

# EGY NÖVÉNYI REZISZTENCIAGÉN KÉT ARCA

**Az evolúció során a növényekben többféle védekezési stratégia alakult ki a kórokozók támadásával szemben. A védelmi rendszer fontos elemeit a különböző növényi betegségekkel összefüggő rezisztenciagének határozzák meg. Munkánk során egy jól ismert növényi rezisztenciagént: az N-gént vizsgáltuk meg – és nem várt érdekes eredményre jutottunk.**

**A** növények folyamatosan ki vannak téve különböző kórokozók – vírusok, baktériumok és gombák – támadásának. A betegségekre fogékony növényeken különböző látható tünetek jelennek meg, és szélsőséges esetekben el is pusztulhatnak a kórfolyamat során, de ami ennél is fontosabb: a súlyosabb fertőzések tetemes termés kiesést okozhatnak.

A kórokozók támadásának kivédésére a növényekben különböző védelmi rendszerek alakultak ki, amelyek szabályozását a betegség-rezisztenciagének biztosítják. Ez utóbbiak jelentőségét már a múlt század kezdetén felismerték,

azonban működésük mechanizmusa a mai napig nem teljesen tisztázott. A rezisztenciagének termékei olyan receptorfehérjék, amelyek valamilyen módon felismerik a növény számára idegen, kórokozó molekulákat, az effektorokat. Amennyiben a receptorfehérjék sikeresen felismerik a kórokozót, a növényben beindulnak a védekezési folyamatok: a fertőzés terjedése, a mikroorganizmusok szaporodása gátlást szenved, vagyis a növény rezisztens az adott kórokozóval szemben. Amennyiben a kórokozó felismerése nem vagy késve történik meg, akkor az adott kórokozó el tud terjedni és szaporodni a fertőzött növényben, mivel az fogékony az adott kórokozóra.

## Gén a génnel szemben?

Az idegen, kórokozó eredetű effektorfehérjék felismerésének lehetséges mechanizmusára, annak leírására

a legutóbbi évtizedekben kétféle elképzelés is született. Az első elmélet szerint *gén a génnel szembeni rezisztenciáról* van szó: az effektorfehérje közvetlenül kapcsolatba lép a receptorral, és ily módon történik meg a kórokozó felismerése, vagyis *direkt felismerésről* beszélhetünk.

Ám ez az elmélet feltételezi, hogy minden egyes, kórokozóból származó effektorfehérjéhez tartozik egy külön növényi receptor. Érdekes módon azonban a növényekben viszonylag kevés receptort kódoló betegség-rezisztenciagén ismert, míg az effektorfehérjék nagyon változatosak. Ebből adódóan szinte kizárt, hogy minden egyes effektorfehérjének saját receptora lenne a növényben.

Az előbbi ellentmondást próbálja feloldani egy másik elmélet, miszerint a kórokozóból származó effektorfehérje először egy másik növényi fehérjével lép kapcsolatba, annak szerkezetében kémiai változást idéz elő, és az így kialakult komplex kapcsolódik a receptorhoz, azaz *indirekt felismerésről* van szó. Ha a kórokozó felismerése megtörtént – akár direkt, akár indirekt módon –, a növényben különböző védekezési mechanizmusok indulnak be, melyek meggátolják a kórokozó terjedését és szaporodását a rezisztens növényben.

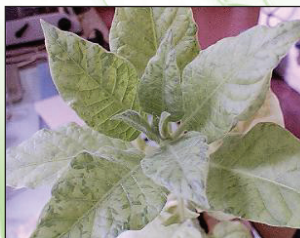
Az általunk vizsgált N-gén is egy ilyen betegség-rezisztenciagén, amely a dohány-mozaikvírus (*Tobacco mosaic virus*, TMV) fertőzésével szemben biz-

tosít rezisztenciát. Érdekes módon ez a kórokozó volt az első, amelynek vizsgálatával a vírusok létezését felfedezték, illetve tudományosan bizonyították. Az N-gén talán az egyik legismertebb vírus-rezisztenciagén, amely a TMV valamennyi ismert törzse ellen védelmet biztosít. Egy vad dohányfajból, a *Nicotiana glutinosa*-ból származó N-gén volt az első vírus-rezisztenciagén, amelyet molekulárisan izoláltak és jellemeztek.

