

# NÖVÉNYGENETIKA

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



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

# **A NITROGÉN HASZNOSÍTÓ KÉPESSÉG GENETIKAI ALAPJAI**

## **előadás áttekintése**

**NUE fogalma, elemei és számításuk**

**Kvantitatív jellegek QTL analízise**

**Molekuláris markerek azonosítása,  
marker alapú szelekció (MAS)**

**A NUE-t kontrolláló lókuszok  
differenciált expressziója**

**A nitrogén hasznosító képesség fogalma:  
(NUE: Nitrogen Use Efficiency)**

**a növény által megtermelt összes szerves anyag  
és a növény számára rendelkezésre álló összes  
felvehető nitrogén hányadosa**

$$\text{NUE} = \frac{\text{növény összes szárazanyaga}}{\text{összes felvehető N}^*}$$

**\*: Talaj N szogáltatás+műtrágya N**

**termés: biológiai, v. gazdasági**

**= egységnyi nitrogénnel előállított szervesanyag / termés**

**A nitrogén hasznosító képesség számítható csak a termésre is.**

## A nitrogén hasznosító képesség komponensei:

A NUE két komponensre bontható:

a.) a nitrogén **felvételének** hatékonysága  
(NUpE: Nitrogen **U**ptake Efficiency)

b.) a **felvett** nitrogén **hasznosulásának** hatékonysága  
(NUtE: Nitrogen **U**tization Eff.)

$$\text{NUE} = \text{NUpE} \times \text{NUtE}$$

a nitrogén **felvételének** hatékonysága

$$NU_{pE} = \frac{\text{növény által felvett összes N}}{\text{összes felvehető N}}$$

a **felvett** nitrogén **hasznosulásának** hatékonysága

$$NU_{tE} = \frac{\text{növény összes szárazanyaga}}{\text{növény által felvett összes N}}$$

**műtrágya** hasznosító képesség (FUE FertilizerUE):

kijuttatott műtrágya / termés N

→ a kijuttatott műtr. hány %-a hasznosul a termésben

## **A növényfajok N-hasznosító képességében jelentős variabilitás tapasztaltak**

A termesztett fajok N-hasznosító képességében a természetben előforduló variabilitás elemzése és a jelleg javítása nagy mértékben csökkentheti a növénytermesztés okozta környezeti terhelést, elősegíti a fenntartható termelés megvalósítását.

# A NUE elemzése - kvantitatív genetikai megközelítéssel

Hirel és mtsai (2001): kukorica NUE kvantitatív genetikai vizsgálata, molekuláris markerek kifejlesztése

**kvantitatív jellegek molekuláris elemzése:  
QTL analízis**

**Quantitative Trait Loci**

**azokat a lókuszokat (gén-helyek) jelöli, amelyek szerepet játszanak a mennyiségi jellegek kialakításában**

# **A kvantitatív jellegek háttérében több gén együttes hatása (poligénes jelleg) + a környezet módosító hatása áll**

- azonos genotípusú egyedek  
különböző fenotípussal jelenhetnek meg**
- azonos fenotípus háttérében  
különböző genotípus állhat!**

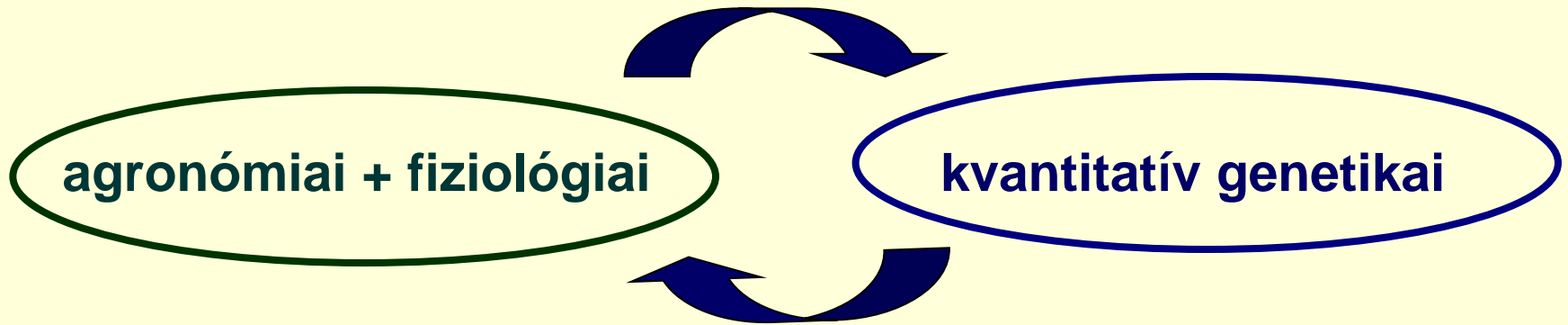
**= a kvantitatív jellegeknél a fenotípus kevés  
információt ad az egyed genetikai értékéről**

