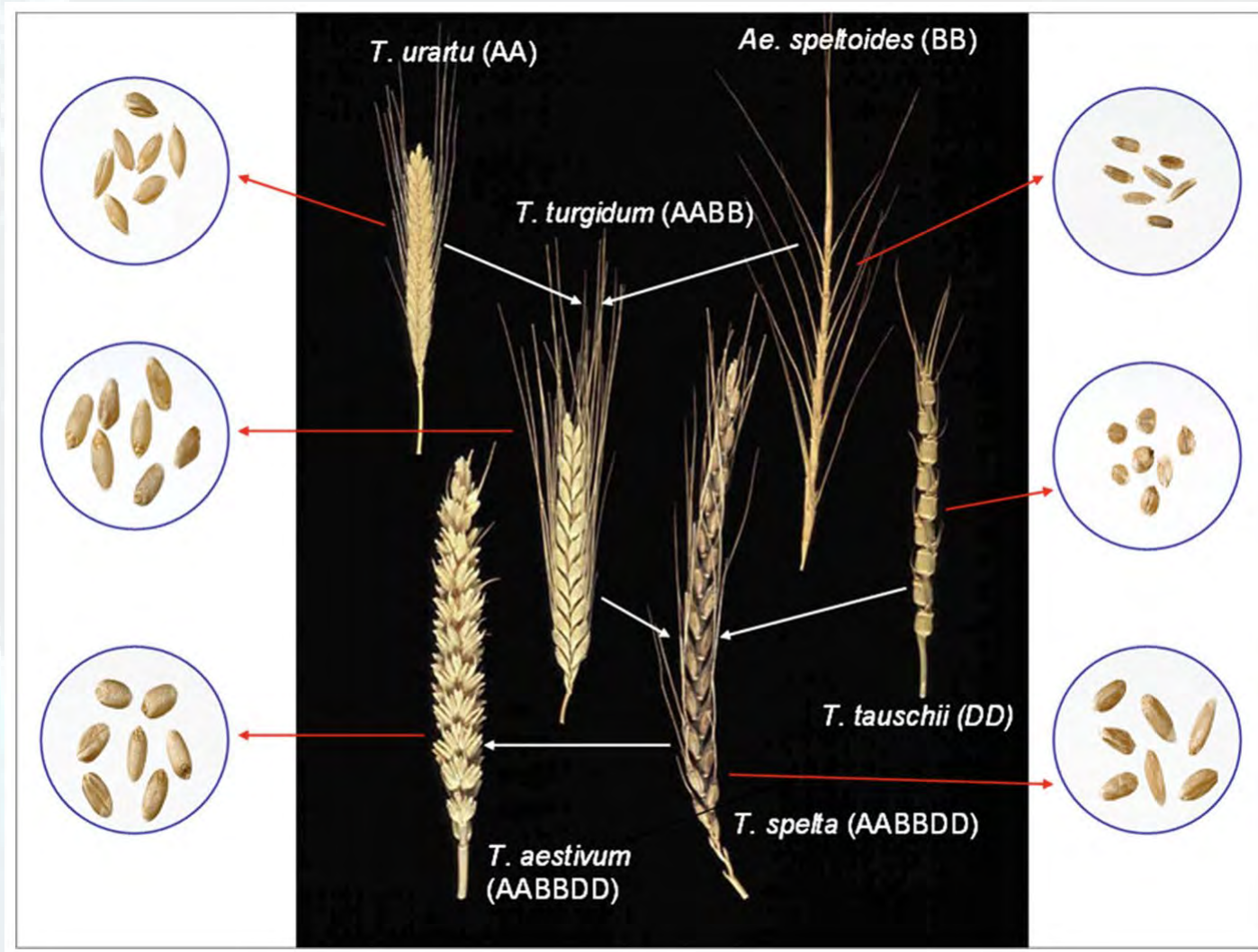


Génszerkesztés, avagy a precíziós nemesítés

Palkovics László

450. SpriccKlub, Budapest 2025. október 6.



Az első búzatermesztésre 10 000 évvel ezelőtt került sor, a „neolitikus forradalom” részeként, amely során a vadászatból és az élelmiszergyűjtésből áttértek a letelepedett mezőgazdaságba. Ezek a legkorábbi termesztett formák a diploid (AA genom) (einkorn) és a tetraploid (genom AABB) (emmer) búza voltak, és genetikai kapcsolatuk azt jelzi, hogy Törökország délkeleti részéből származtak.

Az első lépés

*Paul Berg és társainak felhívása az
„asilomari levél”*

1974

Asilomar 1975

génsebészeti etikai kódexe

The Nobel Prize in Chemistry 1980



Paul Berg

Prize share: 1/2



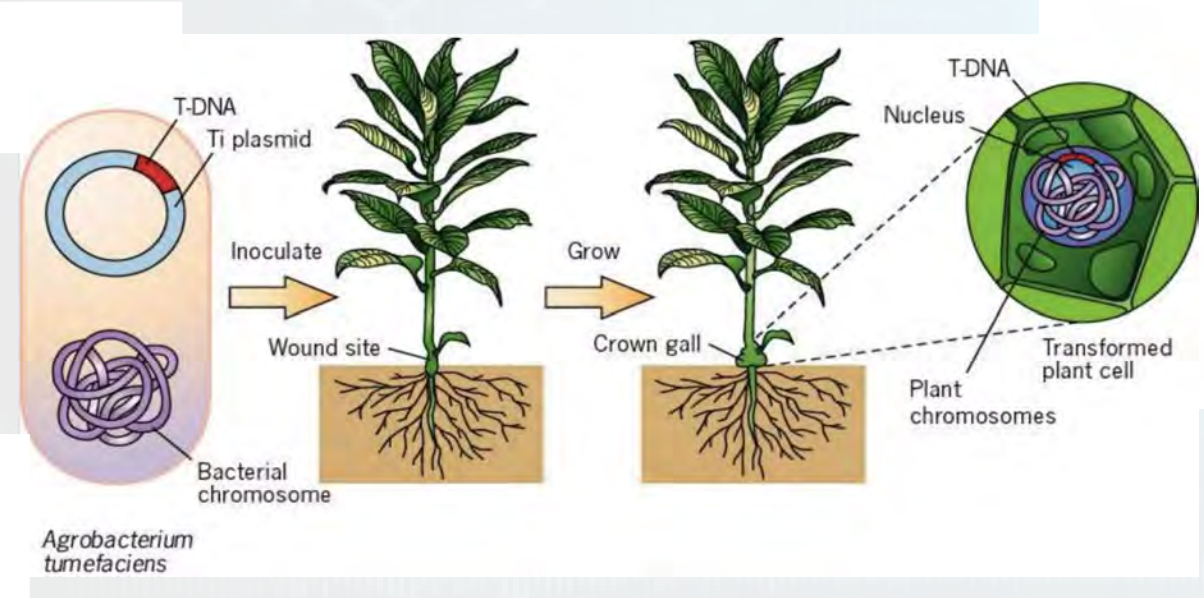
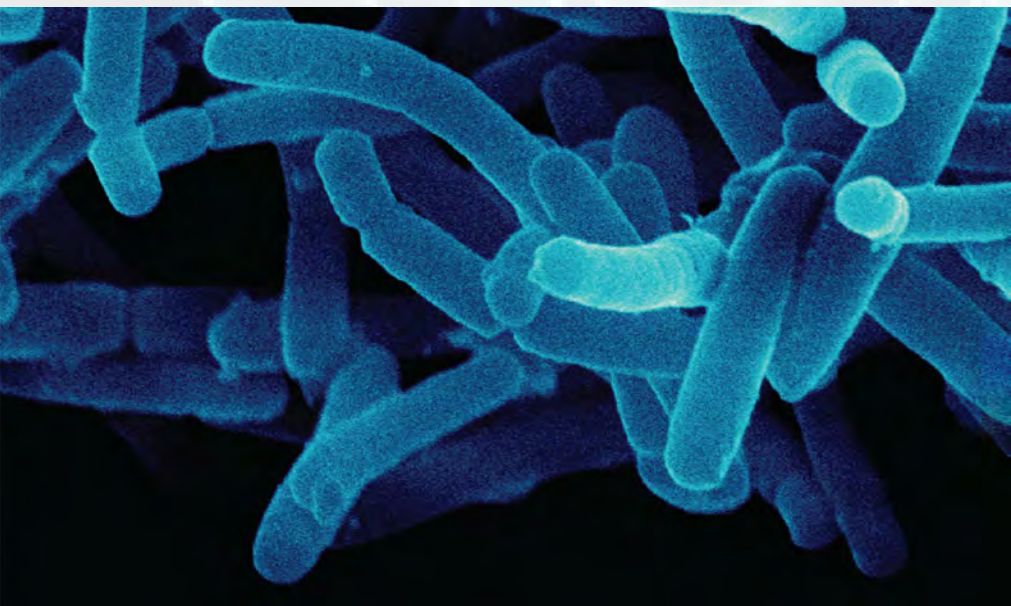
Walter Gilbert

Prize share: 1/4



Frederick Sanger

Prize share: 1/4

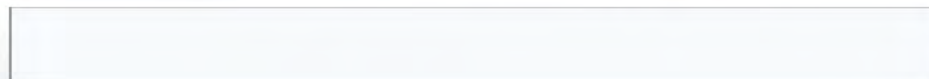




The natural pathogenesis of *Agrobacterium tumefaciens*

P. Sforza, G. Lacy,
M. A. Hansen, and J. Jelesko

© 2002

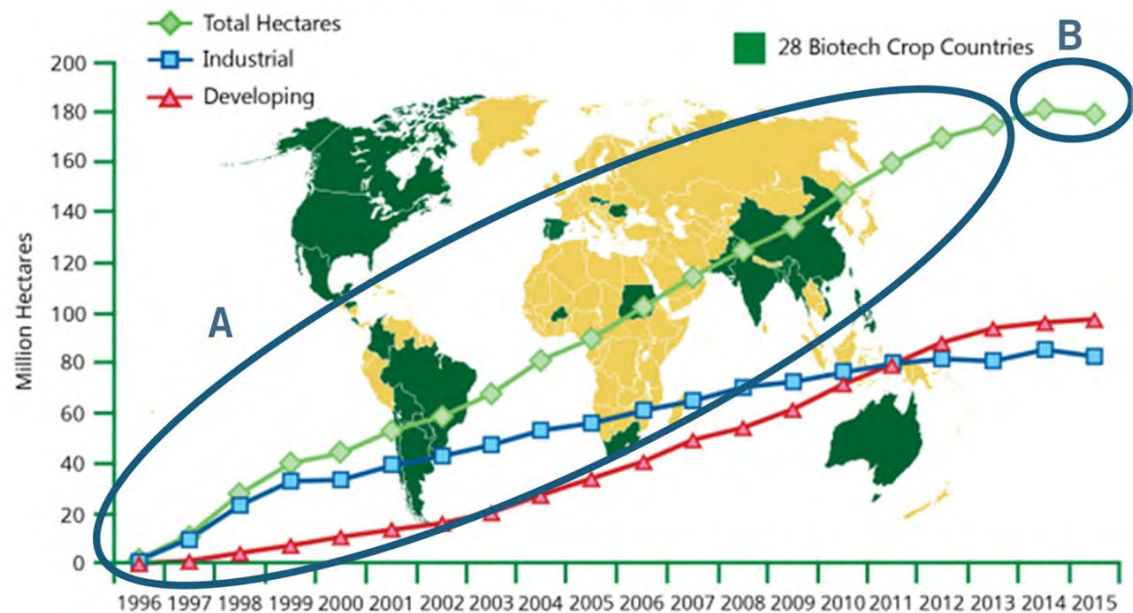


00:00,00





GLOBAL AREA OF BIOTECH CROPS Million Hectares (1996-2015)



Up to ~18 million farmers, in 28 countries planted 179.7 million hectares (444 million acres) in 2015, a marginal decrease of 1% or 1.8 million hectares (4.4 million acres) from 2014.

Source: Clive James, 2015.



A növényi vírusellenállóság



Burgonya Y vírus (PVY)
rezisztens
transzgénikus növények
szántóföldi tesztje







Védekezés



Kanada: 40 millió \$

Spanyolország: 2 millió fa
15 millió € kompenzáció
50 millió € termés kiesés



Bt kukorica, Spanyolország 10–40%-kal magasabb termés



Kevesebb mikotoxin = magasabb minőség





Világsiker volt a magyar „atommután” rizs



Rizsföld Kunszentmiklóson

Fotó: Fortepan/ Kovács Márton Ernő

Dr. Simon József és Sajó Zoltán az addigra hazánkban szinte egyeduralkodó Cesariot nevű francia rizsfajtaival kísérleteztek. A vetőmagokat tiszta gyorsneutron-sugárzással kezelték a Bécs közelében működő seibersdorfi atomreaktorban. A cél (a terméshozam lehetséges növelésén túl) a tenyészidő rövidítése volt. Az első besugárzást 1966-ban végezték el és 1972-ben már piackész volt az új jövevény. A Nucleoryza 23–25 nappal korábban érett be.

[illegible]

Ez az ízben tisztultak el Magyarország élelmiszer- és gyógyszeripari vállalkozásainak, amelyeknek működését a gazdasági válság nem érintette. A lakosság számára is javult a helyzet, mert az Április 15-én kezdődött a szigorú karantén, ami az élelmiszer- és gyógyszeripar számára is kedvező volt. Az emberek számára is javult a helyzet, mert az Április 15-én kezdődött a szigorú karantén, ami az élelmiszer- és gyógyszeripar számára is kedvező volt.

társaság, étkezési kápolna-, len-, hab-, borsó-, porradícsom- és papírhalmazok nem mutatnak szennyező elváltozást és a belső káros növények egy része már igen;

szint a lakó- és kereskedelmi
üzemek a legnagyobb sugar-
tartományban rendezői, növények
magvaitól szőlő ki, sokkal
elcsúsztatott a többire.

