

NEKAZAL MIKROBIOLOGIA

E. Gonzalez

Gaur egun, Hirugarren Munduan hain garrantzitsua izan den Iraultza Berdea gertatu ondoren, *Iraultza bioteknologikoa* hurbildu zaigu. Honek organismo bizien gaitasun biokimiko eta genetikoak gizakiarentzat interesgarri diren helburu praktikoekin lotzen ditu. Bioteknologi teknikak, nekazaritzaren esparruan bi sailotan sailka daitezke: ekoizpen primarioa (landareen hobekuntza eta nitrogeno-finkapenari dagokiena alde batetik) eta hondakinen bioaldakuntza (energia eta janariaren ekoizpenari begira) bestetik. Teknika berri hauek uzta naharoak ekarri dituzte. Adibide gisa, azken hogeitamar urteetan artoreen errendimendua boskoiztu egin da eta arrozaren kasuan 60.000 barietate lortu dira. Prozedura horiek hiru mailatakoak izaten dira: fitologikoak, genetikoak eta mikrobiologikoak. Askotan arlo hauek sakonki loturik aurkitzen dira. Dena den, gure aldetik, nekazal mikrobiologia soilik plazaratuko dizuegu.

Zientzilariek beren esperimenduak egin ostean sarri ondokoa ikusten dute: laborategian biologikoki ederki erantzuten duten bakterioek ez dute modu berean iharduten soroetan, mikroorganismo horiekin loturiko landareen produkzioa oso baxua izanik. Nekazaritzak, beraz, hartzidura-upeletan eta soroetan gertatzen denaren arteko diferentzien adibide ugari eskaintzen digu. Biologok hartzidura-upelea oso medio zehatza dela hartu behar dugu kontutan. Izan ere aldagai fisiko, kimiko nahiz biologiko guztiak kontrolatuta daude. Gainera, mikroorganismo-espezie bat besterik ez dago. Nekazaritzari aplikatu nahi izanez gero, mikroorganismoen arteko elkarrekintza zein biosferarekiko harremanak aztertu behar ditugu.

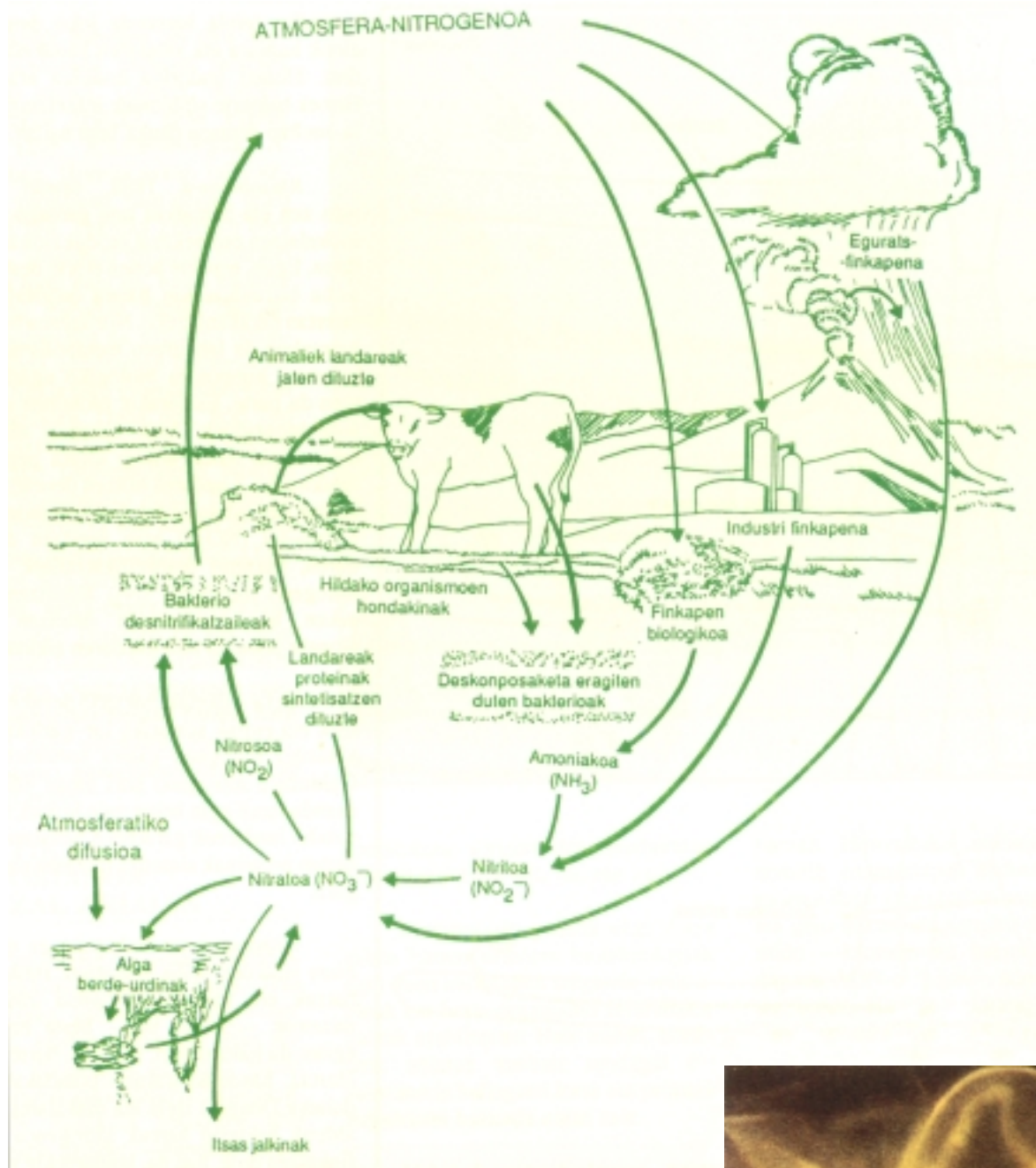
*Nekazal produkzioa handitzeko asmotan, lurreko mikroorganismoen erabilpen eta ustirapena ez da azken urteotako berrikuntza. Antzinako Erroman bazekiten landare lekadunek —baberrun, kakahuete, alpapa, soia, ilar, hirusa eta eskuzuriak— lurren emankortasuna handitzen zutela. Erromatarrek, hala ere, ez zekiten honen arrazoia *Rhizobium* jeneroko bakterioetan zetzanik. Izan ere, bakterio hauek zenbait lekadunen sustraiak infektatzen eta atmosferako nitrogenoa finkatzen dute. Garai haiez gero kultibo-txandaketa oso erabilia izan da eta aurreko kultiboan lekadunek lurrean finkaturiko nitrogenoa hurrengo txandako landareek erabil dezakete.*