A dohány-mozaikvírus egy széles gazdakörű vírus. A fontos termesztett növényeink

közül dohányon, paradicsomon, paprikán és uborkán, valamint számos dísnövényen is jelentős károkat okoz. Hazánkban 1950 óta figyelhető meg a fertőzés. A vírusra fogékony növényeken (a felső fiatal leveleken és termésein) jellegzetes tüneteket hoz létre: sötét és világoszöld területek oszlanak el mozaikszerűen. A fertőzött növények fejlődésükben visszamaradnak, a levelek alakja torzul, és előfordul, hogy a hajtás elhajlik. A TMV-vel szemben máig nincs hatékony kémiai vagy biológiai védekezési módszer, ezért fontos, hogy rezisztens fajtákat nemesítsenek ki.

Az N-gén a vadon élő *Nicotiana glutinosa* dohányfajból *keresztetéssel átvihető a termesztett dohányba is*. A köztermesztésben lévő legtöbb dohányfajta ma már tartalmazza az N-gént. Ezekben a vírussal szemben rezisztens növényekben a TMV fertőzése során

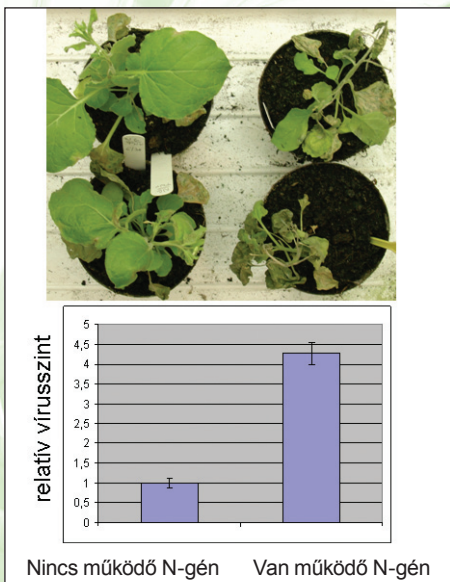


Jellegzetes mozaikos tünetek dohány-mozaikvírussal (TMV) fertőzött, fogékony dohányon (*Nicotiana tabacum*)

**OTKA**

K 61498

PUB-I 111137



**Azokban a növényekben (*Nicotiana benthamiana*), amelyek tartalmazzák a működő N-gént (jobbra), a dohány-nekrózisvírus (TNV) erősebb tüneteket okoz, és nagyobb mértékben halmozódik fel, mint azokban a növényekben, amelyek az N-gént nem tartalmazzák (balra)**

hiperszenzitív reakció (HR) alakul ki a vírus behatolási helyén: a behatolási helyet körülvevő szövetrész elhal, így a vírus nem tud továbbterjedni és megfertőzni az egész növényt, azaz lokalizálódik a fertőzött levelekben.

### Géncsendesítés

Az OTKA által támogatott kutatásaink kiinduló célja annak feltárása volt, hogy a TMV-vel szembeni rezisztenciát meghatározó N-gén molekuláris csendesítése, azaz gátlása milyen „mellékhatásokkal” jár együtt. Kíváncsiak voltunk arra, hogy az N-gén csendesítése miképpen befolyásolja a rezisztenciát egy TMV-vel nem rokon vírussal szemben, mint a dohány-nekrózisvírus (*Tobacco necrosis virus*, TNV), ahol a rezisztenciagén(ek) működése és a rezisztencia mechanizmusa ismeretlen.

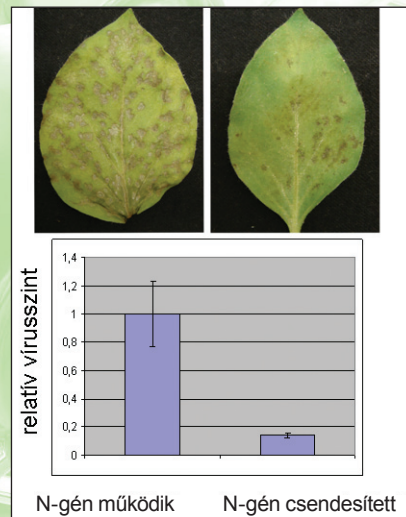
A vizsgálatokhoz használt *Nicotiana edwardsonii* dohánynövényekben a TMV-rezisztenciáért felelős N-gén molekulárisan csendesítve volt. Ez azt jelenti, hogy az N-gént tartalmazó növényekbe a génnek egy olyan változata is be lett építve génszintézis útján, amely „kioltotta” az eredeti N-gén hatását. Az N-gén tehát nem vagy alig tudott kifejeződni ezekben a növényekben, így végső soron nem képződött olyan receptorfehérje, amely felismerte volna az idegen do-