A szobák sugárkezelésén jelentős szerepet játszóknak tartják a természetes és mesterséges sugárforrások, azaz a radioaktív kőzetek. A föld mélyeiben található természetes kőzetek és a földfelszínen elhelyezkedő kőzetek sugárforrások, ezért is fontosak.

A study regarding the
effectiveness of the
study on the study.

A radioktív beszállás által okozott károkat azonosítva a magyar beszállásokról már eddig elért eredmények. Az Agrárterv dalmányi Egyetem növénytermesztési tanszéke ezzel a módszerrel több olyan károsanyagot állapított elő, amelyekről több leghíjesebb állományban volt feltételezett, tehát megkezdte a tisztázást, mint a jelenlegi állományok.

SZTÁR

Többen ismerik
őket, a gyárák-
ban látnak, min-
nek nevén szed-
sülszék. Majd-
nem naponta ran-
dosnak egy
egyben ország tv-
közvetítés. Ezért
egyedül látnak
színházban kame-
ra alá. Götthard
ismerkedett, ran-
dosnak színház, me-
szárszék.

Cobalt slug used to irradiate field is remotely controlled from building at left and when not in use rests in vault under ground encased in a lead container

COBALT ⁶⁰ SLUG
EMITS GAMMA RAYS

UNDERGROUND REMOTE-CONTROL CABLE

LEAD CONTAINER

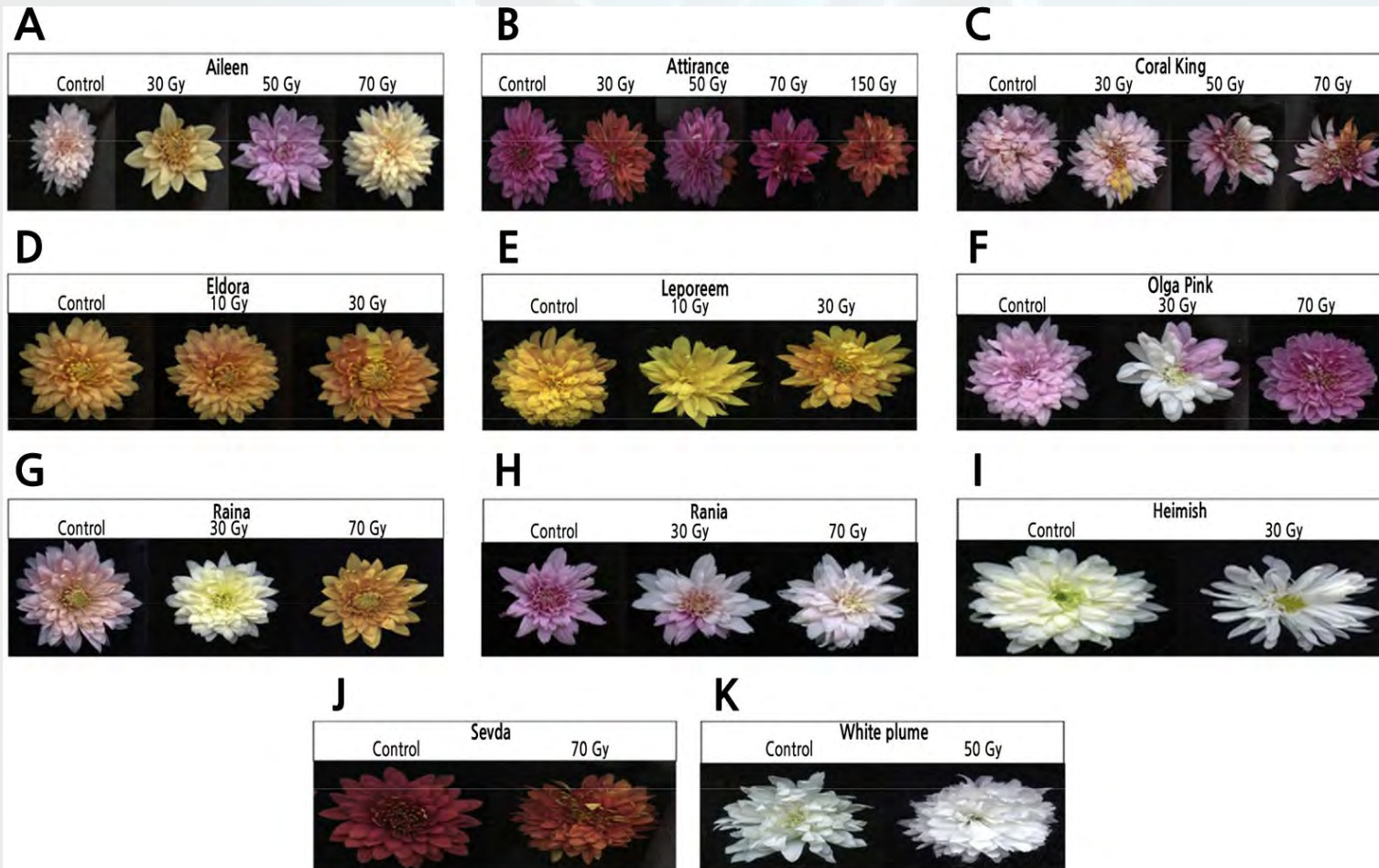


Variability of Chrysanthemum Cultivars Induced by Gamma Irradiation

Saika Anne¹, Jin Hee Lim^{1*}

¹Department of Plant Biotechnology, Sejong University, Seoul 05006, Korea

*Corresponding Author



Zinnia elegans



A

B

C

D

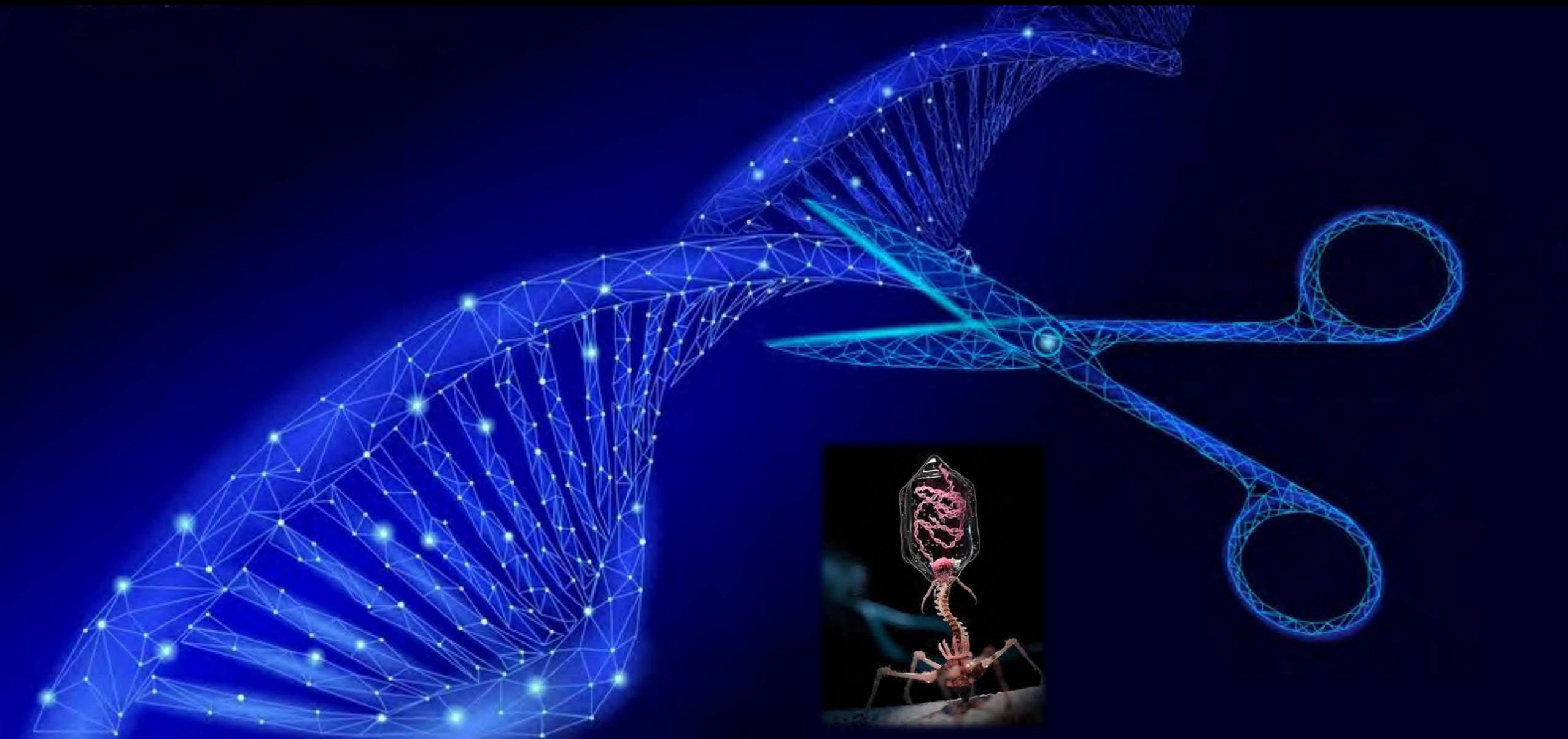
E



A legfontosabb grapefruitfajták, az Egyesült Államokban elsőként ültetett fehér magvú grapefruittól a Duncantól származnak, a sötétvörös Rio Red grapefruitig. (A) „Duncan”, (B) „White Marsh”, (C) „Ruby Red”, (D) „**Rio Red**” és (E) „**Star Ruby**”



Szelekciós nemesítés	Mutációs nemesítés	Transzgénikus nemesítés	Precíziós nemesítés
évezredek óta	1920-as évek óta	1980-as évek óta	2010-s évek óta
a kívánt gén számos más génnel együtt épül be, amelyeket azután ki kell keresztezni	a kívánt mutáció számos más véletlenszerű mutációval együtt jön létre, amelyeket esetleg ki kell keresztezni	csak a kívánt gén épül be, de véletlenszerűen beillesztett	a genetikai változtatások szélesebb köre érhető el, potenciálisan minden növényfajban
véletlenszerű, lassú, fajok közötti korlátok	véletlenszerű, kiszámíthatatlan, de viszonylag gyors	véletlenszerű beillesztés, idegen gének beillesztése	precíz, gyors, nem hagy nyomot, nincs idegen gén csak megváltozott, kedvező tulajdonság



PRECÍZIÓS NEMESÍTÉS

CRISPR – rövid ismétlődő palindróm DNS

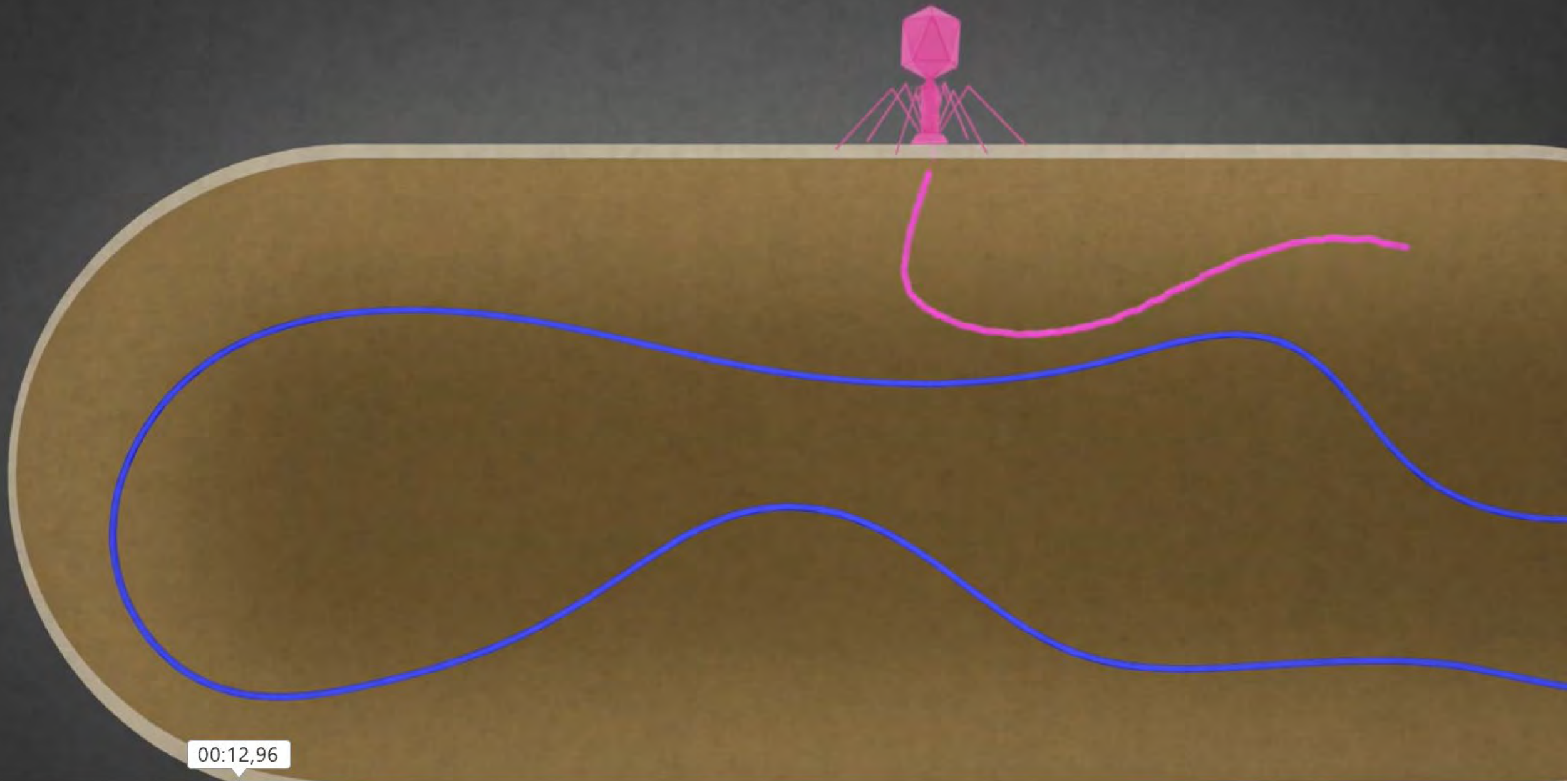
**Clustered
Regulatory-
Interspaced
Short
Palindromic
Repeats**

Kis erek mentén lép
sík ölen odavan a
bánya rabja, jaj
Baranyában a vadon
élő Kis Pálnét nem
keresik.