**→ a szelekció hatékonysága!**

**→ marker alapú szelekció (MAS)**



# A NUE kvantitatív genetikai elemzése



**A termést és elemeit befolyásoló  
agronómiai és fiziológiai jellegek adatbázisának  
létrehozása több évi szabadföldi kísérlet alapján  
= fenotipizálás**

**A jellegek terméssel kapcsolatos korrelációját**

**- gyenge és**

**- jó N-ellátású**

**növényekre is vizsgálni**

**A jelleg expressziójában kulcsszerepet játszó  
lókuszek azonosítása**

**Az okozati összefüggések integrált értelmezése**

**Molekuláris markerek azonosítása**

**fokozott nitrogén hasznosítású fajták nemesítése, (MAS)**

## Agronómiai jellegek átlagai és örökölhetőségük (2 évi szántóföldi kísérlet eredményei)

| Jelleg | N <sup>-</sup> |               | N <sup>+</sup> |               |
|--------|----------------|---------------|----------------|---------------|
|        | átlag          | örökölhetőség | átlag          | örökölhetőség |
| GY     | 4,99           | 0,52          | 8,13           | 0,69          |
| KN     | 229            | 0,54          | 339            | 0,74          |
| TKW    | 229            | <b>0,81</b>   | 252            | <b>0,89</b>   |
| GNV    | 0,92           | 0,13          | 1,56           | 0,34          |
| GME    | 48,5           | <b>0,75</b>   | 38,0           | <b>0,71</b>   |

GY – szemtermés ( t/ha)

KN – növényenkénti szemszám

TKW – ezerszemtömeg (g)

GNV – szem N-termés (g)

GME – szem-metabolikus hatékonyság (szemtermés/biomassza N-tartalma)