NITROGENOAREN FINKA-PENA

Goazen, bada, aplikazio kontretuak ikustera. Nekazal mikrobiologiak, esaterako, arazo interesgarri bat konpon lezake: nitrogenoaren finkapena. Herri askotan ikerketa sakonak egiten hasi dira xede haundi batekin: landareek, beren kabuz, atmosferako nitrogenoa zuzen finkatzea. Dakigunez, baserritarrek ongari nitrogenatuak bota behar dituzte landareek nitrogenoa har dezaten, horrek dakartzan gastu ekonomikoa eta ondorio ekologikoa kezkagarriekin. Konponbiderik bikainena, lehen aipatu

denez, nitrogenoa airetik finkatzea litzateke, hots, elementu hori biologikoki erabilgarri den eran hartzea. Prozesua ulertzeko, lehendabizi, nitrogenoaren zikloa ikus dezagun:

Nitrogenoaren zikloak konposatu nitrogenatuen iturri handi bien —Atmosfera eta Lurrazala— arteko oreka mantentzen du. Landare berdeek nitrogenoa soilik erabil dezakete elementu hau konposatu kimikoen barruan dagoenean: amoniakoan (NH_3) adibidez. Horregatik ezin dute nitrogenoa atmosferatik zuzenki atera. Izan ere, atmosferan molekula diatomiko eran (N_2) dago.



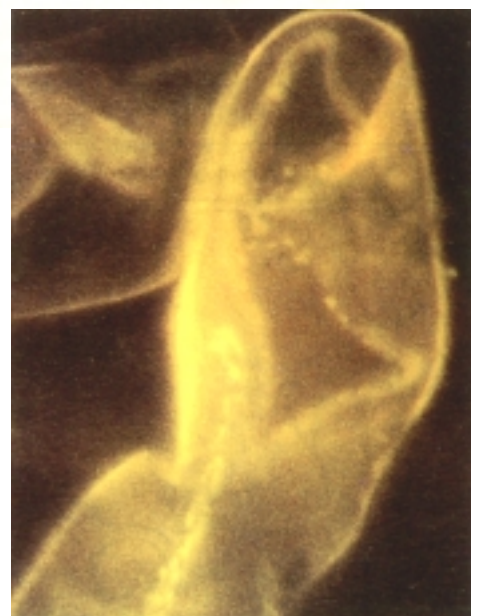
Guzti honen ondorioz nitrogenoa industrialki, prozesu bakteriologiko edo naturalen bidez (esaterako tximist asko duten ekaitzen kasuan) finkatu behar da. Landareek nitrogenu gutxi behar dute, baina etengabe; lurra nitrogenoa galtzen bait du, drenaiaren bidez eta uzta jasotzean. Gainera ez dugu beste nitrogenu-galera bat ahanzi behar: bakterio desnitrifikatzaileek sortertakoa, hain zuzen ere.