A leghosszabb magyar palindrom szerzője korának egyik nagy sakkozója, **Breyer Gyula**. A magyar sakknagymester szerelmes levele az 1800-as évek vége tájáról 185 szót és 916 betűt tartalmaz:



„Nádasi K. Ottó, Kis-Adán, májusi szerdán e levelem íram: A mottó: Szívedig íme visz írás, kellemest író! Színlelő szív, rám kacsintál! De messzi visz szemed... Az álmok – ó, csaló szirének ezek, ó, csodaadók – elé les. Írok íme messze távol. Barnám! Lám, e szívindulat Öné. S ím e szív, e vér, ezeket ereszti ki: Szívem! íme leveled előtttem, eszemet letevő! Kicsike! Szava remegne ott? Öleli karom át, Édesem! Lereszket „Éva-szív” rám. Szívem imád s áldozni kér réveden, régi gyerekistenem. Les, ím. Előtte visz szíved is. Ég. Érte reszketek, szeret rég, és ide visz. Szívet – tőlem is elmenet – siker egy ígérne, de vérré kínozod (lásd ám: íme, visz már, visz a vétek!) szerelmesedét. Ámor, aki lelőtt, ó, engem: e ravasz, e kicsi! Követeltem eszemet tőled! E levelem íme viszi... Kit szeretek ezer éve, viszem is én őt, aludni viszem. Álmán rablóvá tesz szeme. Mikor is e lélekodaadó csók ezeken éri, szól: A csókom láza de messzi visz! Szemed látni csak már! Visz ölelni! Szoríts! Emellek, Sári, szívemig! Ide visz: Ottó. Ma már ím e levelen ádress is új ám: Nádasi K. Ottó, Kis-Adán.”



