, virágzási idő), szemtelítődés.	Évszakos párologtatási szükséglet, a csapadék szezonális megoszlása.

A SZÁRAZSÁGTŰRÉS JAVÍTÁSÁNAK STRATÉGIÁI

I. Közvetlen (speciális)

vízhiány tolerálása

termőképesség megőrzése

II. Közvetett (általános stressz-tolerancia növelés)

a vízhiány miatt fellépő

fizikai-kémiai károsodások csökkentése

(membránok szerkezete, oxidatív stressz)

növényi „stratégiák” a szárazságstressz túlélésére (LEVITT, 1972)

Menekülés (ál-toleránsak):

ilyen tulajdonság például a korai érés
de: korai aszály!

Elkerülés:

a növény aszályos környezetben is képes a
szövetek magas vízpotenciáljának megőrzésére
(nem alakul ki belső vízhiány): *extenzív típusok*

Tolerancia:

az élet- és termőképesség megőrzése
nagy belső vízhiány esetén is
(ozmoreguláció): *intenzív típusok*

OZMOREGULÁCIÓ

Az ozmoreguláció során a sejtekben szerves ionok és vízdékony szerves vegyületek halmozódnak fel:

➔ a plazma (és a vakuólum) oldatkonzentrációjának növelése:
az ozmotikus -és ezáltal a vízpotenciál- csökkentése
a környezet vízpotenciálja alá

Szerepük kettős:

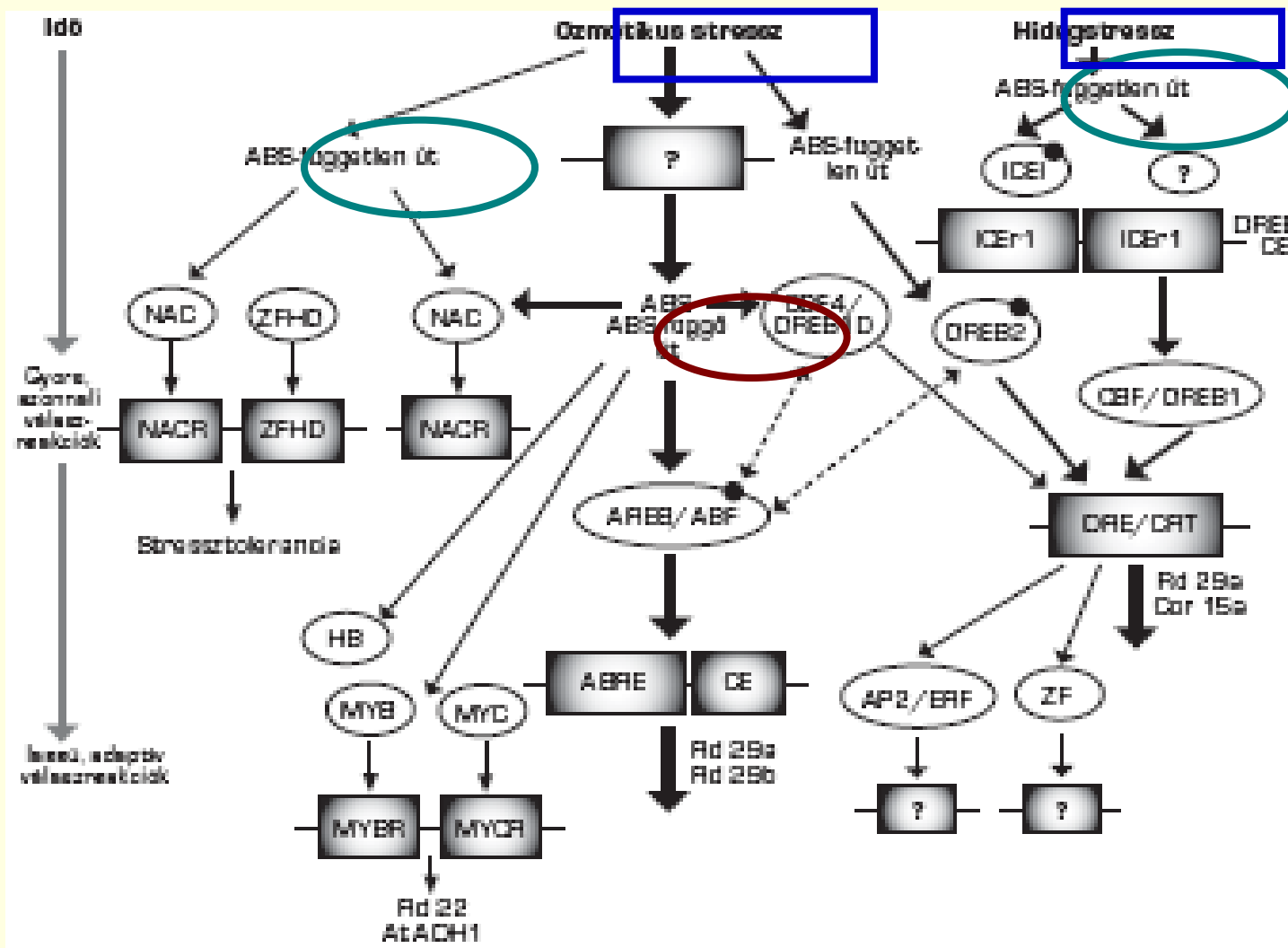
- kiegyenlítik a vízhiány miatt fellépő ozmotikus potenciálkülönbséget
- stabilizálják a fehérjék és a membránok szerkezetét

vízpotenciál: $\Psi = \Psi_o + \Psi_m + \Psi_p$

Ψ_o : ozmotikus, Ψ_m : mátrix; Ψ_p : nyomáspotenciál

➔ a sejt képtessé válik a vízfelvételekre, illetve megakadályozza a további vízvesztést

AZ OZMOTIKUS STRESSZ JELÁTVIVŐ LÁNCOLATA



a jelátvivő foszforilációs láncolatok végpontjai a transzkripció faktorok: a védekezési folyamatban szereplő géneket aktiválják