Rhizobium jeneroko bakterioek zenbait landare lekadunen sustraiak infektatzen dituzte, baina hau ez da inola ere prozesu patogenikoa. Landareak

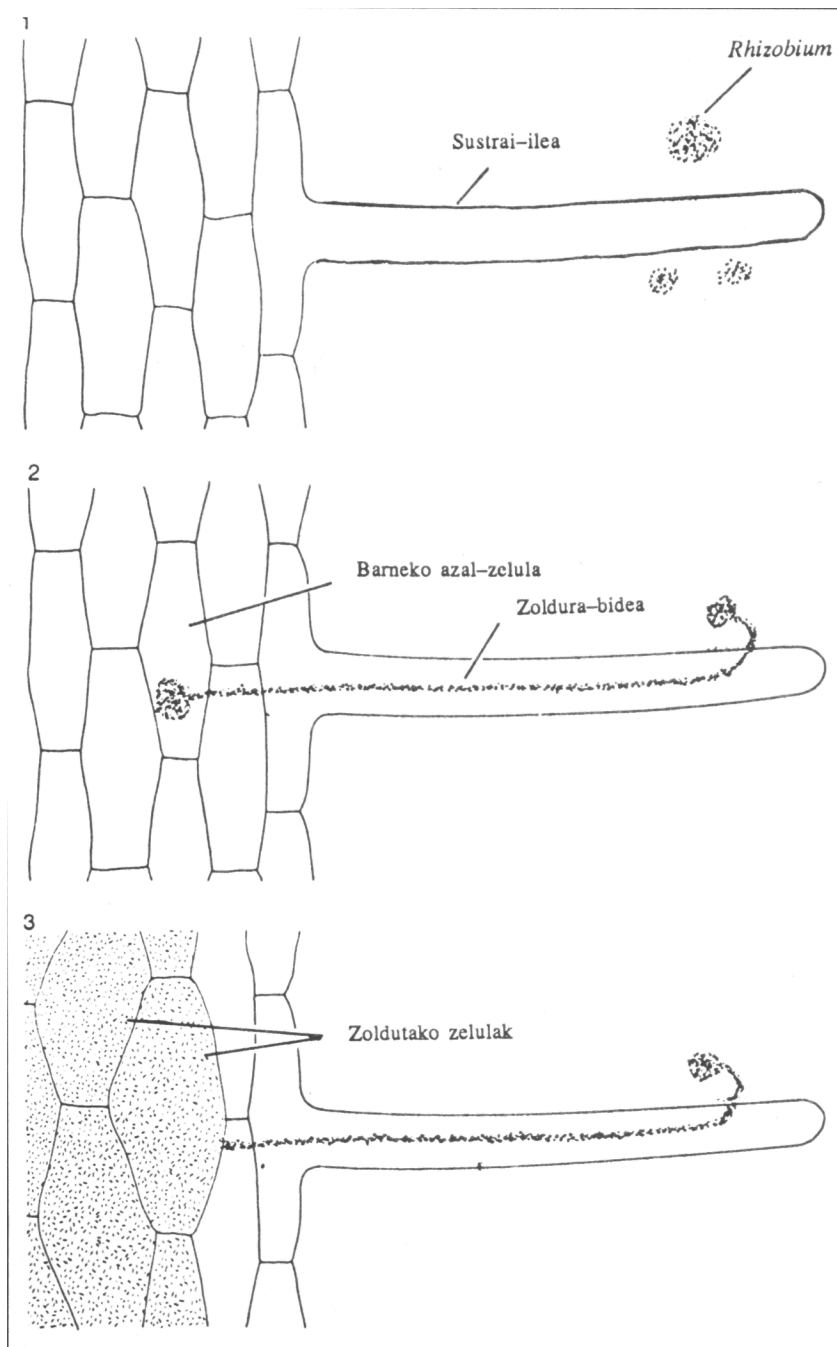
ostera, harreman sinbiotikoa dauka mikroorganismoarekin: landareak elikagaiak ematen dizkio bakterioari, eta azken honek nitrogenoa (NH_3) eran begetalari. *Rhizobium* lekadunaren sustraietan sartu ondoren, koskor ikusgarriak —nodulu izenekoak— sortzen ditu.