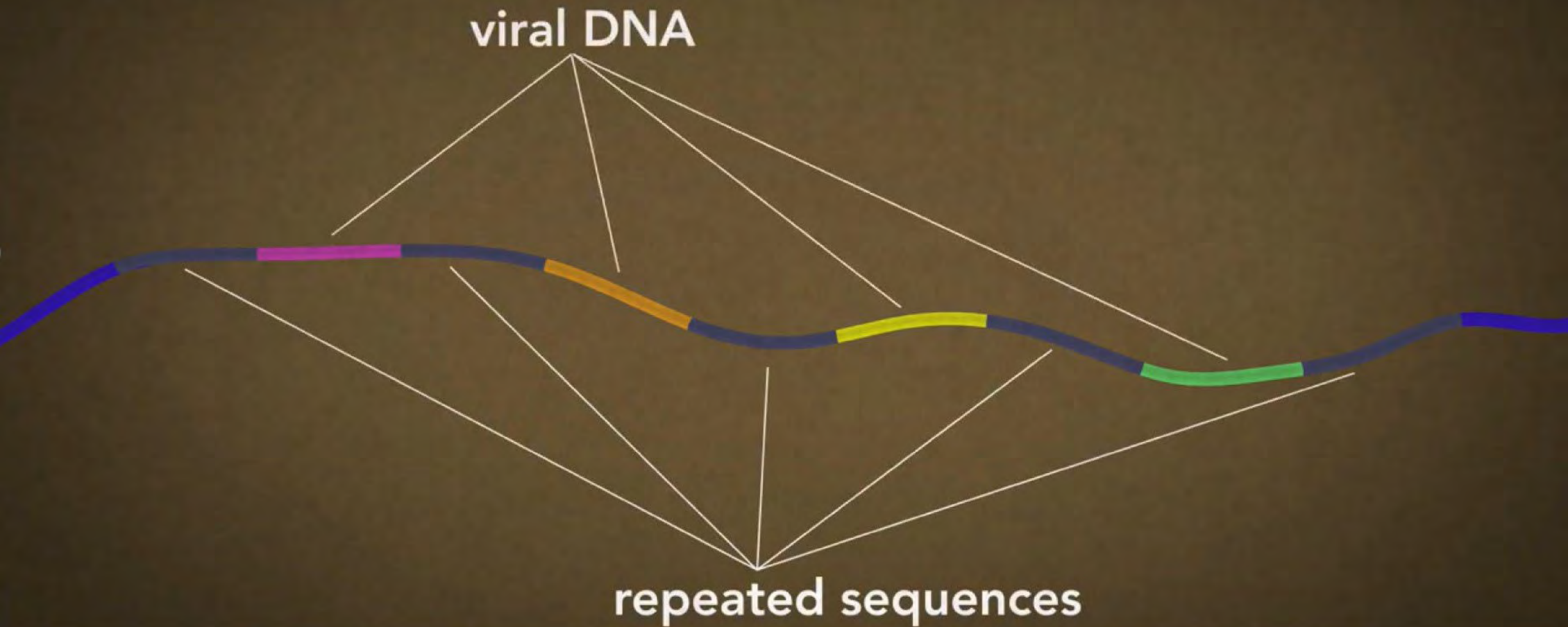
00:12,96



00:12,96

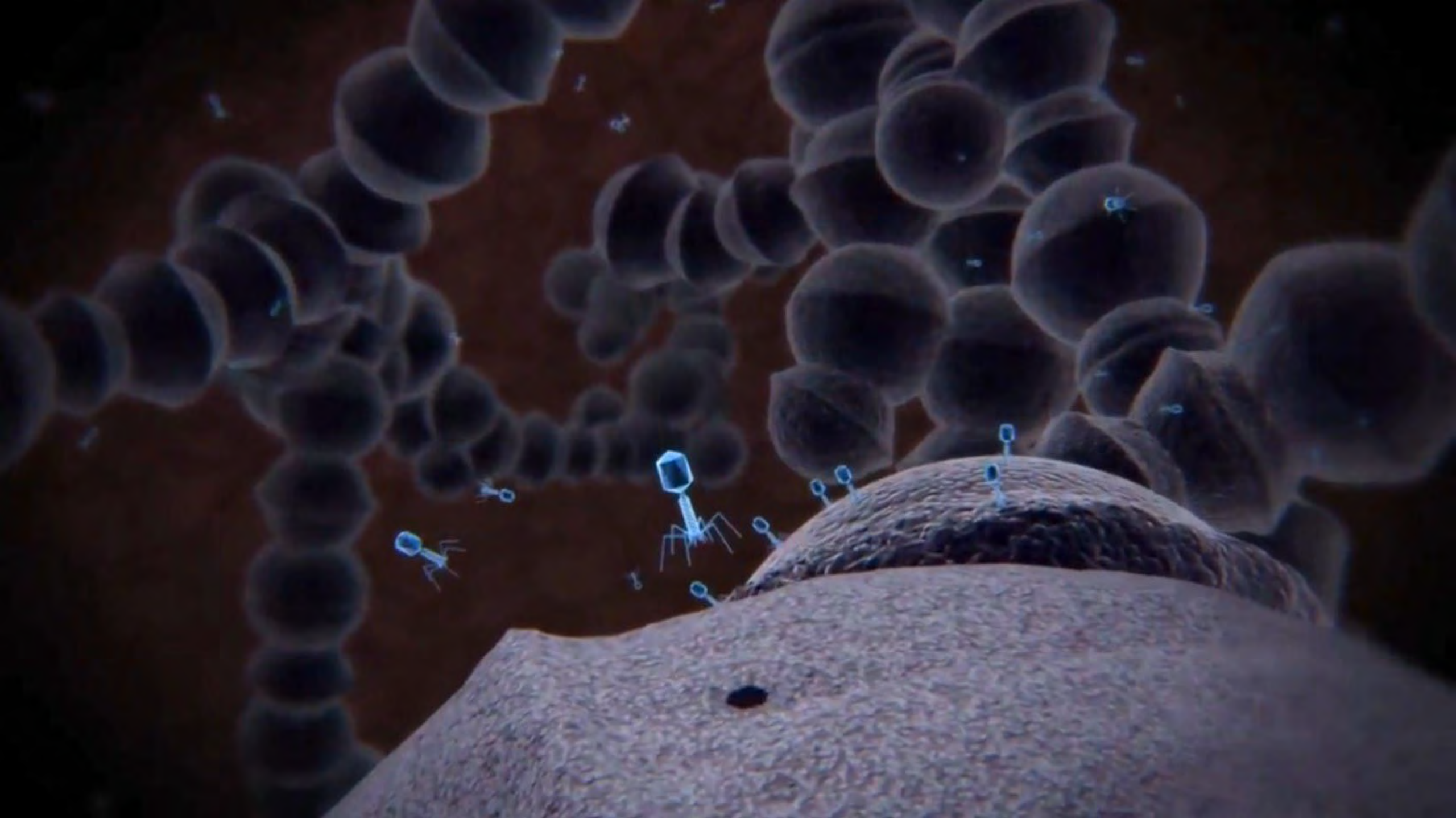


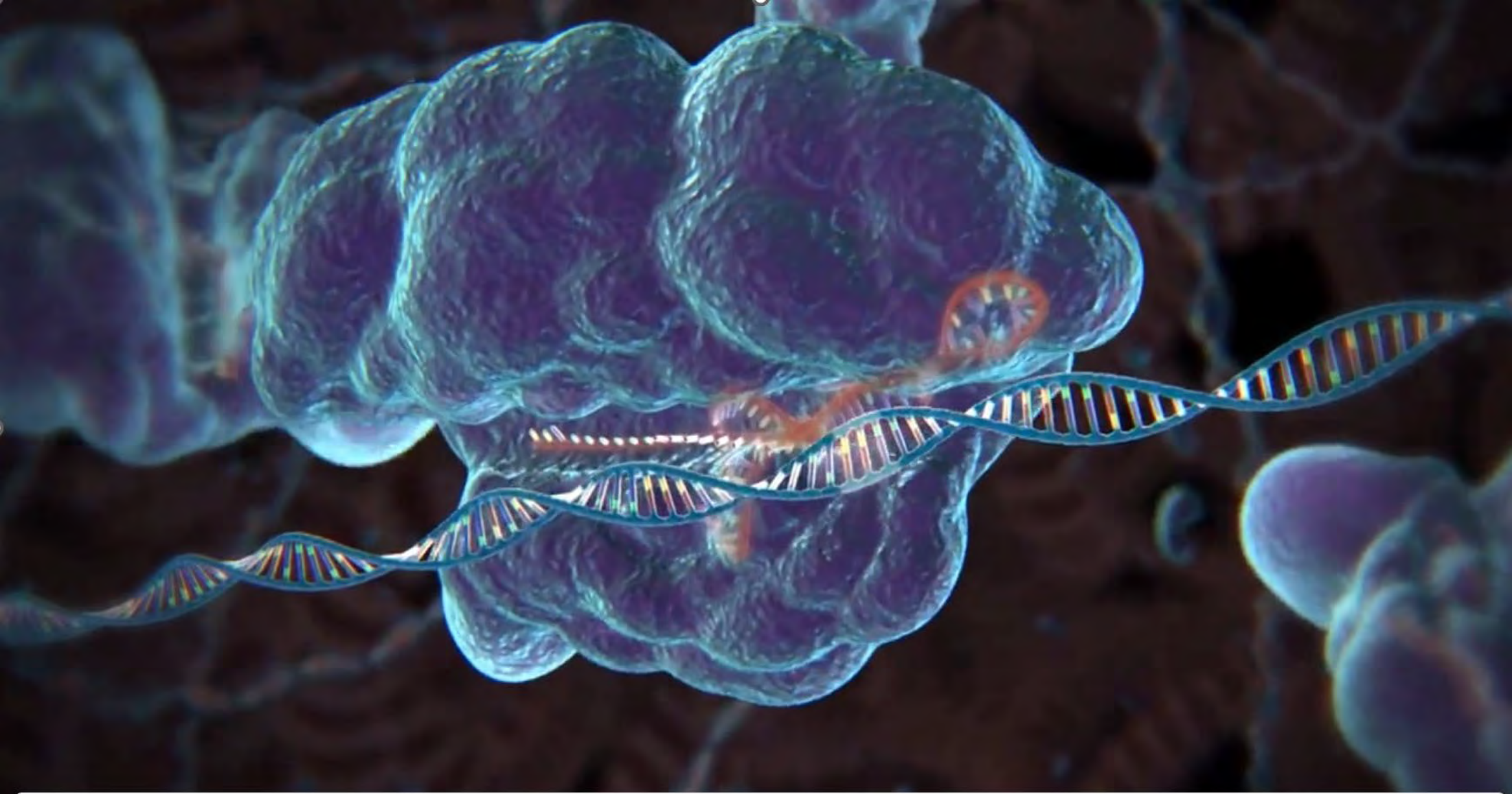
CRISPR DNA



00:25,37

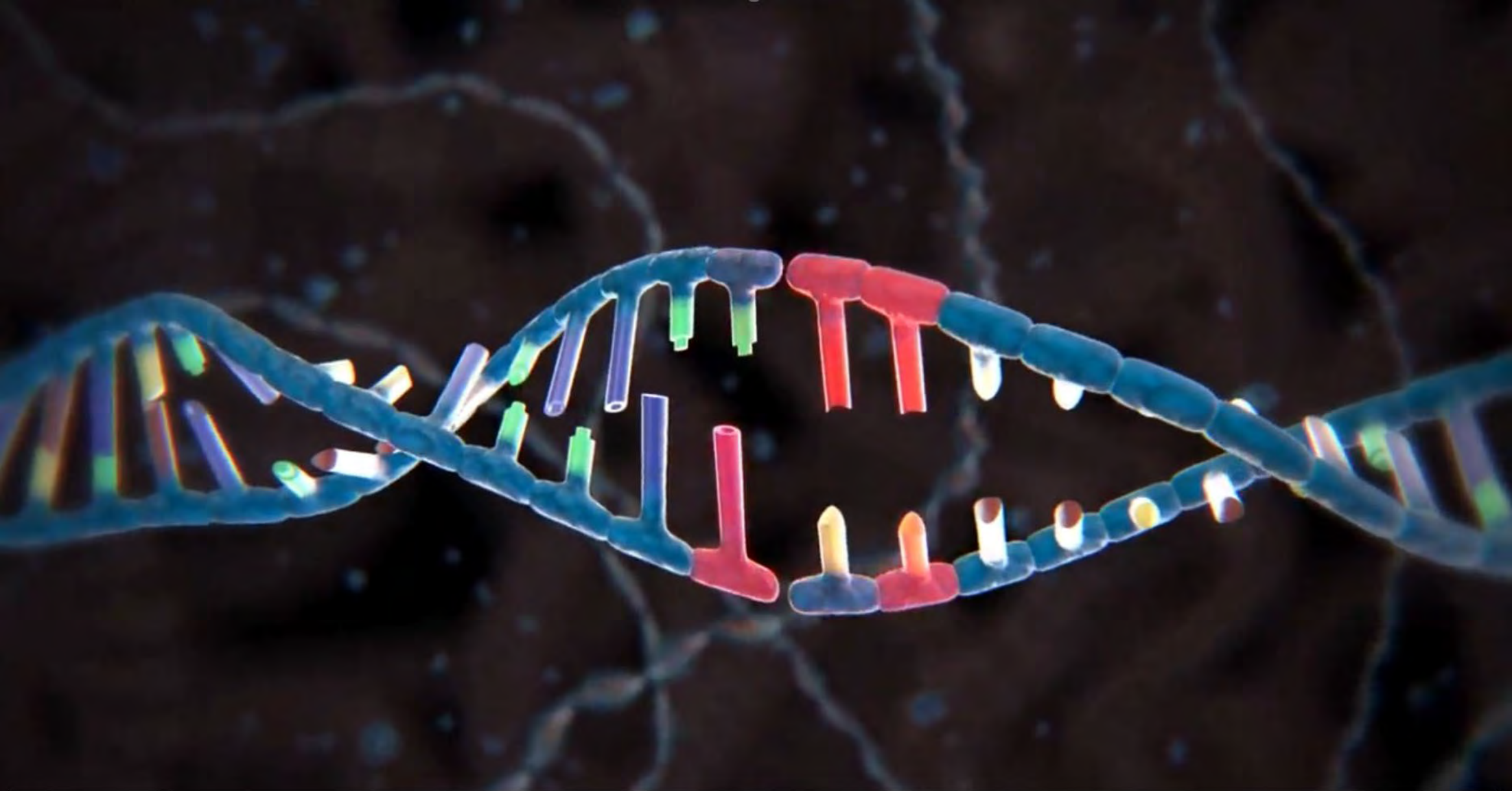






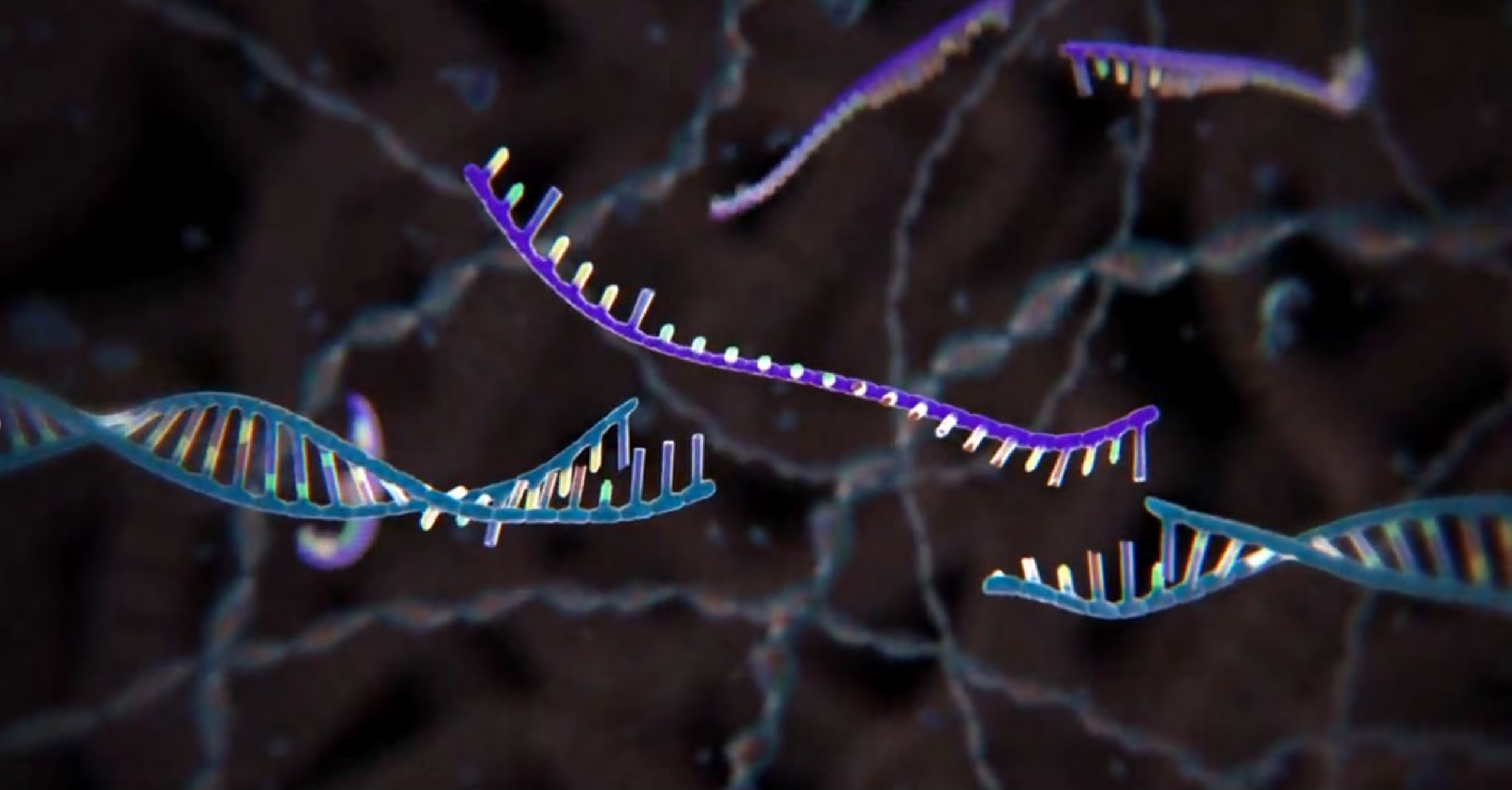
01:07,67





01:34,26





01:57,19



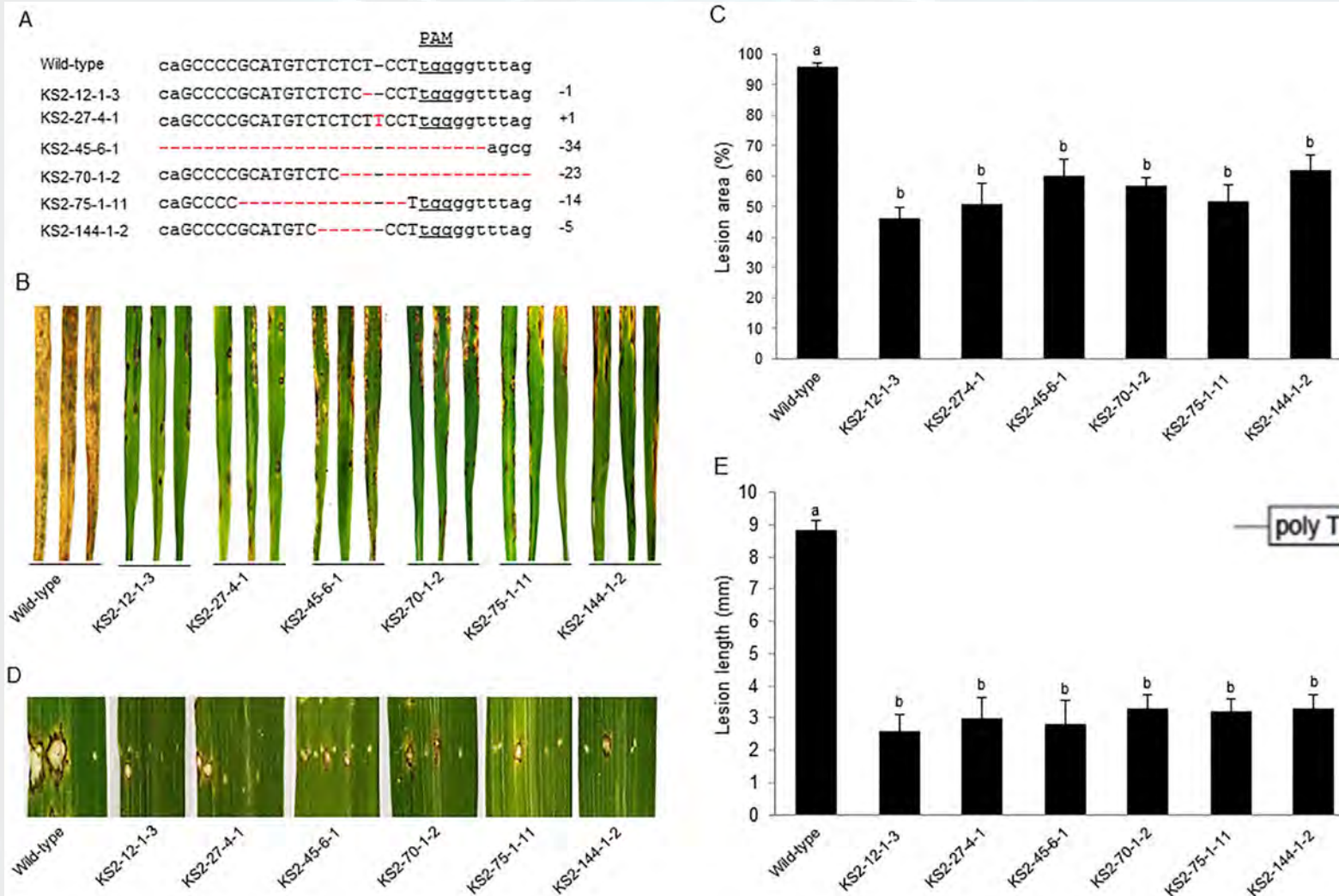
Jennifer A. Doudna és Emmanuelle Charpentier 2020 kémiai Nobel díj



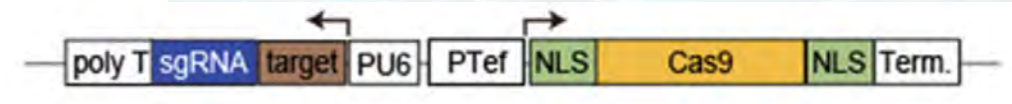


Az európai adatbázisban (EUGENIUS 962 genetikai módosítás található), ebből 63 GE genetically engineered jelzésű bejegyzés található, ez 56 növény (22 növényfaj), 6 állat és 1 gomba.

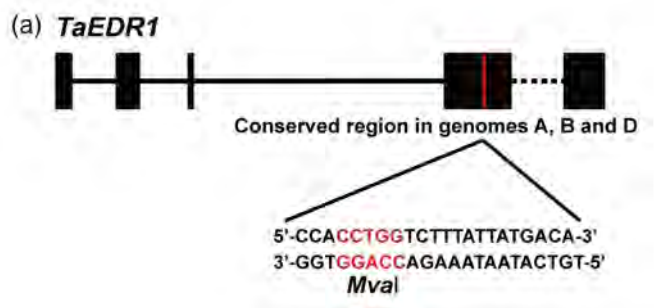
Az OsERF922 fehérjét kódoló gén kikapcsolása CRISPR/Cas9-irányított mutagenézissel a járványos rizsbarnulás *Pyricularia (Magneporte) oryzae* tüneteit csökkenti.