OZMOREGULÁCIÓ FOLYAMATA

I. Jelérzékelés és -továbbítás

ozmoszenzorok

hisztidin-kináz

MAP-kinázok,

CDPK

másodlagos hírvivők

ABA, Ca^{2+}

hormonok

II. Génexpresszió módosulása

III. Élettani válaszreakció

sztómák zárása

csökkent fotoszintézis

hajtásnövekedés gátlása

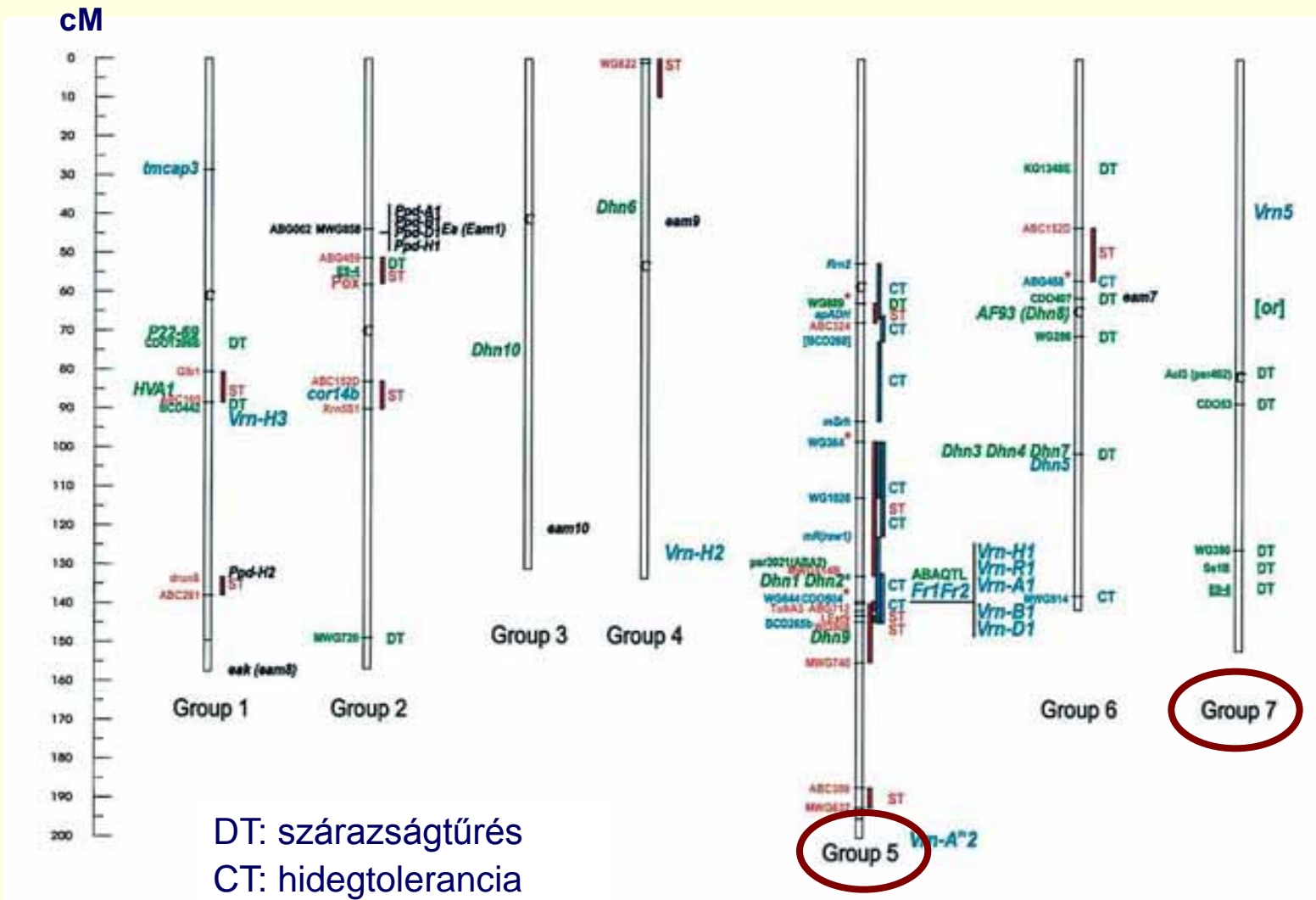
gyökérnövekedés fokozódása

→ **stressztolerancia?**

A vízhiány a sejtek szintjén **ozmotikus, v.mint **oxidatív** stresszként jelenik meg, amely hatás membrán-átstruktúrállódást és a foszforilációs változásokra épülő jelátviteli láncolat aktiválódását váltja ki.**

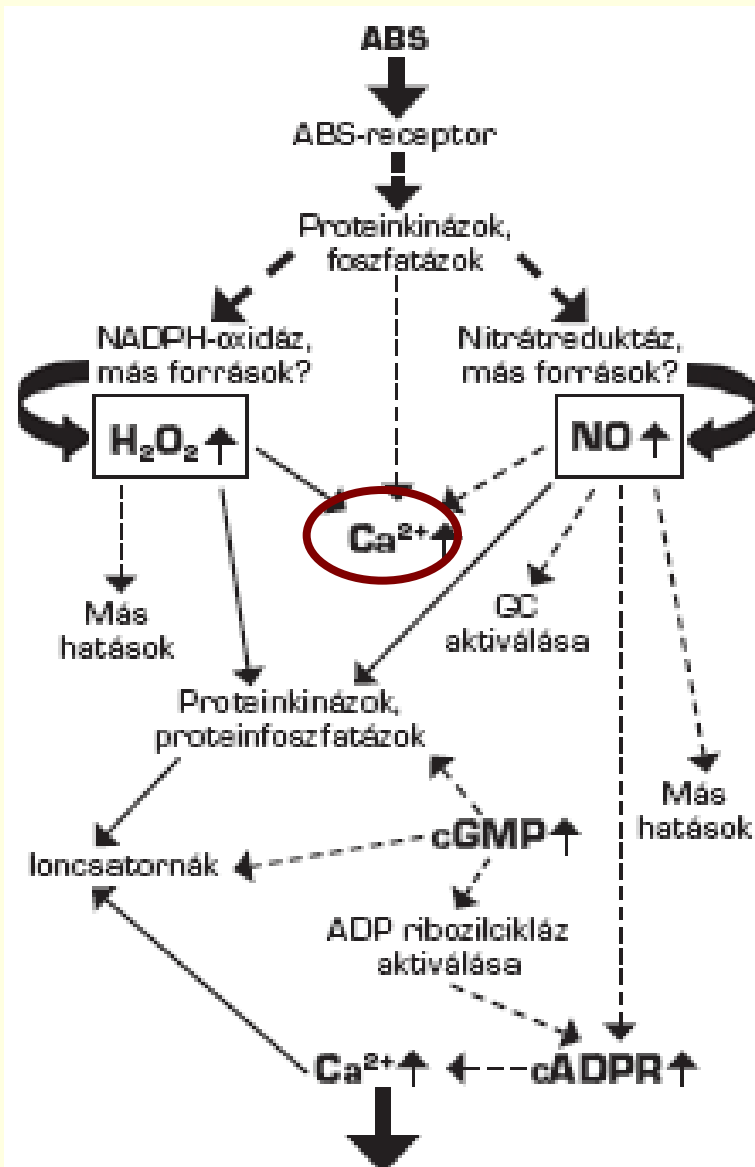
A szárazságtűrést befolyásoló valamennyi jelleg génjének transzkripciós mintázata megváltozik a vízellátás függvényében.

Gabonafélék abiotikus stressztűrését befolyásoló QTL-ek



DT: szárazságtűrés
 CT: hidegtolerancia
 Ea: koraiság (earliness)
 Vrn: vernalizációs igény

A talaj vízkészletének csökkenésekor a gyökér jeleket (pl. ABA) továbbít a növény föld feletti szervei felé.