Ikus dezagun sustrai-ile baten zoldura edo infekzioa:

Infekzioan bakterioak sustrai-ileari atxekitzen zaizkio. Landareak eta mikroorganismoak elkar ezagutzen dute proteina espezifikoaren bidez. Geroxeago sustrai-ilean sartzen dira eta sustrai



Rhizobium jeneroko bakterioak hirustaren sustrai-ilea infektatzen



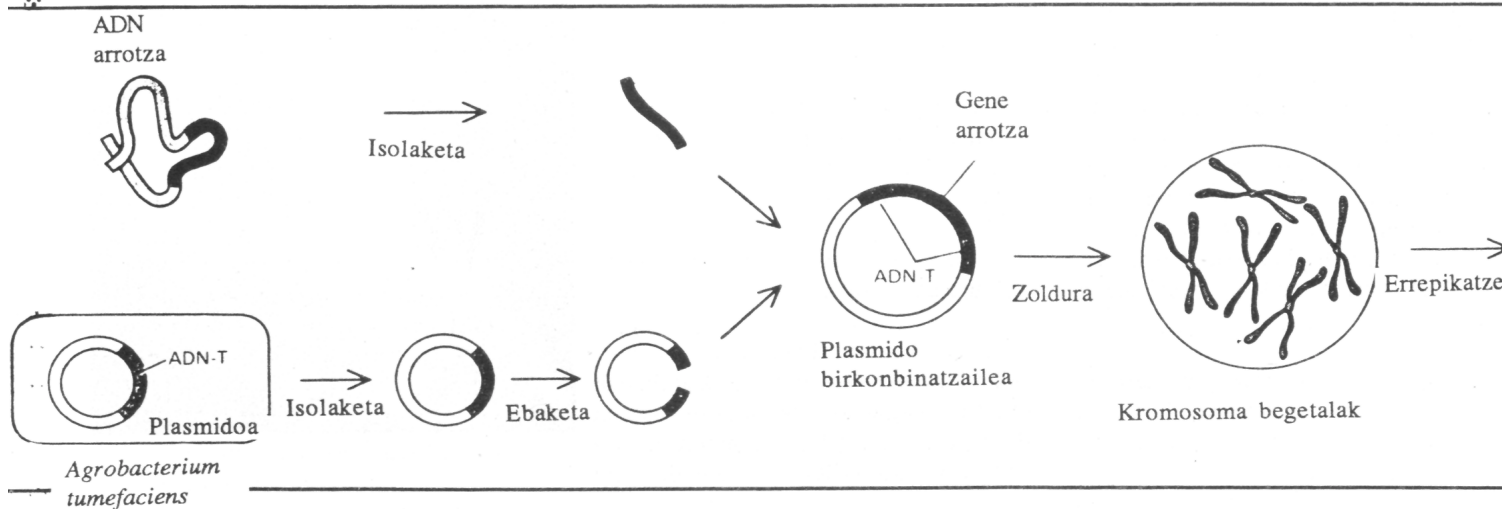
Rhizobium generoko bakterioak sustrai-ileak infektatzen

zelula baterantz joko dute. Infekzioak hantura eta zelularen banaketa sortzen ditu. Honen ondorioa nodulua eratzea da. Honek bakterio sinbioteek infektaturiko zelula-multzo dentsoa dauka bere baitan.

Rhizobium-a 1888. urtean isolatua izan zen eta hamabost urte geroago soroetan inokulatzen zen nekazal produkzioa asko handituz. Egun, espezie honen etorki desberdinak turba birrinduarekin batera ontziratzen dira lurretan sakabanatzeko. Nitrogenoa behar-beharrezkoa da landareen metabolismoan. Dakigunez, konposatu biologiko ugari hartzen du parte. Esaterako, proteinen unitateek —aminoazidoek, hain zuzen— nitrogenoa behar dute haien arteko lotura peptidikoak eraikitzeko. Landarea hiltzen denean aminoazidoak degradatu egiten dira eta amoniako edo nitrato-ioi (NO_3^-) eran agertzen dira. Ondoren, bakterio desnitrifikatzaileek nitratoak nitrogeno molekular (N_2) bihurtzen dituzte, azken hau atmosferara itzultzen delarik. Honela ixten da nitrogenoaren zikloa.