Polyethylene glycol
(PEG) közvetített protoplaszt
tranzien্স expresszió



Lisztharmat toleráns búza: a TaEDR1 kináz gén kikapcsolása CRISPR/Cas9 módszerrel



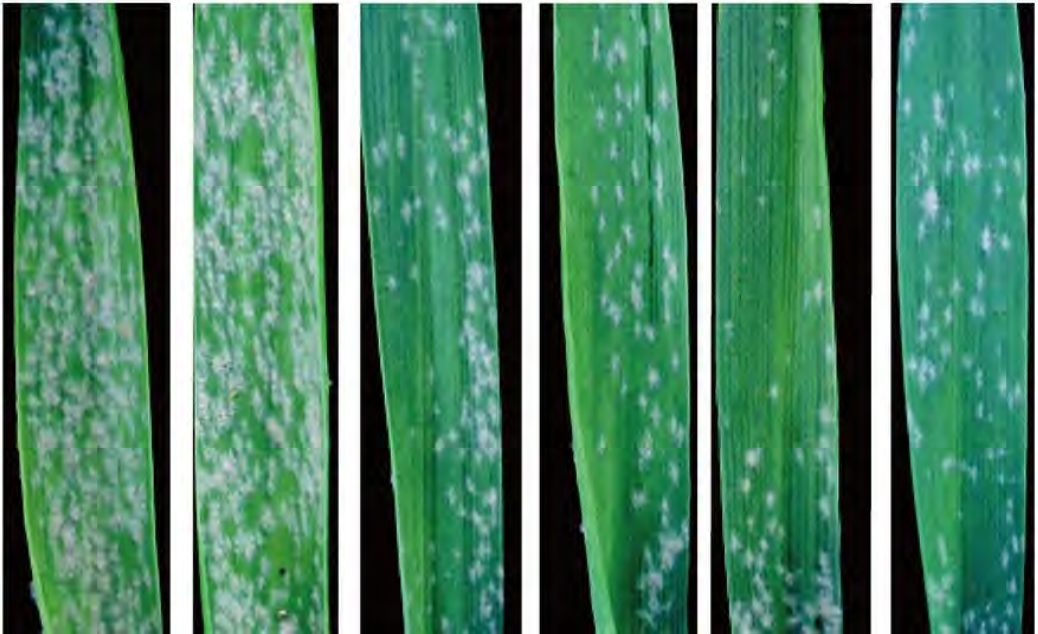
(c)

T-EDR1-Target

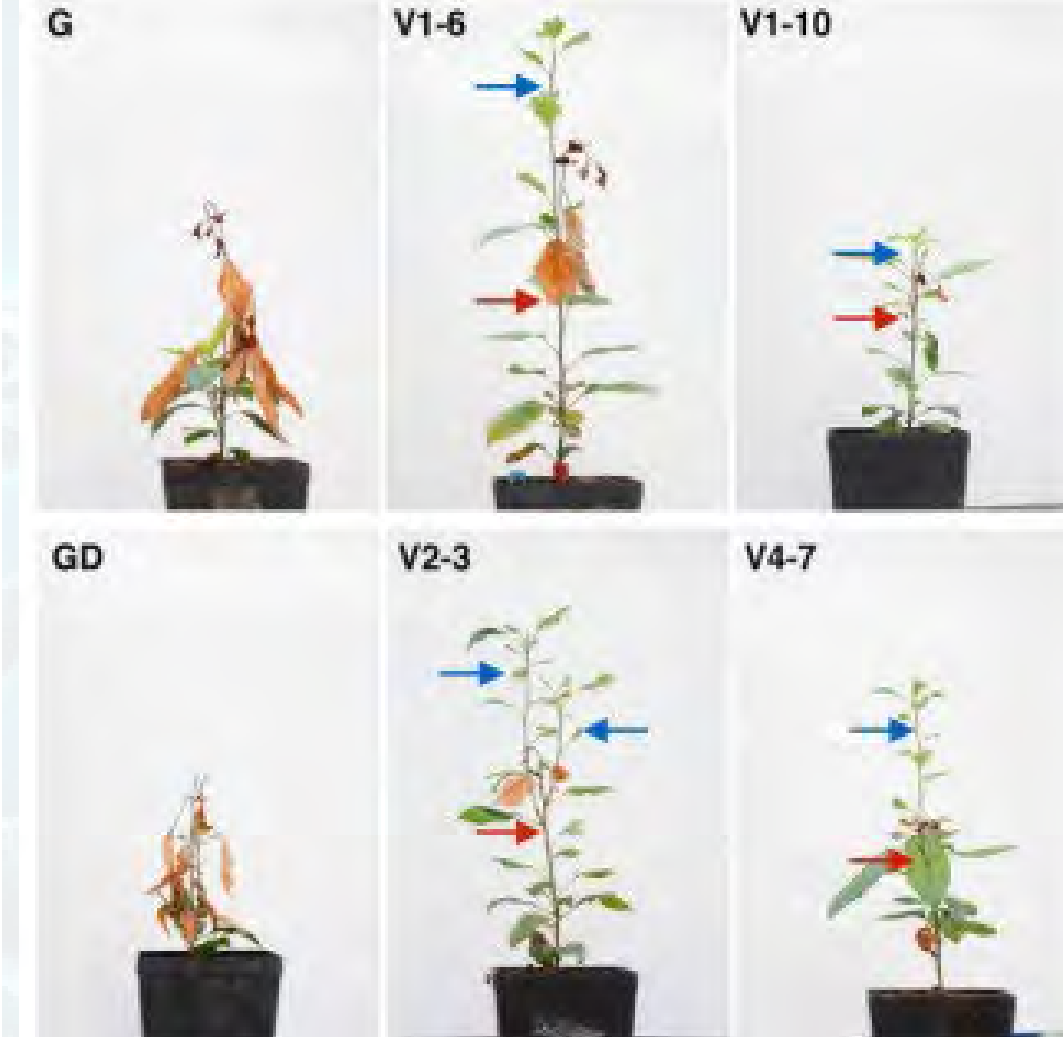
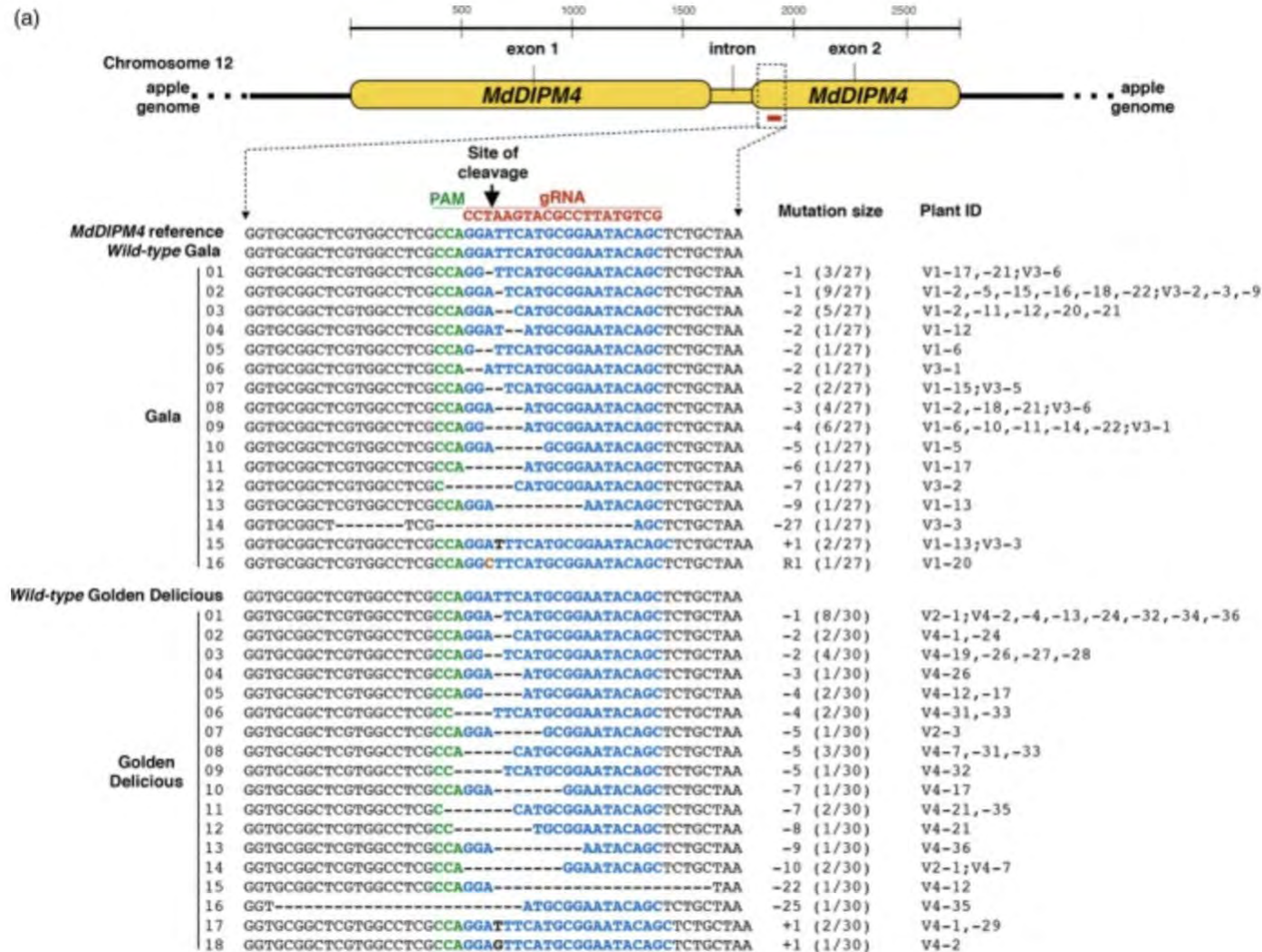
WT :	CCACCTGGTCTTTATTATGACAAGATGCTTGGTACCTCTTCTATG	
T1-2-1 A:	CCA-----CTTCTATG	-34
T1-2-1 B:	CCACCTG-----CTTGGTACCTCTTCTATG	-20
T1-2-1 D:	CCACCTGGGTCTTTATTATGACAAGATGCTTGGTACCTCTTCTATG	+1
T1-2-2 A:	CCA-----CTTCTATG	-34
	CCACCTTGGTCTTTATTATGACAAGATGCTTGGTACCTCTTCTATG	+1
T1-2-2 B:	CCACCTG-----CTTGGTACCTCTTCTATG	-20
T1-2-2 D:	CCACCTGGGTCTTTATTATGACAAGATGCTTGGTACCTCTTCTATG	+1
T1-2-3 A:	CCA-----CTTCTATG	-34
	CCACCTTGGTCTTTATTATGACAAGATGCTTGGTACCTCTTCTATG	+1
T1-2-3 B:	CCACCTG-----CTTGGTACCTCTTCTATG	-20
T1-2-3 D:	CCACCTGGGTCTTTATTATGACAAGATGCTTGGTACCTCTTCTATG	+1
T1-3-1 A:	CCA-----CTTCTATG	-34
	CCACCTTGGTCTTTATTATGACAAGATGCTTGGTACCTCTTCTATG	+1
T1-3-1 B:	CCACCTG-----CTTGGTACCTCTTCTATG	-20
T1-3-1 D:	CCACCTGGGTCTTTATTATGACAAGATGCTTGGTACCTCTTCTATG	+1
T1-3-2 A:	CCACCTTGGTCTTTATTATGACAAGATGCTTGGTACCTCTTCTATG	+1
T1-3-2 B:	CCACCTG-----CTTGGTACCTCTTCTATG	-20
T1-3-2 D:	CCACCTGGGTCTTTATTATGACAAGATGCTTGGTACCTCTTCTATG	+1
T1-5-1 B:	CCAC-----TTCTATG	-34