Oxidatív stressz:
reaktív oxigéngyökök (ROS)
H₂O₂; O₂, OH, NO

a Ca²⁺-szint változása integrálja az ABA, a hidrogén-peroxid (H₂O₂) és a nitogén-monoxid (NO) által közvetített jelátviteli folyamatokat

DESIKAN et al. (2004)

Védekezői funkciók

Ozmolitok:

prolin, betamin, mannit, szorbit, fruktán, trehalóz

Víz- és ionmozgás, ionmegkötés

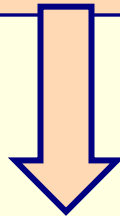
LEA (D7) aquaporin, chaperonok (HSP, LEA2)

Méregtelenítő mechanizmusok

szuperoxid-dizmutáz, peroxidázok, katalázok

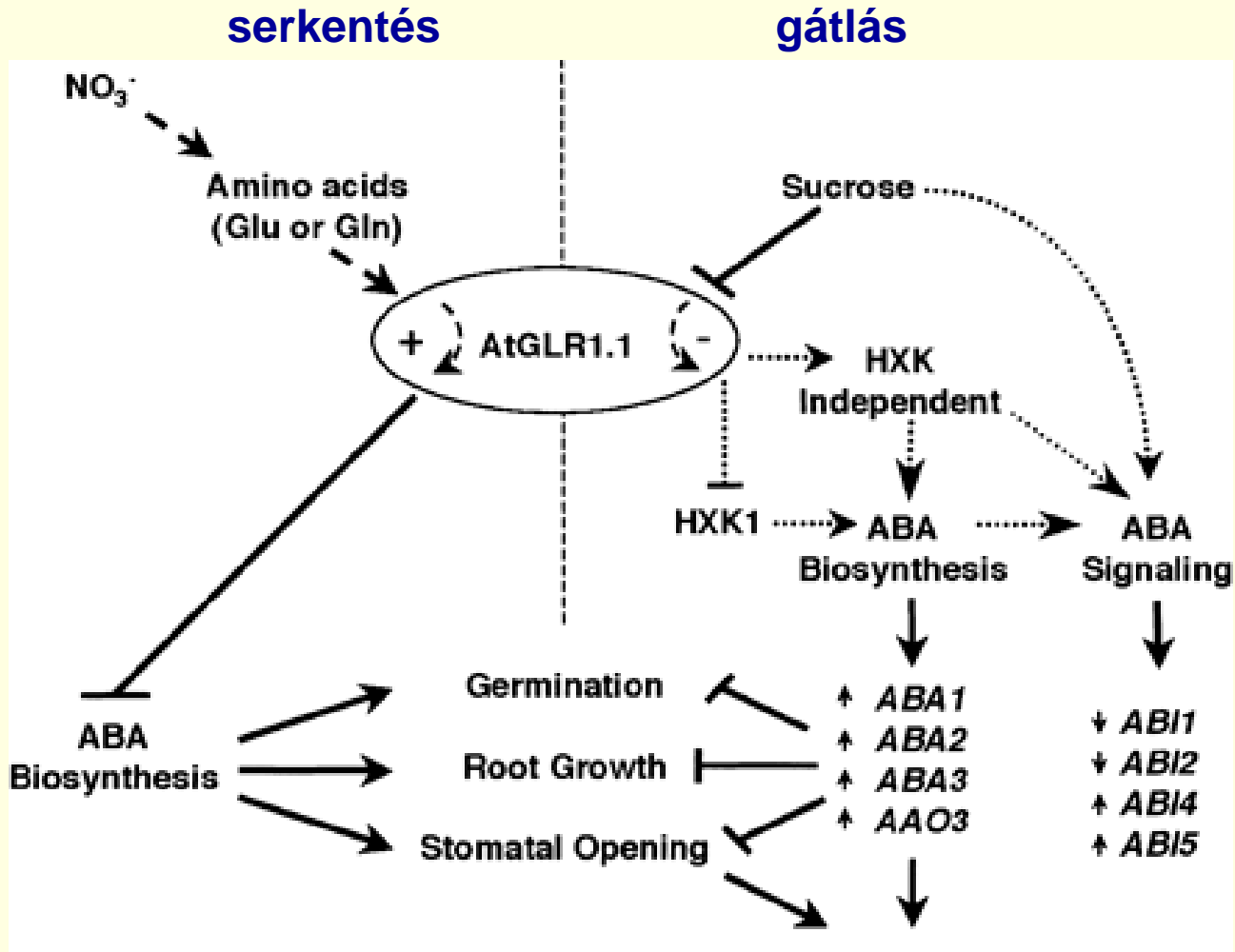
aldóz/aldehidreduktázok, vasmegkötés (ferritin)