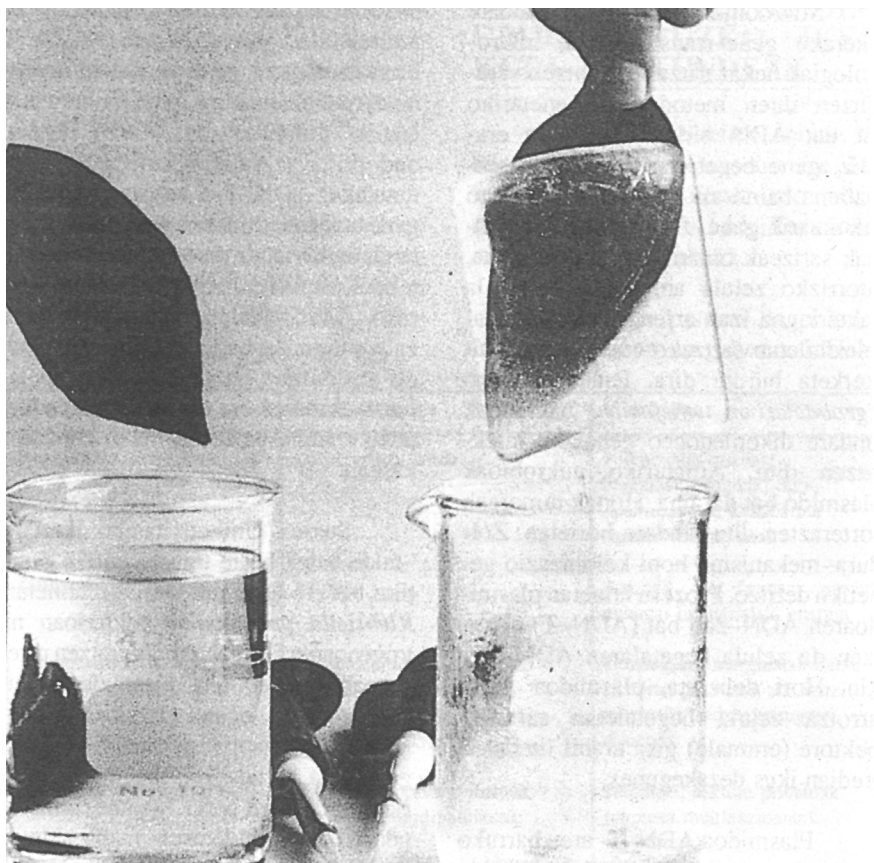
Uzta-bilketak, bakterio desnitrifikatzaileek eta euriak sorturiko lur-garbiketak, finaturiko nitrogeno-galera sorteraizten dute. Galdutako nitrogeno hori eman edo hobeto esanda itzuli egin behar zaio lurrari, hurrengo uzta landareek garatzeko beharrezkoak dituzten proteinak sintetiza ditzaten nahi izanez gero.

Nitrogenoaren finkapena ez da *Rhizobium* jeneroan soilik gertatzen. Beste adibide batzuk ere baditugu: *Frankia alni* aktinomizeteak —onddo bat— beste horrenbeste egiten du haltzarekin, sinbiosi-harremanetan. Hortaz, basoetan kultibo txandakatzea egin daiteke Douglas izeia eta makalarekin. Beste aldetik bakterio batzuk nitrogenoa bakarrik finkatzen dute, hau da, landareekin sinbiosian egon gabe.



Agrobacterium tumefaciens

Ikerketak burutzen ari dira *Azotobacter vinelandii* artoaren sustraiei atxekitzeko asmoz. Gainera, injinerutza genetikoa erabiliz gene batzuk pasarazi ziren *Rhizobium*etatik *A. vinelandii*tara. Horrela azken mikroorganismoa hirsutaren sustraietara tinko atxekitzen zen. Teknika genetiko bera erabiliz *A. vinelandii* artoaren sustraiei atxekitzea lortu nahi da, baina elkartze hori Estatu Batuetan hazten den artoarekin ezinezkoa da, oraingoz behintzat. Ikerketa aurreratuaren helburua nitrogenoa finkatzeko geneak laboreetan sartzea litzateke. Dena den, hori oso zailtzat jotzen da. Berkeleyn dagoen Kaliforniako Unibertsitateko biologo batzuek *Pseudomonas putida* bakterioa azukre-erremolatxa edo patatei gehituz gero landare hauen errendimendua handitu egiten dela aurkitu dute. Mikroorganismoak, antza denez, zenbait konposatu kimiko jariatzen du eta substantzia hauek lurreko burdinarekin konbinatzen dira. Onddo eta bakterio patogenoek sorturiko burdin forma berri hau ezin dute asimilatu. Hortaz mikroorganismo patogenoek ezin diote landareari eraso.