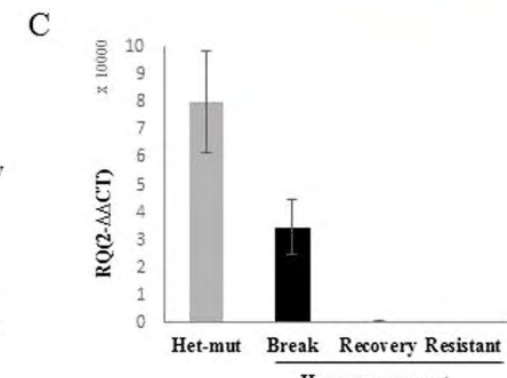
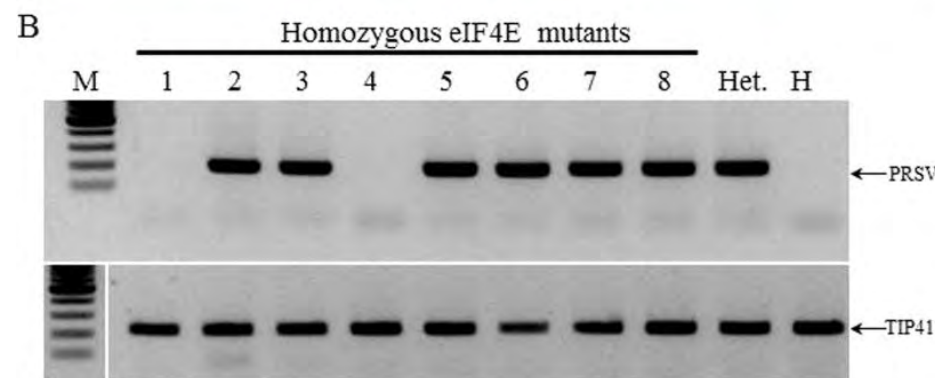
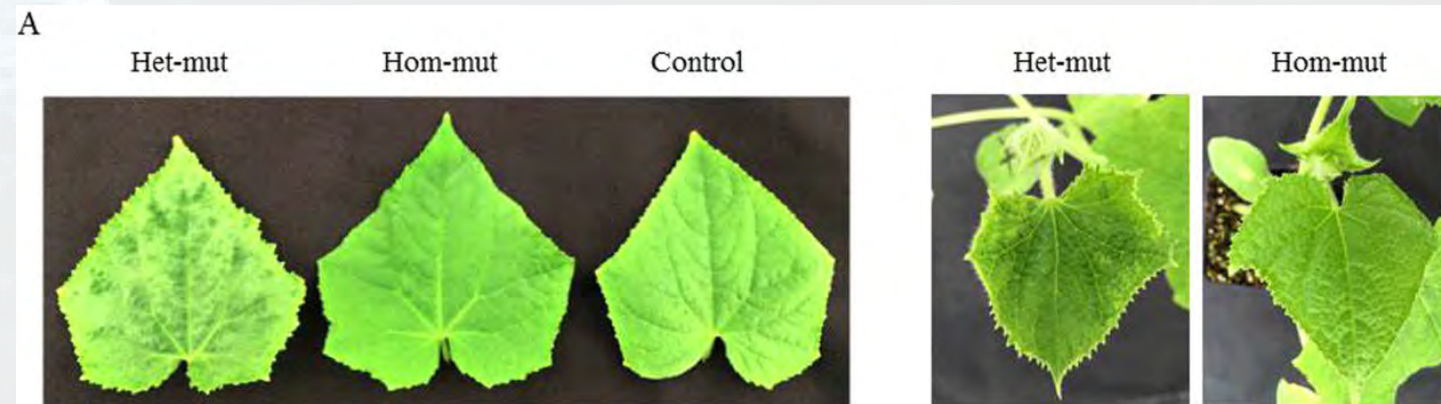
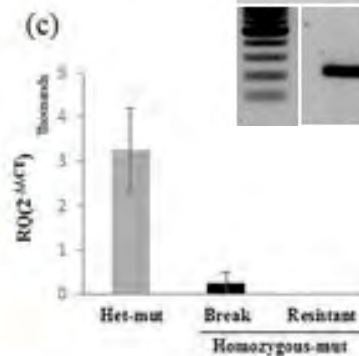
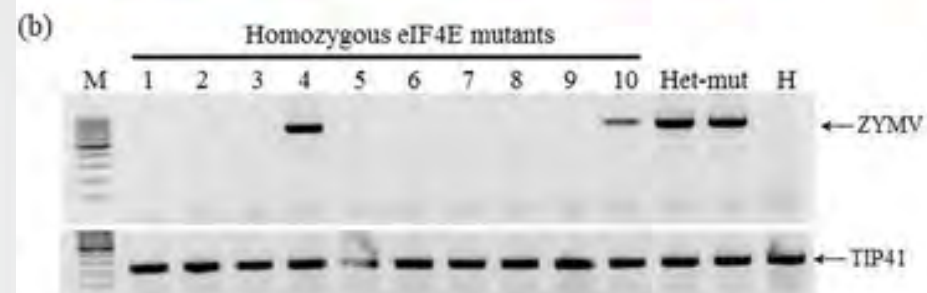
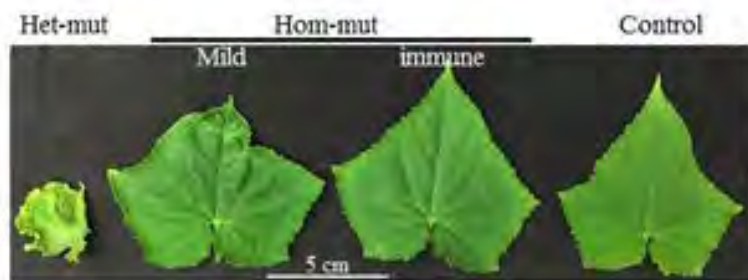
(d)

KN1 KN2 T1-2-1 T1-2-2 T1-2-3 T1-3-1



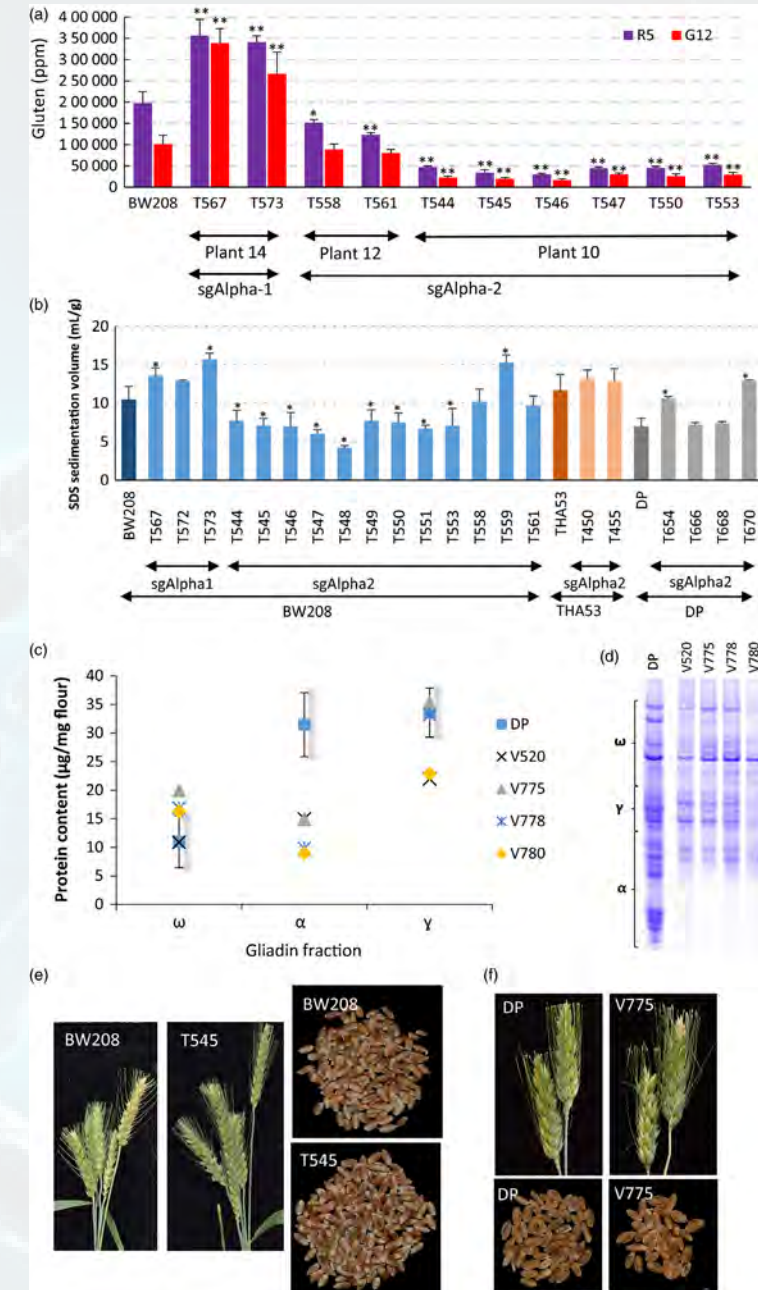
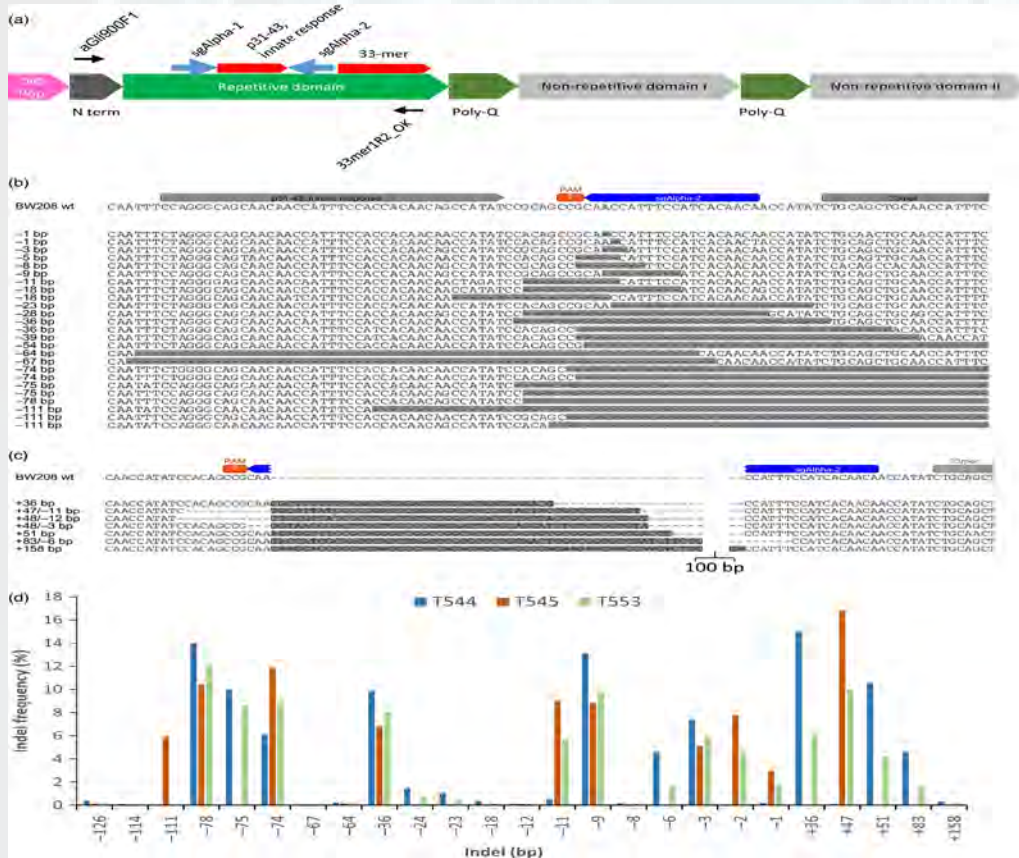
Az MdDIPM4 fehérjét kódoló gén kikapcsolása CRISPR/Cas9-irányított mutagenézissel a tűzelhalás *Erwinia amylovora* tüneteit csökkenti





Vírusrezisztencia kialakítása uborkában
CRISPR/Cas9 technológia segítségével
az eIF4E (eukarióta transzlációs
iniciációs factor gén módosításával

Alacsony glutén tartalom búzában



Plant Biotechnology
Journal

Plant Biotechnology Journal (2018) 16, pp. 902–910

Low-gluten, nontransgenic wheat engineered with CRISPR/Cas9

Susana Sánchez-León^{1, #}, Javier Gil-Humanes^{2, *, #}, Carmen V. Ozuna¹, María J. Giménez¹, Carolina Sousa³, Daniel F. Voytas² and Francisco Barro^{1, *}

¹Departamento de Mejora Genética Vegetal, Instituto de Agricultura Sostenible (IAS-CSIC), Córdoba, Spain

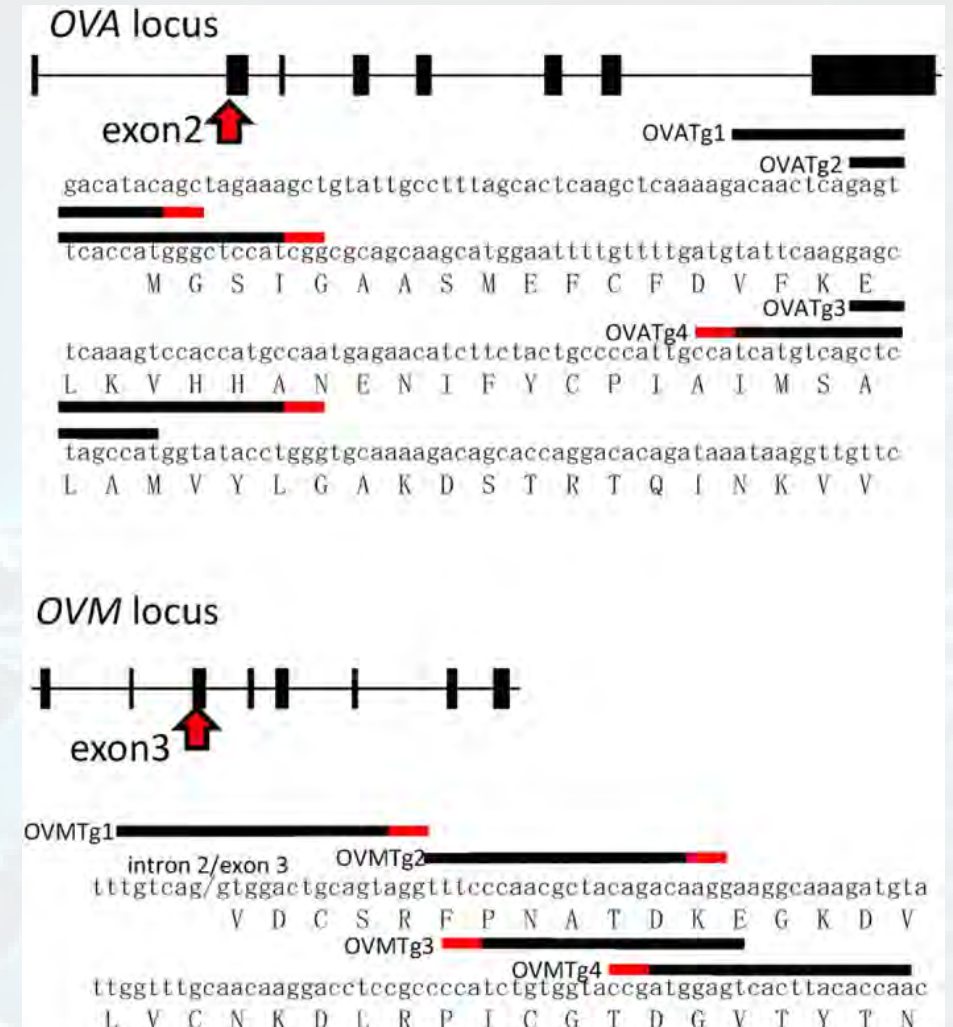
²Department of Genetics, Cell Biology, and Development, Center for Genome Engineering, University of Minnesota, Minneapolis, MN, USA

³Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain

aab SEB
Association of Applied Biologists Society for Experimental Biology

doi: 10.1111/pbi.12837

A tojásallergiát okozó ovalbumin és ovomucoid gének kikapcsolása csökkenti az allergiás reakciókat.