→ helyreállított sejt homeosztázis és funkciók



SZÁRAZSÁGTŰRÉS

az ABA szerepe a szárazságtűrésben

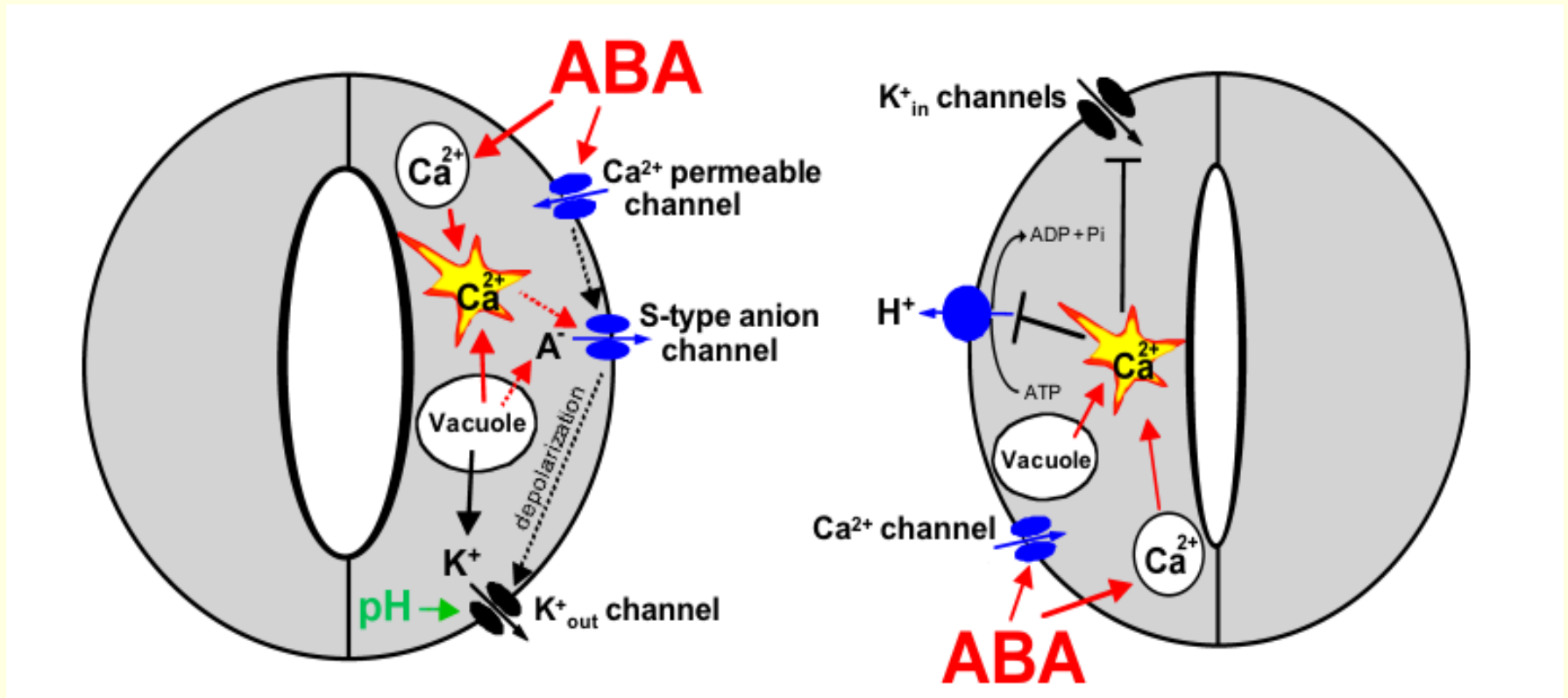


vízvesztés csökken, szárazságtűrés nő

az ABA hatása a sztóma-nyitásra

elősegíti a sztóma-zárást

gátolja a sztóma-nyitást

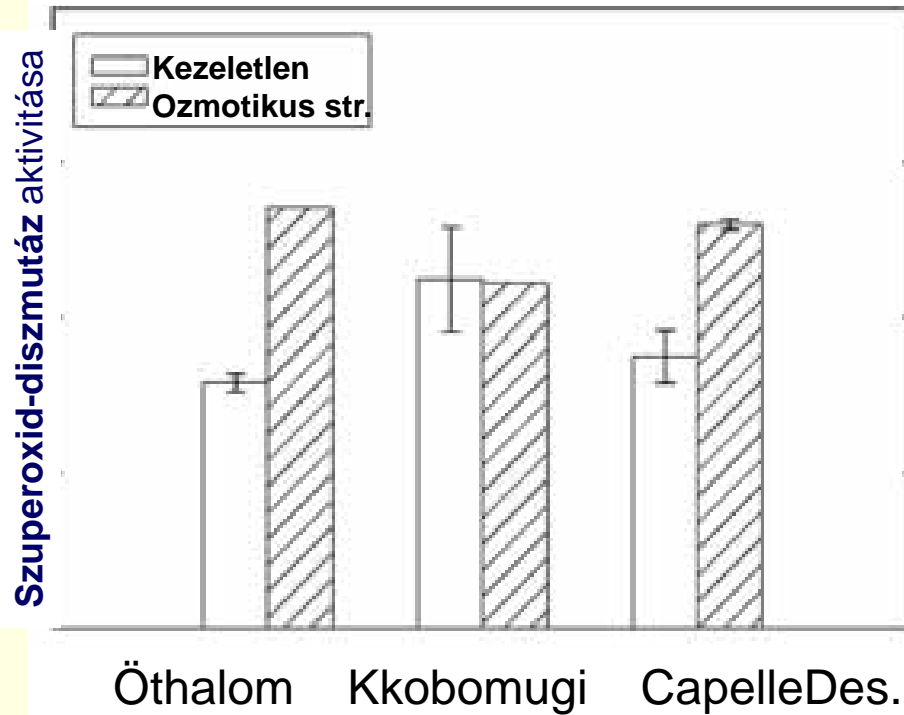


Az abszcizinsav a zárósejtek K^+ -csatornáinak működését szabályozza.

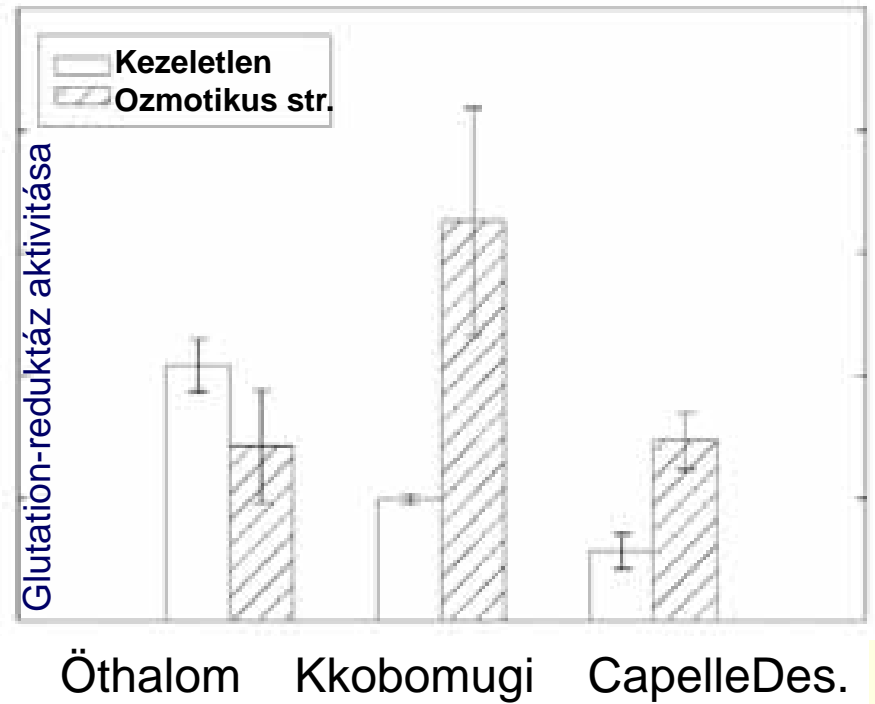
OXIDATÍV STRESSZ-REAKCIÓ

Szuperoxid-diszmutáz aktivitása

búzalevelekben ozmotikus stressz hatására



Glutation-reduktáz aktivitása

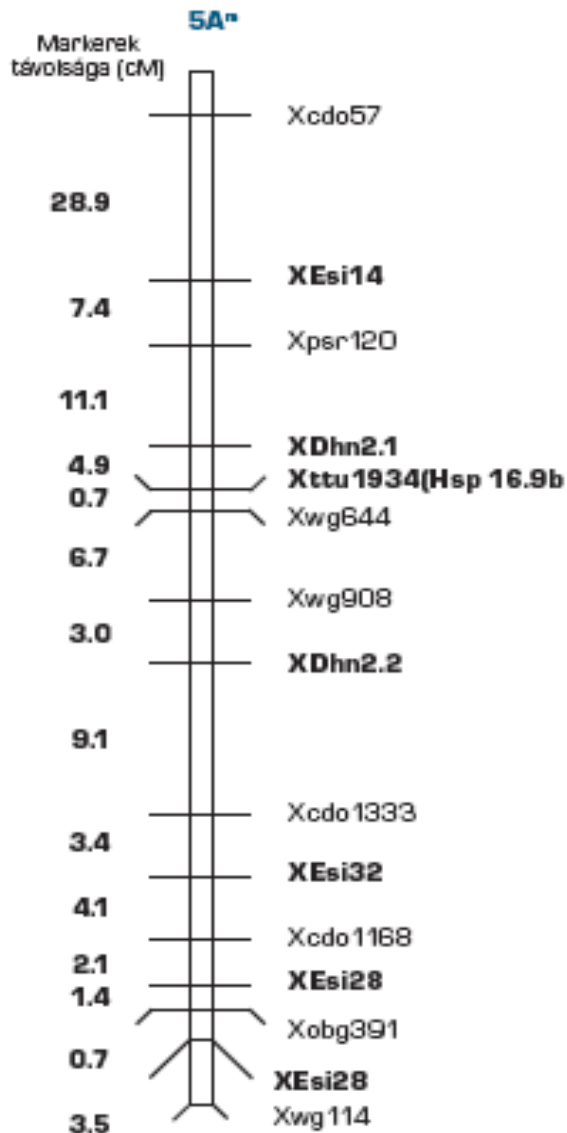


Búzakonzorcium kísérleti eredmények, in:
**A búza nemesítésének tudománya:
A funkcionális genomikától a vetőmagig.
Szerk: Dudits Dénes**

Winter Fair Kft., Szeged, 2006.