GENETIKA MIKROBIANOAK NEKAZAL ARLOAN

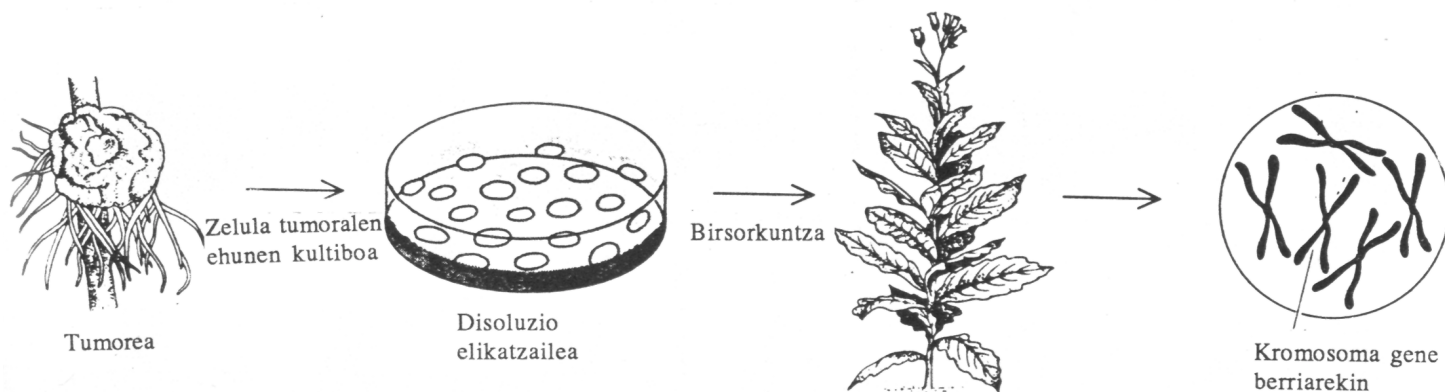
Arazo honen muinean azido desoxirribonukleikoa (ADN) dago. Hau bait da, izan, zelulen portaera —eta, ondorioz, landare, animalia edo mikrobioen portaera— gidatuko duten agindu genetikoak kodetarik daramatzana. ADN molekula amaigabe hori zatitan bana daiteke —genetan—, eta zati horien menpe daude ezaugarri espezifikoak. Organismo desberdinetatikako ADN-zatiak era artifizialean konbinatuta

sortzen den produktuari ADN birkonbinatzaile deitzen zaio.

Manipulazio genetikoetan datza azken hamar urteotan bioteknologiak egin duen aurrerapen izugarria: mikrobioak eta beste organismo zelulabakar batzuk erabiltzean. Hain zuzen, horietatik abiatuz zenbait sendagai eta substantzia baliagarri lortu eta prozesu industrialei bultzada eman zaie.

Nekazal mikrobiologian beste estrategia genetikoa erabiltzen da sarritan: landarearen gene bat bakterioan

sartzea. Horretarako zenbait entzima erabiliz (murriztapen-endonukleasak) mozten dugu interesatzen zaigun genea eta gero bakteriora sartuko dugu plasmido —kromosoma bakterianotik at dagoen ADN-zati bat— edo birus baten bidez. Honela laborategi askotan gene begetalak *Escherichia coli*ra sartu dira. Horrek ez du esan nahi bakterioak gene horri dagozkion proteinak produzituko dituenik. Mekanismo genetiko hauek ez daude zeharo argi. Noizbait hau lortuko balitz, proteina begetalak bakterioak hartidura-upeletan haziz erdietsiko liriteke.



Mikroorganismo batetik landare baterako gene-transferentzia, mikrobiologiak nekazaritzari laguntzeko erabiltzen duen metodarik finenetariko bat da. ADN birkonbinatzailea erabiliz, gene begetalen arloa gene animaliena baino askoz atzeratuago dago zalantzarik gabe. Hala ere, gene arrotzak sartzeak oinarri berdinak dauzka, jatorrizko zelula animal, begetal ala bakterianoa izan arren. Geneak landare-zeluletan sartzeko eremuan zenbait ikerketa burutu dira. Esate baterako *Agrobacterium tumefaciens* bakterioak landare dikotiledoneo gehienak infektatzen ditu. Aipaturiko mikrobioak plasmido bat darama. Honek tumoreak sortertzatzen ditu landare horietan. Zeldura-mekanismo honi kolonizazio genetiko deritzo. Prozesu honetan plasmidoaren ADN-zati bat (ADN-T) elkartzen da zelula begetalaren ADN-arekin. Hori dela eta, plasmidoa ADN arrotza zelula begetalaren sartzeko bektore (eramale) gisa erabil liteke, 4. irudian ikus dezakegunez.

Plasmidoa ADN-T-aren barruko puntu batean ebaki eta hutsune bat uzten dugu. Hori gene arrotzak beteko du. Gero ADN-T errepikatzen da zelula tumoralen zatiketa gertatzen den unean, eta ehun-kultibo batean dauzkagun zelula tumoralak ADN-T eramango dute. Zenbait kasutan landare osoa birsortuko da, kultibatutako zelula tumoralak abiapuntu izanik. Prozesu honen ondorioz ADN-T-ek birsorturiko landarearen

kromosometan irauten du. Are gehiago, ADN-T barruan dagoen gene berria, hurrengo landare-balaunaldira gene gainartzaile izanik pasatuko da. Guzti honen ondorioz azpimarragarriena honakoa litzateke: ADN-T-a barruan sorturiko gene arrotzak ondorengoetara igaro eta landare-barietate berriak lortuko lirateke. Koloniako Landare-Hobekuntzarako Max Planck Institutuan lan egiten duen zenbait zientzilarik lehenago azalduzako guztia egiaztatu du tabako-landarea eta opina sintetasa izeneko entzima kodetzen duen genearen kasuan.