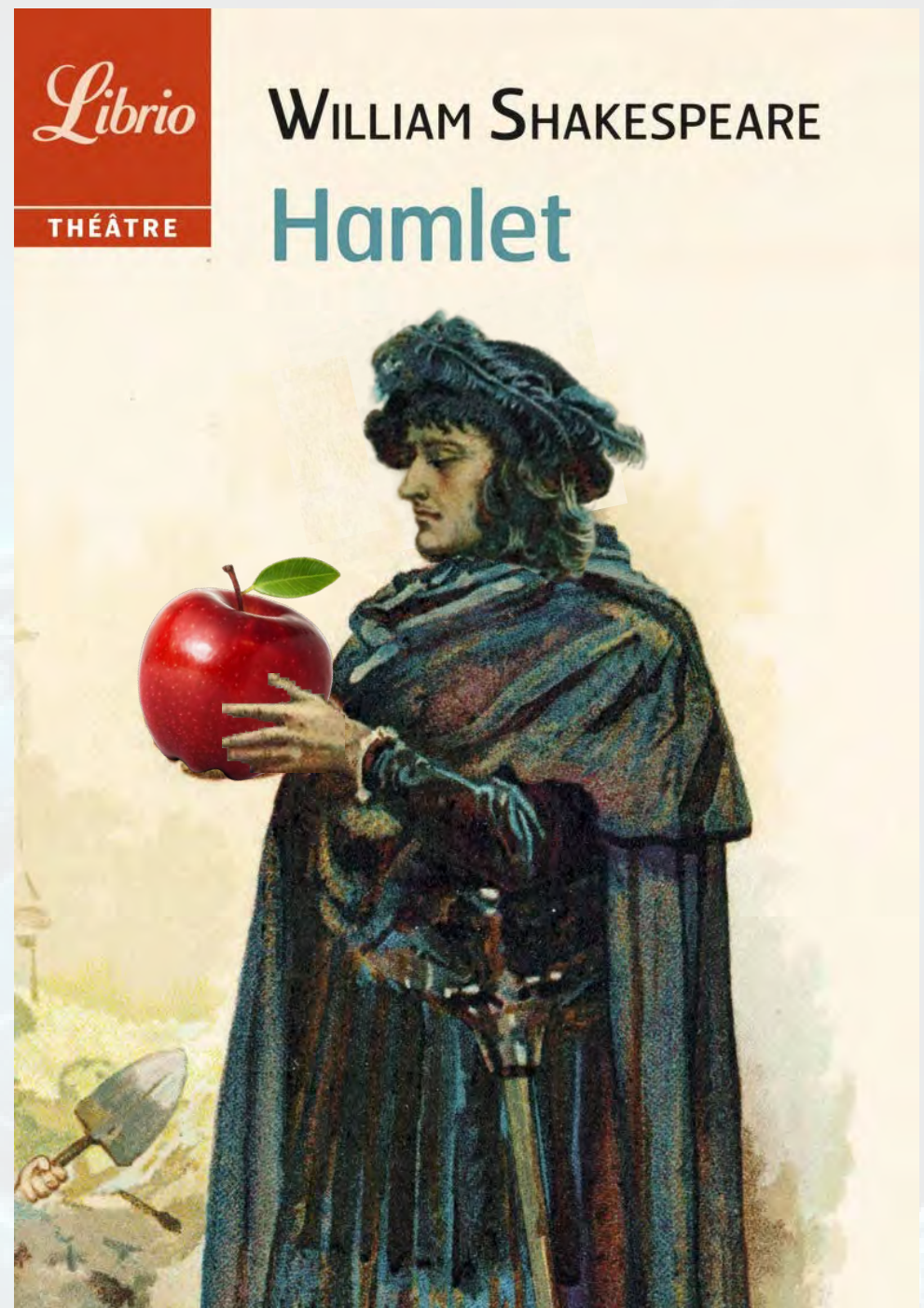


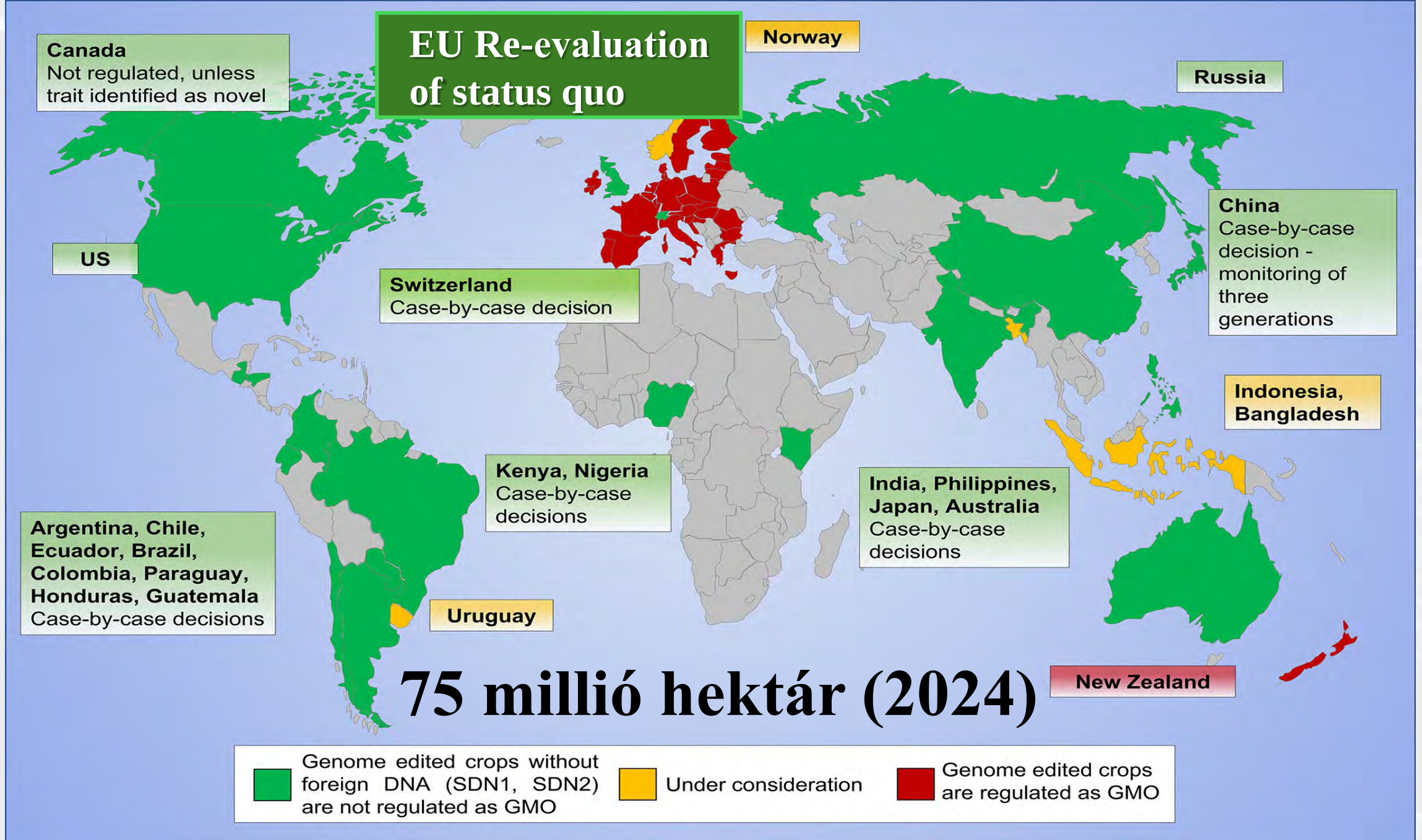
Protein struktúra és a guide RNS felismerő helyei.

Faj	Cél	Tulajdonság	Gén	Módszer	Publikálás éve	Publikáció
banán	abiotikus stressz	féltörpe	Ma04g15900	CRISPR/Cas9	2019	Shao <i>et al.</i> , 2020
kukorica		szárazságtűrés	ARGOS8	CRISPR/Cas9	2016	Shi <i>et al.</i> , 2017
rizs		szárazságtűrés	EPFL9	CRISPR/Cas9, CRISPR/Cpf1	2017	Yin <i>et al.</i> , 2017
rizs		korai virágzás	Hd2, Hd4, Hd5	CRISPR/Cas9	2017	Li <i>et al.</i> , 2017
rizs		sótűrés	OsRR22	CRISPR/Cas9	2019	Zhang <i>et al.</i> , 2019
szarvasmarha		hőtűrés	SLICK	CRISPR/Cas9	2018	Bellini <i>et al.</i> , 2018
banán	kórokozó rezisztencia	<i>Banana streak virus</i>	eBSV	CRISPR/Cas9	2019	Tripathi <i>et al.</i> , 2019
árpa		széles spektrumú	MORC1	CRISPR/Cas9	2018	Kumar <i>et al.</i> , 2018
kakaó		<i>Phytophthora</i> sp.	TcNPR3	CRISPR/Cas9	2018	Fister <i>et al.</i> , 2018
manióka		<i>Cassava brown streak virus</i>	ncbp1/2	CRISPR/Cas9	2019	Gomez <i>et al.</i> , 2019
gyapot		<i>Verticillium dahliae</i>	Gh14-3-3d	CRISPR/Cas9	2018	Zhang <i>et al.</i> , 2018
uborka		széles spektrumú vírus rezisztencia	eIF4e	CRISPR/Cas9	2016	Chandrasekaran <i>et al.</i> , 2016
szőlő		Lisztharmat	VvMLO3	CRISPR/Cas9	2020	Wan <i>et al.</i> , 2020
grapefruit		<i>Xanthomonas</i> sp.	CsLOB1 promóter, CsLOB	CRISPR/Cas9	2016, 2017	Jia <i>et al.</i> , 2016, 2017
burgonya		<i>Potato virus Y</i>	Colin C-terminal	CRISPR/Cas9	2019	Makhotenko <i>et al.</i> , 2019
rizs		<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	OsSWEET 14, 11, 13 promóter	CRISPR/Cas9	2013, 2015	Jang <i>et al.</i> , 2013; Zhou <i>et al.</i> , 2016

Faj	Cél	Tulajdonság	Gén	Módszer	Publikálás éve	Publikáció
rizs	kórokozó rezisztencia	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	Os8N3	CRISPR/Cas9	2019	Kim <i>et al.</i> , 2019
paradicsom		széles spektrumú	SIDMR6	CRISPR/Cas9	2016	de Toledo <i>et al.</i> , 2016
paradicsom		lisztharmat	SIMLO1	CRISPR/Cas9	2017	Nekrasov <i>et al.</i> , 2017
paradicsom		<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	SIJAZ2	CRISPR/Cas9	2018	Ortigosa <i>et al.</i> , 2019
búza		lisztharmat	TaMLOs	TALENS, CRISPR/Cas9	2014	Wang <i>et al.</i> , 2014
szarvasmarha		Mastitis, tőgygyulladás	Lysostaphin, hLYZ	ZFN	2013, 2014	Liu <i>et al.</i> , 2013, 2014
szarvasmarha		Tuberkulózis	SP1 10	TALE nickase	2015	Wu <i>et al.</i> , 2015
szarvasmarha		Leukotoxin rezisztencia	CD18	ZFN	2016	Shanthalingam <i>et al.</i> , 2016
szarvasmarha		Tuberkulózis	NRAMP1	CRISPR/Cas9	2017	Gao <i>et al.</i> , 2017
csirke		<i>Avian sarcoma leucosis virus</i>	chNHE1	CRISPR/Cas9	2020	Koslov <i>et al.</i> , 2020
amur		<i>Grass carp reovirus</i>	gcJAM-A			Ma <i>et al.</i> , 2018
sertés		<i>Porcine respiratory syndrome virus</i>	CD163, CD1D	CRISPR/Cas9	2014	Whitworth <i>et al.</i> , 2014
sertés		<i>Porcine respiratory syndrome virus</i>	CD163	CRISPR/Cas9	2016	Whitworth <i>et al.</i> , 2016
sertés		<i>Porcine respiratory syndrome virus</i>	CD163	CRISPR/Cas9	2017	Burkard <i>et al.</i> , 2017, 2018
sertés		Sertéspestis	shRNA knock-in to <i>Rosa26</i> locus	CRISPR/Cas9	2017	Xi <i>et al.</i> , 2018
sertés		Sertéspestis	fat-1 knock-in to <i>Rosa26</i> locus	CRISPR/Cas9	2018	Li <i>et al.</i> , 2018
sertés		<i>Transmissible gastroenteritis virus</i>	ANPEP	CRISPR/Cas9	2019	Whitworth <i>et al.</i> , 2019