ISBN-13: 978-963-87189-2-1.

A *Triticum monococcum* 5. kromoszómáján a vízhiányra, a magas sókoncentráció és hősokk hatására expresszálódó gének RFLP kapcsoltsági térképe (DUBCOVSKY és mtsai, 1995.)



A legtöbb abiotikus stressz-adaptációt befolyásoló QTL és gén az **5. homeológ csoporton** található.

Az 5A kromoszóma centroméra régiója és hosszú karja szabályozza az RWC-t.

Dhn: dehydrin protein

Esi: early salt induced

SZÁRAZSÁGTŰRÉSRE TÖRTÉNŐ NEMESÍTÉS LEHETŐSÉGEI - ÉS KORLÁTAI

CÉL ?

Vízhiányt **túlélő**
extenzív

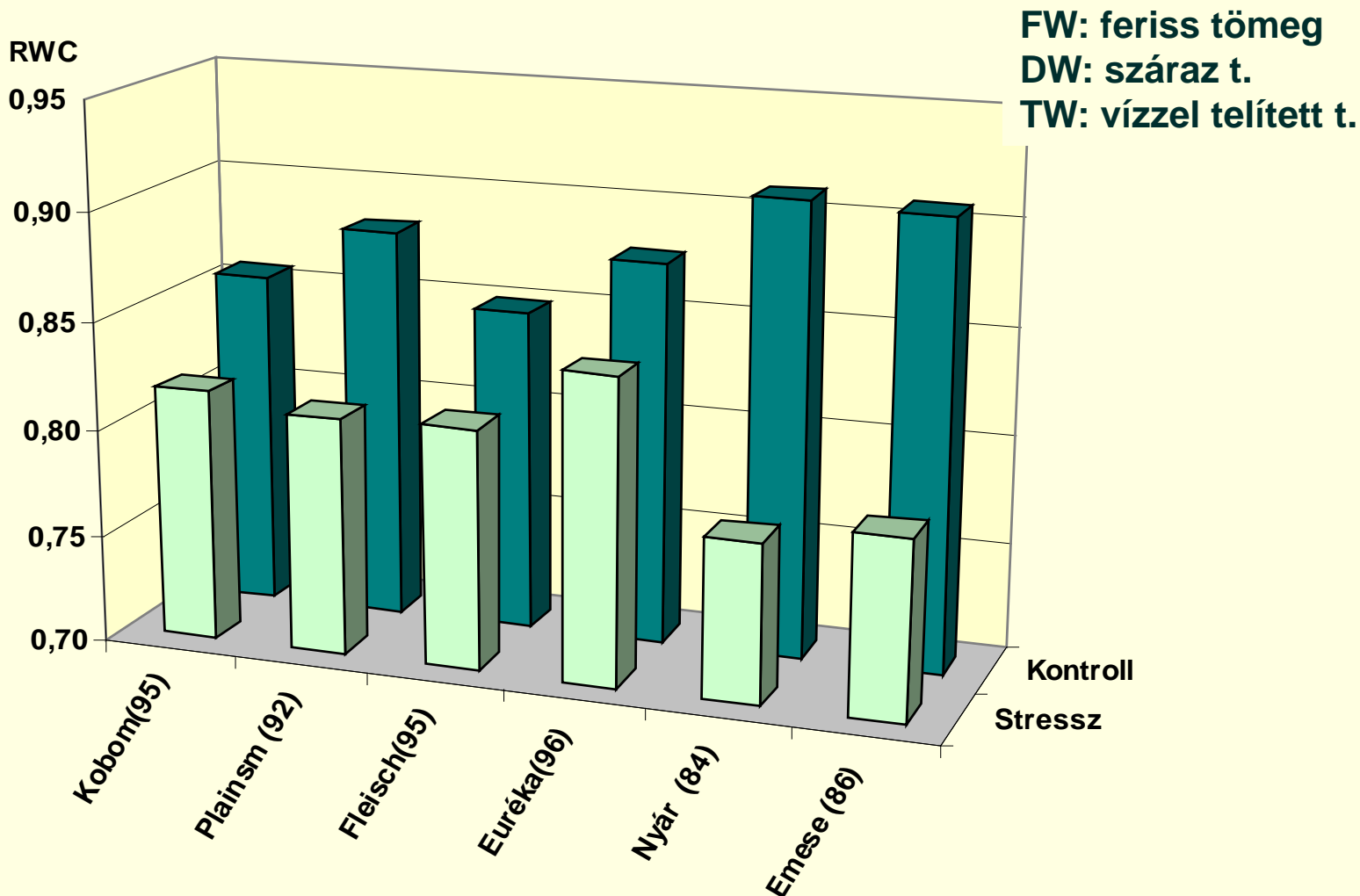
Vízhiányban is **termő**
intenzív

Hogyan számszerűsíthetjük a szárazságtűrést?

Mit mérjük?