# Agronómiai jellegek QTL-jei

| Jelleg                     | N szint        | R <sup>2</sup> <sub>p</sub> <sup>a</sup> | R <sup>2</sup> <sub>g</sub> <sup>b</sup> | Chr            | lokáció |      |             | konfidencia intervallum | LOD | additív hatás |         |     |      |
|----------------------------|----------------|--|--|----------------|---------|------|-------------|-------------------------|-----|---------------|---------|-----|------|
|                            |                |  |  |                | marker  | + cm | távolság cm |                         |     |               |         |     |      |
| GY (10 <sup>-1</sup> t/ha) | N <sup>+</sup> | 0.40                                     | 0.59                                     | 1              | gsy282a | +7   | 160         | 146-176                 | 2.4 | 2.66          |         |     |      |
|                            |                |  |  | 1              | umc161  | +10  | 234         | 228-240                 | 3.7 | 2.35          |         |     |      |
|                            |                |  |  | 3              | gsy224a | +21  | 78          | 66-90                   | 3.4 | 2.53          |         |     |      |
|                            |                |  |  | 4              | gsy82r  | +3   | 178         | 168-216                 | 2.1 | -1.90         |         |     |      |
|                            |                |  |  | 5              | gsy258a | +13  | 186         | 170-196                 | 2.5 | 2.69          |         |     |      |
| KN                         | N <sup>-</sup> | 0.23                                     | 0.44                                     | 3              | umc60   | +5   | 86          | 74-96                   | 3.0 | 2.70          |         |     |      |
|                            |                |  |  | 5              | umc39b  | +12  | 162         | 146-196                 | 2.2 | 2.70          |         |     |      |
|                            |                |  |  | N <sup>+</sup> | 0.40    | 0.54 | 1           | gsy282a                 | +11 | 164           | 130-178 | 3.0 | 10.0 |
|                            |                |  |  |                |         |      | 1           | gsy145                  | +15 | 102           | 92-124  | 3.9 | 12.9 |
|                            |                |  |  |                |         |      | 1           | umc161                  | +10 | 234           | 230-240 | 4.4 | 11.3 |
| 3                          | gsy298c        | +25                                      | 120                                      | 10B-120        | 2.5     | 9.2  |             |                         |     |               |         |     |      |
| 6                          | umc39d         | +28                                      | 88                                       | 72-94          | 1.9     | 8.4  |             |                         |     |               |         |     |      |
| 8                          | gsy224b        | +16                                      | 142                                      | 118-168        | 2.5     | 14.0 |             |                         |     |               |         |     |      |
| TKW (g)                    | N <sup>-</sup> | 0.07                                     | 0.16                                     | 3              | umc60   | +7   | 88          | 72-112                  | 2.0 | 8.9           |         |     |      |
|                            |                |  |  | N <sup>+</sup> | 0.48    | 0.54 | 1           | umc67                   | +2  | 82            | 76-88   | 3.8 | -6.9 |
|                            |                |  |  |                |         |      | 2           | gsy348c                 | +14 | 44            | 32-64   | 2.6 | -5.9 |
|                            |                |  |  |                |         |      | 4           | gsy156                  | +6  | 120           | 106-128 | 4.7 | -8.3 |
|                            |                |  |  | 4              | umc66   | +20  | 154         | 134-174                 | 2.6 | -9.1          |         |     |      |
| 5                          | gsy258a        | +8                                       | 176                                      | 162-192        | 2.9     | 7.9  |             |                         |     |               |         |     |      |
| GNY (g)                    | N <sup>-</sup> | 0.39                                     | 0.46                                     | 1              | umc67   | +2   | 82          | 74-114                  | 2.9 | -5.8          |         |     |      |
|                            |                |  |  | 4              | gsy431  | +13  | 72          | 62-102                  | 3.4 | -7.4          |         |     |      |
|                            |                |  |  | 4              | gsy156  | +16  | 120         | 104-130                 | 3.2 | -6.6          |         |     |      |
|                            |                |  |  | 5              | gsy258a | +10  | 178         | 154-194                 | 2.7 | 7.4           |         |     |      |
|                            |                |  |  | 1              | adhli   | +1   | 204         | 198-210                 | 3.1 | 0.047         |         |     |      |
| GME                        | N <sup>+</sup> | 0.13                                     | 0.38                                     | 1              | umc161  | +6   | 230         | 216-236                 | 3.2 | 0.051         |         |     |      |
|                            |                |  |  | 3              | gsy224a | +19  | 76          | 62-92                   | 3.1 | 1.02          |         |     |      |
| GME                        | N <sup>-</sup> | 0.23                                     | 0.32                                     | 1              | bnl829  | +16  | 250         | 238-258                 | 2.3 | 1.06          |         |     |      |
|                            |                |  |  | 9              | umc113  | +4   | 6           | 2-26                    | 3.6 | 1.37          |         |     |      |
|                            |                |  |  | 9              | bnl510  | +3   | 48          | 38-56                   | 3.0 | 1.21          |         |     |      |

R<sup>2</sup><sub>p</sub><sup>a</sup> - a fenotípusos variancia marker által meghatározott hányada

R<sup>2</sup><sub>g</sub><sup>b</sup> - a genotípusos variancia marker által meghatározott hányada

Chr - kromoszómaszám

GY (10<sup>-1</sup> t/ha) - szemtermés (10<sup>-1</sup> t/ha)

KN - növényenkénti szemszám

TKW (g) - ezerszemtömeg (g)

GNY (g) - szem N-termés (g)

GME - szem-metabolikus hatékonyság (szemtermés/biomassza N-tartalma)