hány-mozzaikvírust. Ennek megfelelően a vírussal szembeni rezisztencia jelentősen romlott a géncsendesített növényekben. Amikor azonban egy másik, a TMV-vel nem rokon vírussal, a dohány-nekrózisvírussal (TNV) fertőztük a csendesített N-gént hordozó növényeket, meglepetésünkre azt tapasztaltuk, hogy a TNV-vel szembeni rezisztencia nem csökkent, hanem fokozódott.

Ezek szerint az olyan növényekben, ahol az N-rezisztenciagén megfelelően működik – vagyis nincs géncsendesítés –, a dohány-nekrózisvírus jobban képes terjedni és felhalmozódni, mint azokban a növényekben, amelyekben a gént csendesítettük. Egy TMV-vel szemben hatásos rezisztenciagén tehát fogékonyági faktorként hathat egy másik vírussal, a TNV-vel szemben. Állításunk további bizonyításához olyan dohányfajt fertőztünk TNV-vel, ahol egyes növények nem tartalmazzák az N-gént, illetve ugyanezen dohánynövények olyan változatát is, melyek tartalmazzák a működő N-gént. Azt tapasztaltuk, hogy az N-gént tartalmazó dohánynövényekben a vírus jóval erősebb tüneteket okoz, és a vírusrészlet mennyisége is jelentősen nagyobb az N-gént nem tartalmazó növényhez képest.

### Ellenálló és fogékony növény

Kutatásunk szerint tehát a TMV ellenható N-rezisztenciagén egy, a TMV-től rendszertanilag eltérő, nem rokon vírussal (például a TNV-vel) szemben fogékonyági faktorként (génként) működik. A szakirodalomban ismert néhány példa arra, hogy különböző gombás növényi betegségek esetén egy rezisztenciagén meglehetősen bizonyos gombakórokozóval szemben rezisztenciát, míg egy másik gombakórokozóval szemben fogékonyágot mutat. Talán a legismertebb ilyen rezisztenciagén az árpaiban található *mlo5*-gén, amely rezisztenciát biztosít az árpalisztharmat fertőzésével szemben. Ugyanakkor az *mlo5*-rezisztenciagént tartalmazó árpa fogékonyvá válnak egy másik növénykórokozó gombával, a *Bipolaris sorokiniana*-val – az árpa barna levélfoltosságának kórokozójával – szemben.



**Azokban a növényekben (*Nicotiana edwardsonii*), amelyekben az N-gén csendesítve van (jobbra), a dohány-nekrózisvírus (TNV) kevésbé okoz tüneteket és kisebb mértékben halmozódik fel, mint azokban a növényekben, ahol az N-gén megfelelően működik (balra)**

Eredményeink elsőként mutatnak rá arra az eddig nem ismert tényre, hogy ugyanaz a növényi gén a különböző vírusokkal szemben rezisztenciát és fogékonyágot egyaránt meghatározhat. A termesztett növények betegség ellenállóságra történő nemesítése során rendkívül fontos annak tisztázása, hogy egy adott rezisztenciagénnek milyen „mellékhatásai” lehetnek: nem befolyásolja-e károsan a növény élettani, agronómiai stb. tulajdonságait amellet, hogy egy adott kórokozó – vírus, gomba vagy baktérium – ellen rezisztenciát biztosít.

Tanulságos, hogy még egy jól ismert, alaposan jellemzett rezisztenciagén, mint az N-gén esetében is, előfordulhatnak ilyen nem várt „mellékhatások”. Egy adott betegség-rezisztenciagén nem várt hatásainak kiszűrésével megakadályozható egyebek között az is, hogy a köztermesztésbe kikerülő, adott kórokozóra rezisztens növényfajta egy másik kórokozóval szemben fokozottan fogékony legyen. Így a jövőben potenciálisan megelőzhető egyes nem várt növényvédelmi problémák (járványok) kialakulása.

KÜNSTLER ANDRÁS  
KIRÁLY LÓRÁNT