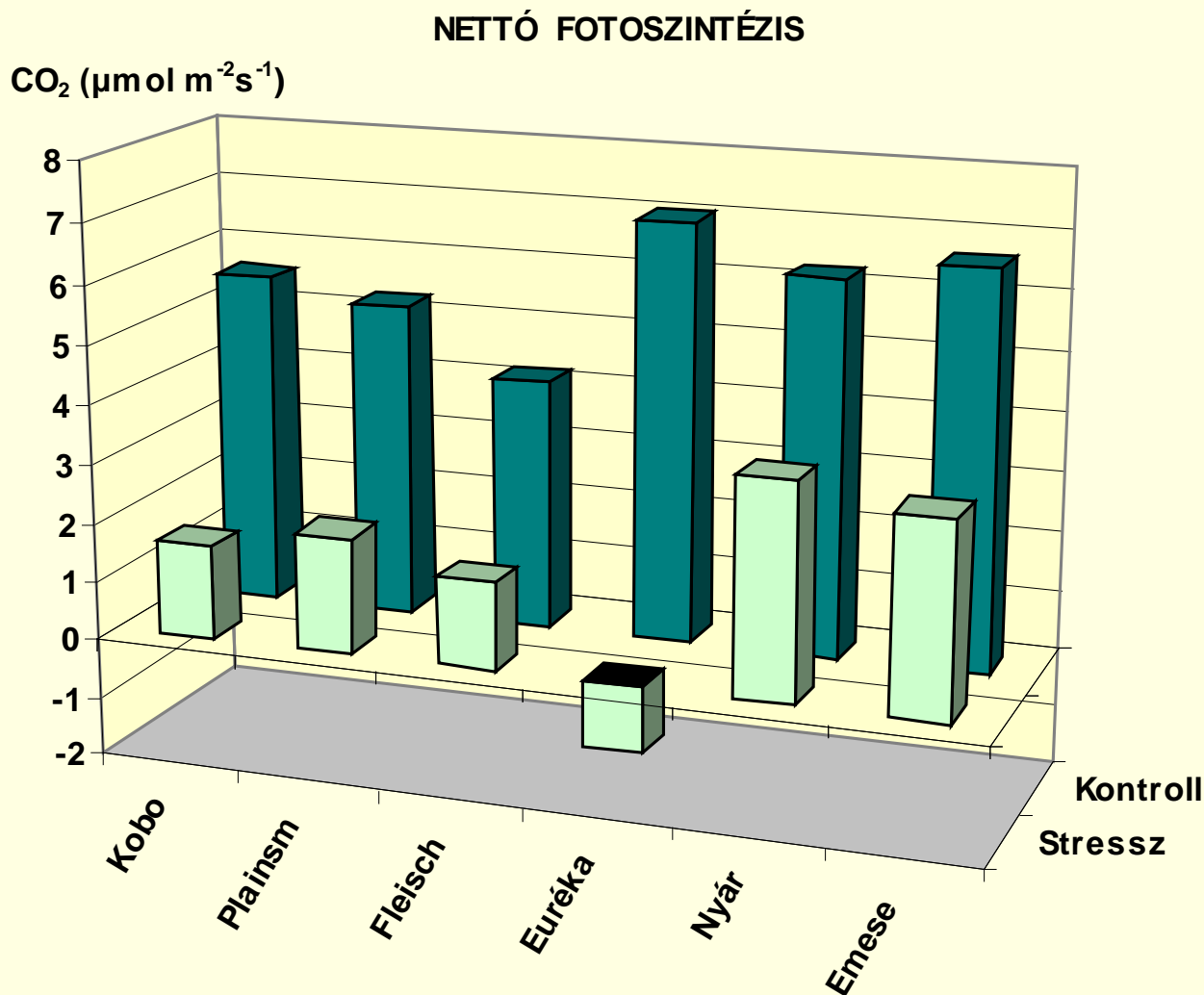
RWC (relatív víztartalom): integráló jellegű mutató

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW)$$



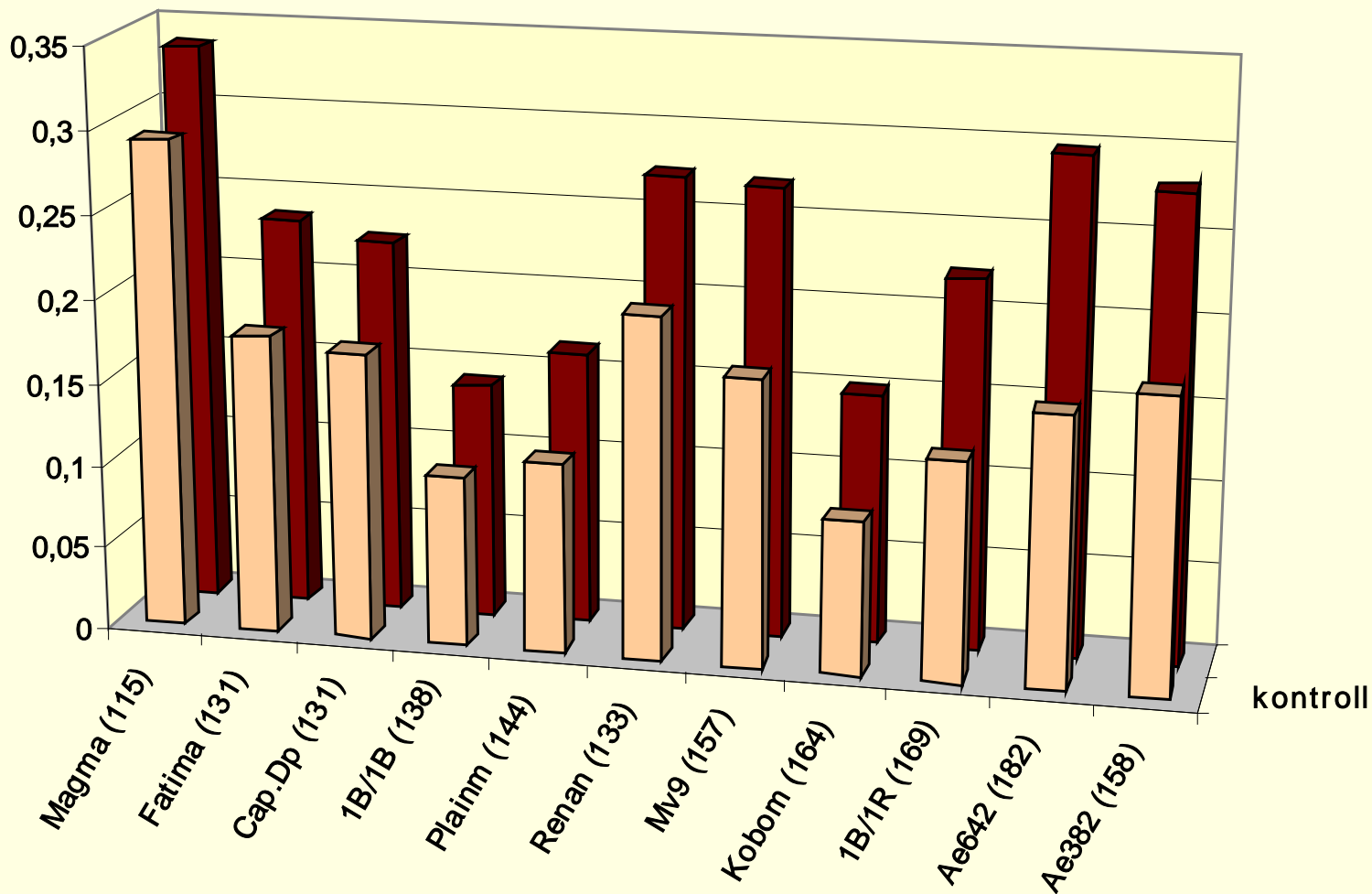
Hoffmann B. Cseuz L. Pauk J. 2006.: Az őszi búza szárazságtűrésre történő nemesítésének lehetőségei és korlátai. In: A búza nemesítésének tudománya: A funkcionális genomikától a vetőmagig. (Szerk: Dudits Dénes)
Winter Fair Kft., Szeged, 2006. ISBN-13: 978-963-87189-2-1 p:191-224.