Sussex Unibertsitateko ikerlari-talde batek beste transferentzia genetiko bat ere lortu du. Oraingo honetan, *Klebsiella pneumoniae* bakterioan nitrogenoaren finkapenaz arduratzen diren geneak, *E. coli*ren plasmido batera sartu eta gero legami batera sartu dute. Hau oso aurrerapausu zientifiko txalagarria da. Izan ere, legamiak eukariotoak dira eta beraz landareekin filogenetikoki (senidetasun-maila aldetik) hurbilago daude.

Beste hirugarren ikerketa-mota bat Berkeley-n dagoen Kaliforniako Unibertsitateko ikerlarien konstatazio bat da, hots, marrubi-landareei izotzak hainbestearainoko kaltea egiten badie, izotz-kristalak erakarri eta finkatzen dituzten bakterioak hostotan bizi direlako dela. Fenomeno hori mikrobio

horien proteina baten eragina da eta kaliforniar biologoek horren sortzaile den genea kendu ahal izan dute, eta horri esker, marrubi-landareak bakterio *antizotz* horrekin trataturik, eta berez ugalduko den esperantzan, izotzaren kalte handiak, bukarazi egingo dituztela espero dute, epe baten barruan.

Beste gauza batean ere badute injineru genetikoek esperantzarik; alegia, ingurua kutsatu ohi duten intsektizida kimikoen ordez erabili ahal izango liratekeen intsektizida *biologikoak* (hots, ingurua kutsatzeke parasitoak akabatuko lituzketenak) hobetzean. Adibidez, duela urte batzuek gero espezie kaltegarriak akabatzeko erabiltzen den *Bacillus thuringiensis* baziloaren



Herri garatuetako adibide bat, Monsanto enpresaren negutegiak



emaitzak hobetzea lortzen ari dira ADN birkonbinatzailearen teknikei esker. Aipagarria da Ingalaterrako iparraldeko pinuak jotzen dituen harraren kasua. Beste eskualde batzuetan beldar parasitoen ugalmena berez kontrolatua dago harrak infektatzen dituen bakuolo-birus bati esker. Orain birus hori kultibatu egiten da pinuditan zabaltzeko eta bere eragin suntsitzailea indartzeko asmoz. Oraingoz esperimenduak aldatu gabeko birus batekin egiten dira, baina genekoderik gabeko ADNaren zati batean birusak marka bat daramala, horrela bere hedapena edo erresistentzia *in situ* aztertu ahal izateko. Dena ondo joanez gero, birusari toxina intsektizida bat sintetizatzen gai egingo duen gene bat txertatuko zaio. Teknika hauek beste

herrialdeetan ere intsektu kaltegarrien aurka burrukatzeko bide zabalak urratzen dituztela ez dago esan beharrik.

BIOTEKNOLOGIAREN AURRERAPENAK

Bioteknologiak nekazal arloan Iraultza Berdearekiko izan duen aurrerapausoa ezagutzeko, ondoko taulan bien arteko diferentziak ikusiko ditugu:

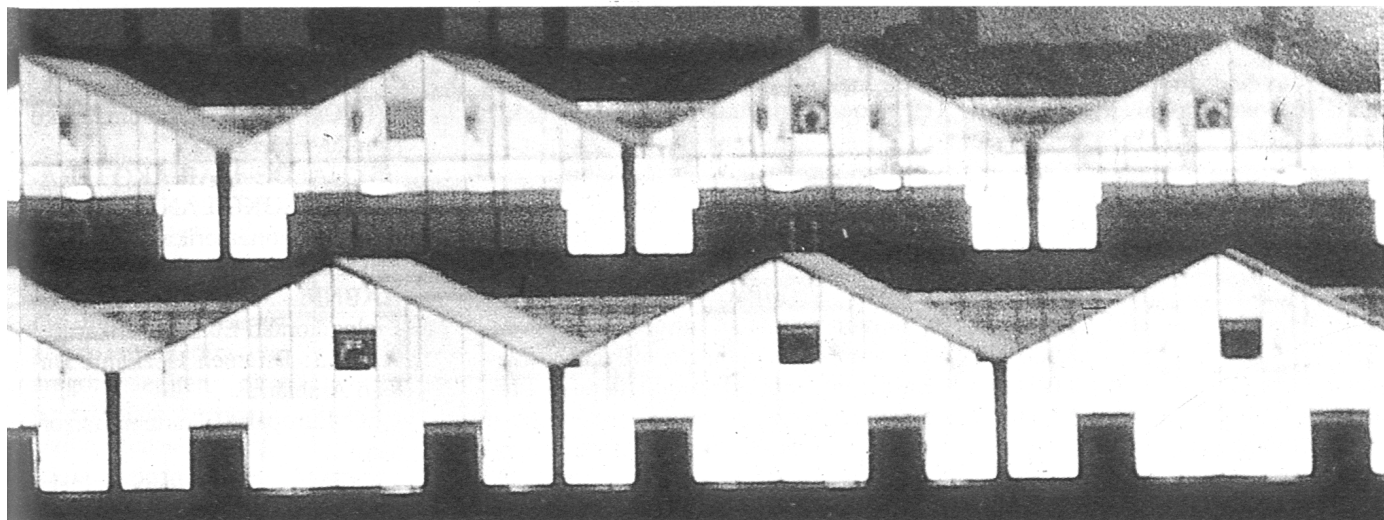
NEKAZAL MIKROBIOLOGIARI BURUZKO IKERKETA-ERAKUNDEAK