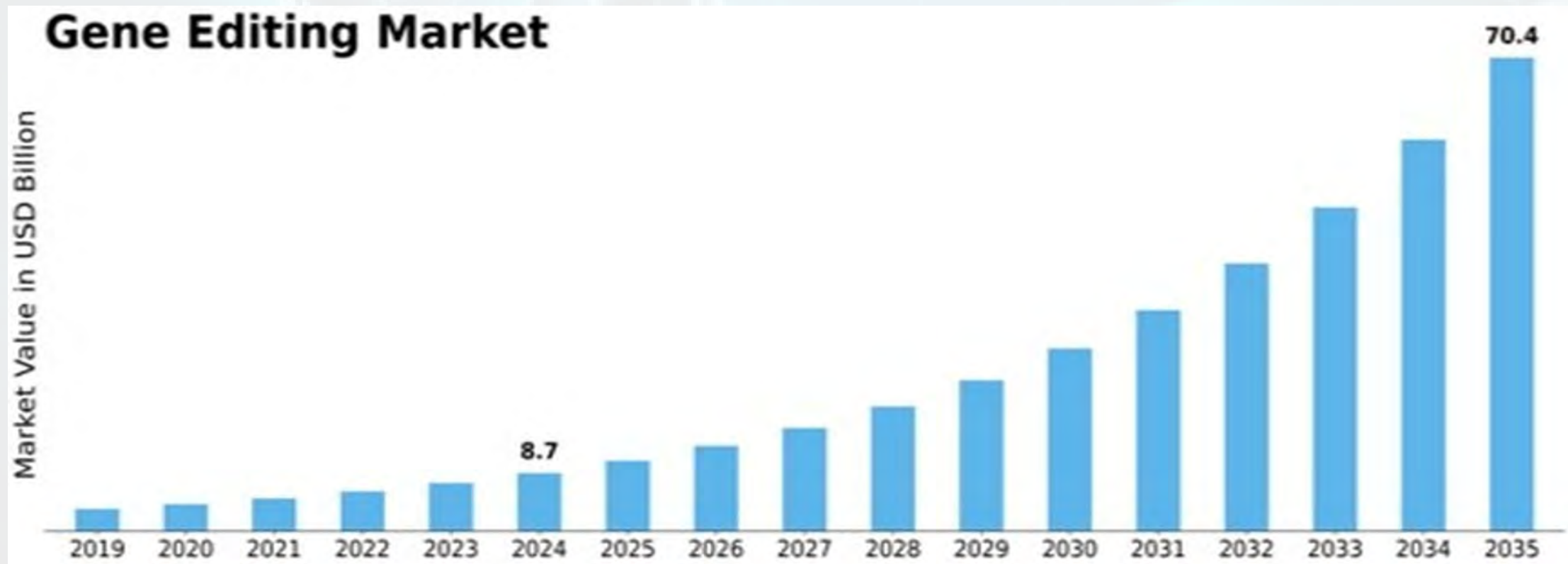
GMO, vagy nem-GMO:
NEM GMO
- Az itt a kérdés.





Globális precíziós nemesítési piac

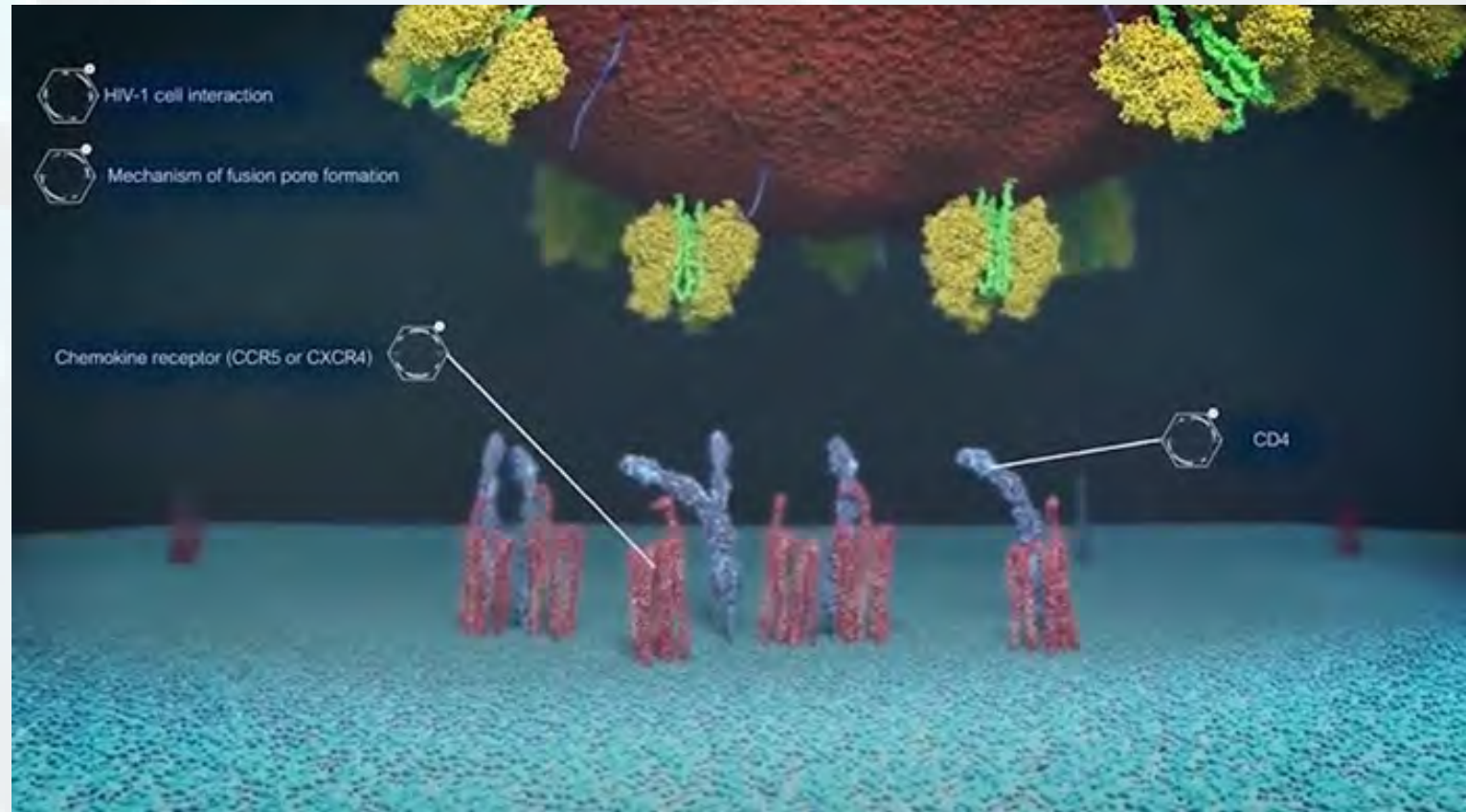
A precíziós nemesítési piac mérete 2024-ben 8,69 milliárd USD volt, az előrejelzések szerint 2035-re 70,4 milliárd USD-ra fog növekedni, és az előrejelzések szerint 20,95%-os összetett éves növekedési rátát (CAGR) mutat. A precíziós nemesítés fokozott fejlesztése és a genomika megnövekedett alkalmazási területei a piac növekedését fokozó kulcsfontosságú tényezők.



GE Healthcare (US), Thermo Fisher Scientific Inc (US), Bio-Rad Laboratories, Inc (US), Lonza (Switzerland), GenScript (US), Horizon Discovery Ltd (UK), OriGene Technologies, Inc (US), Integrated DNA Technologies, Inc (US), New England Biolabs, Inc (US), Sangamo Therapeutics (US)

Designer baby

He Jiankui (Ho Csian-kuj)



Lulu és Nana



A világ első páciense, akit személyre szabott CRISPR génszerkesztő terápiával kezeltek a Philadelphiai Gyermekkórházban

2025. május 15.

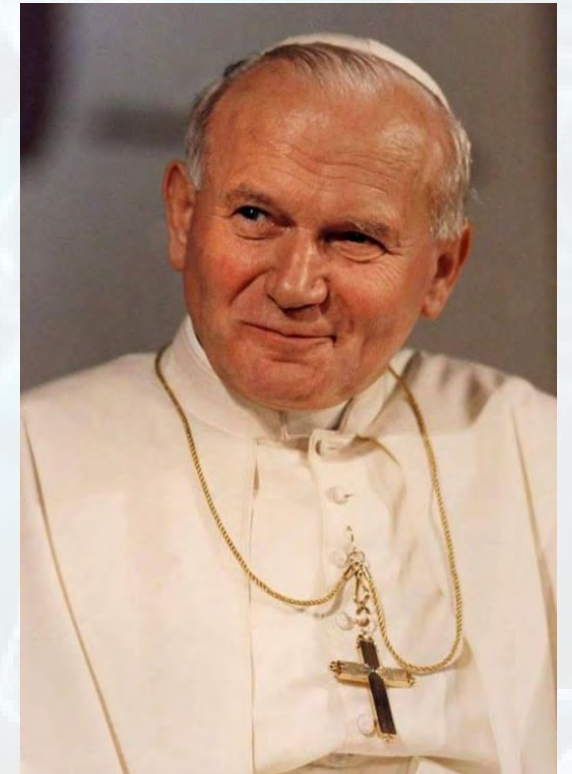


A súlyos karbamoid-foszfát-szintetáz 1 (CPS1) hiány egy ritka, autoszomális recesszív örökletes anyagcsere-rendellenesség, amely mérgező ammónia felhalmozódását okozza a vérben, ami súlyos idegrendszeri károsodáshoz és kezelés nélkül halálhoz vezet.

VALLÁS ÉS TUDOMÁNY KAPCSOLATA:
TRANSZGÉNIKUS TECHNOLOGIA, GENOMSZERKESZTÉS,
A PÁPÁK ÉS A VATIKÁN GONDOLATAI

*„Minden olyan nemesítési eljárás
megengedett, ami az emberiség javát
szolgálja és segít megoldást találni az
éhínség leküzdésére.”*

II. János Pál 2002





A Szentszék Tudományos Akadémiája XVI. Benedek 2009 májusa

„Hasznos lehet mérlegelni azokat az új lehetőségeket, amelyek a hagyományos és az innovatív gazdálkodási technikák megfelelő alkalmazása révén nyílnak meg, mindig feltételezve, hogy ezeket elegendő tesztelés után megfelelőnek ítélték meg, amelyek tiszteletben tartják a környezetet és figyelmesek a leginkább rászoruló népek szükségleteire”.

Hit, tudomány és etika

Egy hívő számára a keresztény látásmód kiindulópontja az ember isteni eredetének fenntartása, mindenekelőtt a lelke miatt, ami megmagyarázza azt a megbízást, amelyet Isten az embereknek ad, hogy kormányozzák a földi élőlények egész világát azon munkán keresztül, amelynek a Szentlélek fényétől vezérelve testük erejét szentelik. Ily módon az emberek Isten sáfárjaivá válnak azáltal, hogy fejlesztik és módosítják a természeti lényeket, amelyekből táplálékot meríthetnek a „javítási” módszerek alkalmazásával. Így bármennyire is korlátozott az emberek cselekvése a végtelen kozmoszban, mégis részt vesznek Isten erejében, és képesek felépíteni a világukat, vagyis egy olyan környezetet, amely megfelel kettős testi és spirituális életüknek, megélhetésüknek és jólétüknek. Ezért a természeti világba való beavatkozás új emberi formáit nem szabad ellentétesnek tekinteni azzal a természeti törvénnyel, amelyet Isten adott a Teremtésnek. Amint azt VI. Pál mondta a Pápai Tudományos Akadémiának 1975-ben, egyrészt a tudósnak őszintén meg kell fontolnia az emberiség földi jövőjének kérdését, és mint felelős személynek segítenie kell a létfenntartás és a jólét érdekében történő megőrzésében és a kockázatok kiküszöbölésében. Ezért a szeretet és a keresztényi szeretet egyik formájaként ki kell fejeznünk segítőkészségünket a jelen és a jövő nemzedékeivel. Másrészt a tudóst is lelkesítenie kell annak a bizalomnak, hogy a természet titkos lehetőségeket tartogat az emberi intelligencia számára, amelyeket fel kell fedeznie és ki kell használnia annak érdekében, hogy elérje azt a fejlettségi szintet, amely a Teremtő tervében szerepel. Ezért a tudományos beavatkozást úgy kell tekinteni, mint a fizikai vagy növényi/állati természet fejlődését az emberi élet javára, ugyanúgy, ahogy "az emberi élet javára sok mindent hozzáadtak a természeti törvényen túl, mind az isteni, mind az emberi törvények által".





Wild type



Golden Rice 1



Golden Rice 2



2013. november 7-én különös dolog történt a Vatikánban: Ferenc pápa elégedetten szemlélte a kezébe nyomott rizses zacskót. A látogató előzőleg áldását kérte, nem a maga számára, hanem a rizsre, mégpedig angol nyelven. Ferenc pápa nem mondott ugyan hivatalos áldást, a rizst visszanyújtva azonban így szólt: ***Most már áldott!***

Die Presse, 2013. november 20.