Sztómakonduktancia, ill. nettó CO₂ asszimiláció: azok a genotípusok, amelyek vízhiányban is nyitva tartják sztómáikat, nagyobb termést hoznak.



A gyökér fejlődésének üteme, a hajtáshoz viszonyított tömege

gyökér/hajtás arány

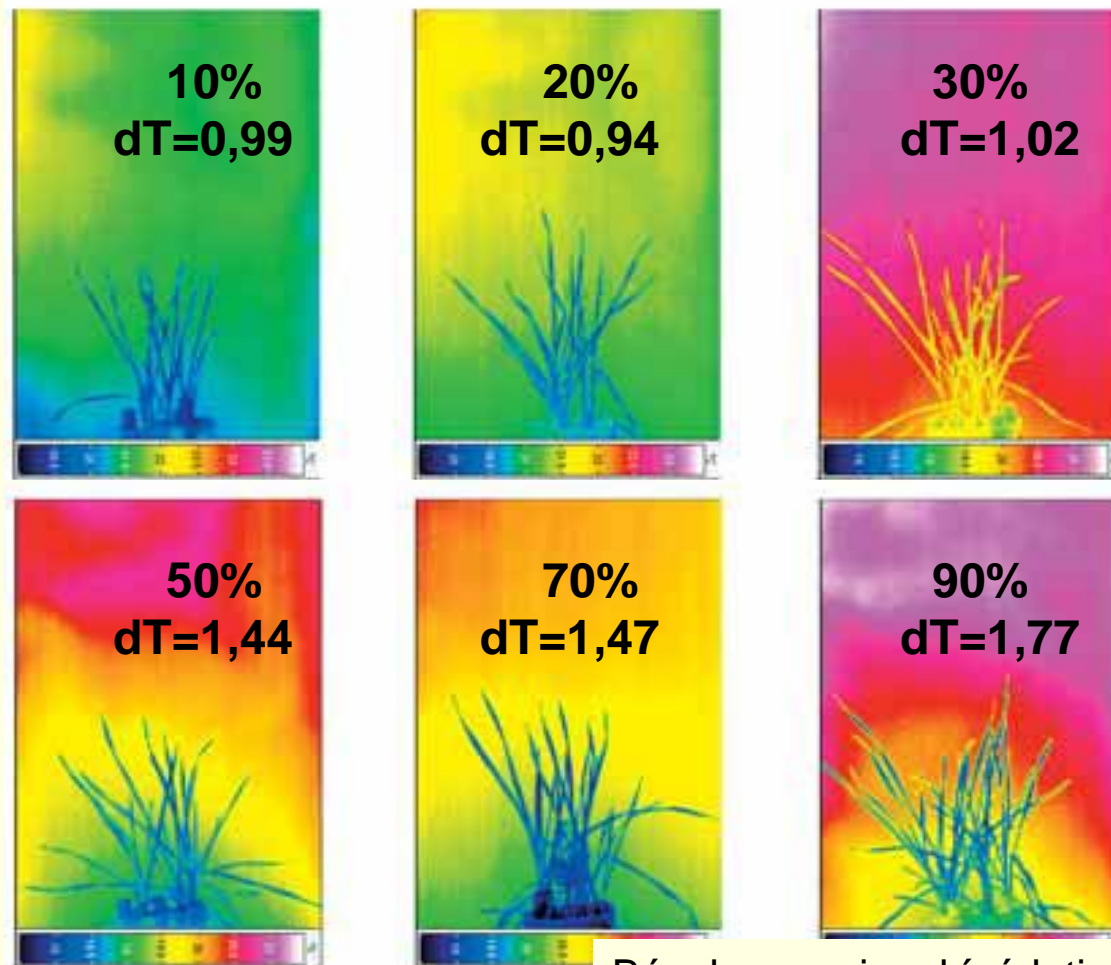


a levelek hőmérsékletének mérése

a búza fotoszintézisének optimális hőmérséklete 20°C

A régi és a modern búzafajták összehasonlítása bizonyítja, hogy a nagyobb termésre való szelekció (indirekt módon) csökkenti a levélhőmérsékletet (az intenzív ***transzspiráció*** következtében)

Szárazságstressz hatása búzanövények hőmérsékletére. hő-fényképezés módszerével vizsgálva



A %-os értékek a perlit-homok talaj relatív víztartalmát mutatják
dT: hőmérséklet különbség (°C)

Búzakonzorcium kísérleti eredmények, in:
**A búza nemesítésének tudománya:
A funkcionális genomikától a vetőmagig.**
(Szerk: Dudits Dénes)
Winter Fair Kft., Szeged, 2006.

szén izotóp diszkrimináció ($\Delta^{13}\text{C}$)

a növényi szárazanyagban és az atmoszférában található stabil szén izotópok ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) arányát méri

A levél szénizotóp arányának ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) változása az intercelluláris (C_i), valamint a környező levegő (C_a) CO_2 cc.jának arányától függ.

a C_i/C_a arány szabályozza a ^{13}C megoszlását
→ kapcsolatba hozható a vízhasznosítással

DE: **C_3 -as és C_4 -es** növények **levelének anatómiájában,**
v.mint a **szén-fixáció mechanizmusában** mutatkozó különbségek !!

A szénizotóp-diszkriminációs elemzés **nem ad információt** a levelek közötti fiziológiai különbségekről, amely(ek) a C_i -eltérést okozzák.