## Fiziológiai jellegek QTL-jei

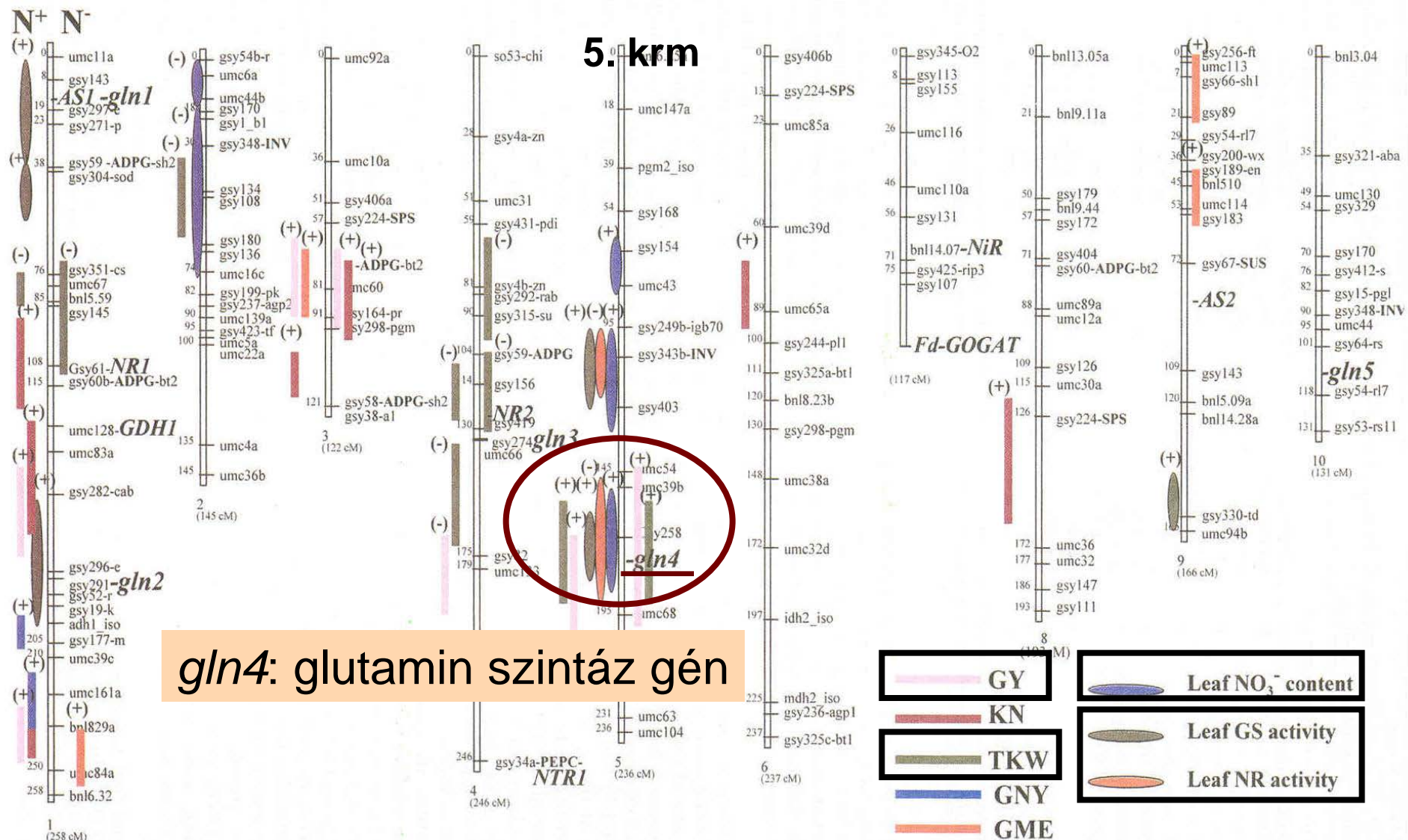
| jelleg                         | $R^2_p^a$ | $R^2_g^b$ | Chr | l o k á c i ó |      |                  | konfidencia<br>intervallum | LOD  | additív<br>hatás |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----|---------------|------|------------------|----------------------------|------|------------------|
|                                |           |           |     | marker        | + cm | távolság<br>(cm) |                            |      |                  |
| levél $\text{NO}_3^-$ tartalom | 0,28      | 0,40      | 2   | gsy108        | +10  | 58               | 68 – 80                    | 2,92 | -4,034           |
|                                |           |           | 5   | gsy154        | +6   | 74               | 96 – 136                   | 3,36 | 4,123            |
|                                |           |           | 5   | gsy343b       | +9   | 114              | 150 – 184                  | 3,50 | 4,452            |
|                                |           |           | 5   | umc39b        | +10  | 160              | 14 – 30                    | 2,86 | 4,229            |
|                                |           |           | 5   | gsy343b       | +5   | 110              | 98 – 116                   | 8,31 | -79,29           |
| levél NR-aktivitás             | 0,36      | 0,42      | 5   | gsy258a       | +6   | 174              | 146 – 190                  | 2,19 | 49,30            |
|                                |           |           | 5   | gsy343b       | +10  | 106              | 94 – 120                   | 3,56 | 19,24            |
| levél GS-aktivitás             | 0,52      | 0,69      | 1   | gsy143b       | +6   | 14               | 4 – 56                     | 3,50 | 32,95            |
|                                |           |           | 1   | gsy304        | +2   | 42               | 8 – 56                     | 3,76 | 32,42            |
|                                |           |           | 1   | gsy52r        | +2   | 190              | 156 – 198                  | 1,96 | 23,10            |
|                                |           |           | 5   | gsy343b       | +10  | 106              | 94 – 120                   | 3,56 | 19,24            |
|                                |           |           | 5   | gsy258a       | +0   | 168              | 160 – 176                  | 5,85 | 27,31            |
|                                |           |           | 9   | gsy330        | +4   | 164              | 146 – 164                  | 5,58 | 22,53            |