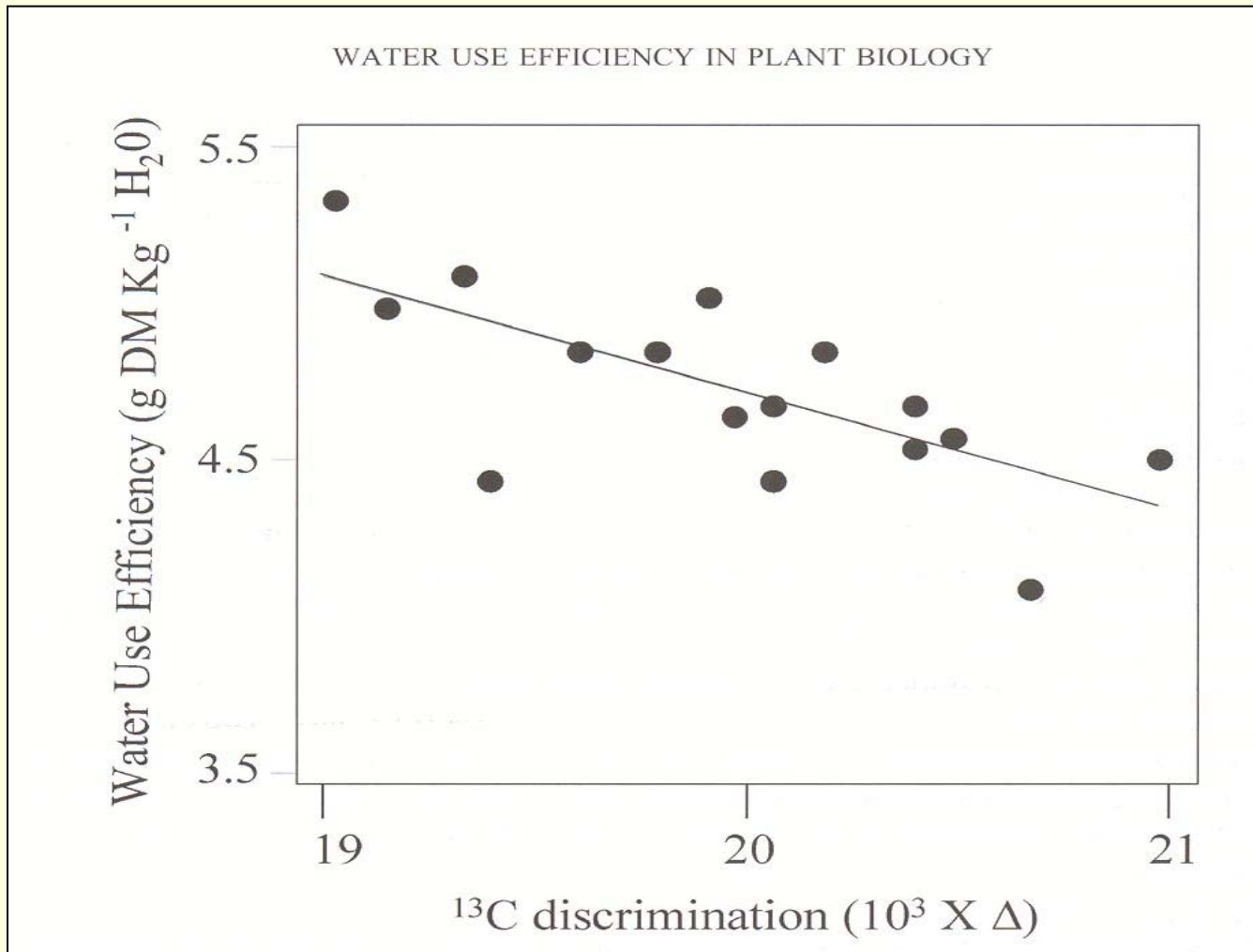
Az alacsonyabb C_i származhat

- csökkent sztóma konduktitásból, és/vagy
- megnövekedett belső fotoszintézis kapacitásból

$\Delta^{13}C$ mérését szelekciós markerként való alkalmazásakor ki kell egészíteni további vizsgálatokkal, hogy eldönthessük, a kedvező WUE érték **együtt jár-e nagy produktivitással.**

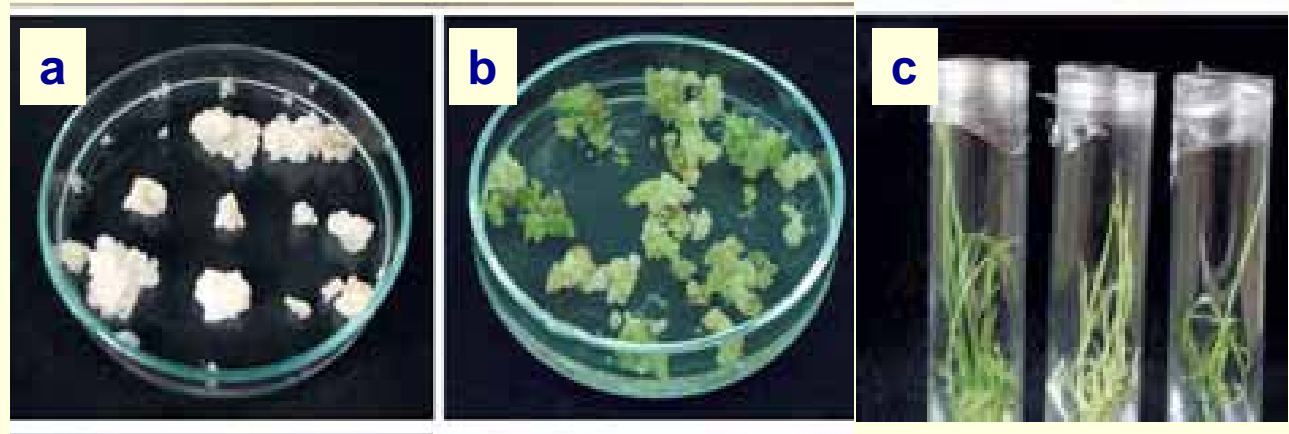
A szénizotóp arányra épülő szelekció esetén is hangsúlyozni kell a vízmegőrző (extenzív) és a nagy produktívusú (intenzív) adaptációs típusok megkülönböztetésének fontosságát.

Számos C3 növénynél jelentős genetikai variabilitásról számoltak be a $\Delta^{13}\text{C}$ -t illetően, magas, tágabb értelemben vett örökölhetőséggel pl.: durum búzánál $h^2=0,76$ -tól $0,85$ -ig (Merah *et al.*, 2001),



Az aldóz/aldehidreduktáz (ALR) detoxifikáló enzim génjének beépítése búzába a stressztűrés javítására

A transzformáció lépései és eszközei:



- (a) szelekció után túlnövő kalluszok
- (b) regeneráló kalluszok
- (c) transzformáns növények üvegházi kiültetés előtt

génbelövő berendezés

Transzgénikus búzanövények magfogás előtt az üvegházban.



Búzakonzorcium kísérleti eredmények, in:
**A búza nemesbítésének tudománya:
A funkcionális genomikától a vetőmagig.**

Szerk: Dudits Dénes

Winter Fair Kft., Szeged, 2006.

ISBN-13: 978-963-87189-2-1.

Az előadás összefoglalása

A sokféle abiotikus stresszhatás közül világviszonylatban is a szárazságtűrés a legnagyobb jelentőségű.

**A különböző környezeti stresszek mindegyike
- direkt, vagy indirekt módon -
befolyásolja a növények vízháztartását, vízállapotát.**

A vízhiány a sejtek szintjén ozmotikus, v.mint oxidatív stresszként jelenik meg.

A vízhiány membrán-átstrukturálódást és a foszforilációs változásokra épülő jelátviteli láncolat aktiválódását váltja ki.

Az előadás összefoglalása

A szárazságtűrést befolyásoló valamennyi jelleg génjének transzkripciós mintázata megváltozik a vízellátás függvényében.

A szárazságtűrésben és a betakarítható termésben megmutatkozó variabilitásért felelős genetikai tényezők mélyebb megismerése segítheti a növénynemesítőket abban, hogy hatékonyabb stratégiát dolgozzanak ki a szűkös vízellátású területeken is jó termőképességű és termés-stabilitású új fajták előállítására.

Az előadás ellenőrző kérdései

- **Értelmezze a szárazságtűrés fogalmát.**
- **Ismertesse a szárazságtűrést eredményező növényi stratégiákat.**
- **Milyen tulajdonságok eredményeznek fokozott szárazságtűrést?**

A következő előadás címe:
CITOGENETIKA ÉS
MOLEKULÁRIS CITOGENETIKA

KÖSZÖNÖM A FIGYELMÜKET

Az előadás anyagát készítette: Dr. Hoffmann Borbála