$R^2_p^a$  - a fenotípusos variancia marker által meghatározott hányada

$R^2_g^b$  - a genotípusos variancia marker által meghatározott hányada

Chr - kromoszómaszám

# A kukorica szemtermés és komponensei, valamint a fiziológiai jellegek QTL-jeinek elhelyezkedése az RFLP térképen .



A kromoszóma **bal** oldalán lévő vonalak a **jó N-ellátottságú (N+)** növényekre, a kromoszóma **jobb** oldalán lévő vonalak a **gyenge N-ellátottságú (N-)** növényekre vonatkoznak.

**Hirel *et al.* eredménye:**

**5 krm-án a *gln4* citoszol GS-t kódoló gén lókuszával  
egy helyre térképeződő QTL-k nagy száma:**

- levél  $\text{NO}_3^-$  tartalom,
- nitrát reduktáz aktivitás,
- levél glutamin szintáz aktivitás,
- ezerszemtömeg,
- szemtermés

A *gln4* lókuszon talált GS gén **konstitutív**  
a kukorica különböző szerveiben.

Az ammónia asszimilációért és/vagy  
újrahasznosításért felelős.

Transzkripcióját **nem** befolyásolta a  $\text{NO}_3^-$  ellátás  
→ **háztartási génnek** kell tekintenünk,



A levél GS aktivitása **alacsony N-ellátottsági szinten pozitív korrelációban** volt

- a szemterméssel
- a szemszámmal
- a szem metabolikus hatékonyságával

## **A NUE-t kontrolláló lókuszok differenciálisan expresszálódnak**

- a C és N elérhetőségétől,**
- a növény fejlettségi állapotától,**
- a környezet N-szolgáltató képességétől  
függően**

**Az NR és GS által katalizált reakciók a  
NUE kulcslépései a termésképzésben.**

Eredmények összegzése:

az ammónium asszimilációja meghatározó jelentőségű a nitrogén hasznosításban

GS-aktivitás: marker a fiziológiai és agronómiai jellegek közötti korreláció elemzéséhez.

**GS1 túltermeltetése érés előtt indukálja a N-remobilizációt → a növény korai elhalása.**

A növények N-hasznosító képessége számos tényezőtől függ:

- **belső:** fotoszintézis hatékonysága, respiráció...
- **külső:** a környezet N-szolgáltató képessége....

a modern fajták szelekciója

jó tápanyag ellátottságú területeken történik:

a magas inputhoz adaptálódott genotípusok kerültek továbbszaporításra!

# Az előadás összefoglalása

**A nitrogén hasznosító képességet a**

a nitrogén **felvételének** hatékonysága

(NUpE: Nitrogen **U**ptake Efficiency), valamint a

a **felvett** nitrogén **hasznosulásának** hatékonysága

(NUtE: Nitrogen **U**tilization Eff.)

határozza meg:

$$\mathbf{NUE = NUpE \times NUtE}$$

**A NUE poligénes, környezettől függő tulajdonság,**

**a NUE-t kontrolláló lókuszok azonosítása lehetővé teszi a marker alapú, hatékony szelekciót.**

# Az előadás ellenőrző kérdései

- **Értelmezze a nitrogén hasznosító képesség fogalmát.**
- **Ismertesse a NUE komponenseit és számításuk módját.**
- **Ismertesse a kvantitatív jellegek sajátosságait és molekuláris elemzésük lehetőségét a NUE példáján.**
- **A kukorica nitrogén hasznosító képességében mely gének szerepe bizonyult meghatározó jelentőségűnek?**

**A következő előadás címe:**

**A NÖVÉNYEK KÉN TÁPLÁLKOZÁSÁNAK  
GENETIKAI ALAPJAI**

**KÖSZÖNÖM A FIGYELMÜKET**

**Az előadás anyagát készítette: Dr. Hoffmann Borbála**