Zientzilari gehienek ahotan dabilen esatera, eremu honetan ere ikerketarako diru-laguntzak oso urriak direla da. Dakusagun, bada, keza hauek arazoizkoak diren ala ez.

EEBBtako kasuari dagokionez, 1982.ean Reagan-en gobernuak Neka-

Ezaugarriak	Iraultza berdea	Bioiraultza
Eragindako laborantzak	Garia, arrosa, artoa	Potentzialki guztiak: barazkiak, fruituak, olio-palmondoak, kakaoa eta espezie aromatikoak
Gainerako produktuak	Ez dago	Animali eta farmazi produktuak, elikagai industrialak, energia
Eragindako zonaldeak	Garapidean diren herrietako zenbait (ureztatze-sareak, kalitate oneko lurrak, garraio-erabilgarritasuna)	Guztiak, lur marginalak barne (Jehorte, gazitasun eta aluminioko kutsadura ezaugarri dutenak)
Teknologiaren garapena	Nagusiki, sektore pribatuak publiko edo erdipublikoak	Nagusiki, sektore pribatuak (enpresa multinazionalak eta berriak)
Jabetza	Nagusiki, garrantzi txikia duten barietateen babespena eta patenteak	Prozedura eta produktu patentagarri eta babesgarriak
Ikerketaren Finantz kostua	Txikia	Handia
Ikerketarako gaitasuna	Landare-hautespen tradizionala eta nekazal zientzia paraleloak	Biologia zelular eta molekularreko espezializazioa, landareen hautespenerako gaitasun orokor handiagoa
Laborantza baztertuak	Ez dago (ohizko barietateen hozi-plasmaren baliabideak izan ezik)	Ez dago

Iturria: Céres, FAO/Buttel et al.



zal Sailari 691 milioi dolar eman zizkion ikerketarako. Hau urte hartan oinarrizko ikerketa eta aplikatuarentzako presu-pestoaren % 5,3 zen. Alabaina, diru- kopuru horretatik zati txiki bat soilik heldu zen nekazal mikrobiologiaren arloraino. Adibide gisa Nitrogeno- finkapenari buruzko oinarrizko ikerketan, landare-hobekuntzarako mekanismo genetikoak, ingurugiroko presio-egoerak, landare-hazkuntza eta giza elikadurarako beharrianetako oinarrizko ikerketan 26 milioi dolar besterik ez ziren gastatu. Bestalde, mikrobiologi arloak 4,6 milioi jaso zuen. Hauek, begi bistakoa denez, oso zifra murrizak dira eta herri aurreratuenan gertatzen da. Beraz Hirugarren Mun- duan egoera askoz ere kezagarriagoa dela aise susma daiteke eta ezin dugu ahaztu herri pobre hauetan nekazaritza- ren arloko beharrak izugarri handiak

falta izugarria dute. Zalantzarik gabe, lurralde eta nazioarteko lankidetzaz bide egokienetarikoa da, arlo honetan, herrialde pobreetara aldatzeko eta hauei egindako promesak betetzeko. Baita arazo honek planteiatzen dituen proble- mak konpontzeko ere. Aipaturiko lankidetzaz hau, alde biko akordio- en bidez bideratzen da, sektore pribatuko enpresa eta erakunde- en artean. UNES- CO barruan, esaterako, gai hauetaz ar- duratzen diren erakunde eta bilkurak ondokoak dira:

UNESCO

ERAKUNDEA

- 1.- MIRCEN: Microbiological Resources Centers (Baliabide mikro- bianoetarako zentruak). Mundu- mailako sarea da.

NUTARREKIKO LANKIDE- TZA: Hurrengo erakunde- en arte- koa da:

FAO: Elikadura-Nekazaritza- rako Erakundea.

UNDP: Nazio Batuen Garapene- ra- ko Programa.

UNEP: Nazio Batuen Ingurune- Programa.

UNIDO: Nazio Batuen Garapen Industrialerako Erakundea.

ICRO: Zelulei buruzko Ikerketa- rako Erakunde Internazionala. Hau Mikrobiologia eta Bioteknologiari buruzko Lan-Taldea da.

IFS: Nazioarteko Zientzi Fun- dazioa.

IOBB: Bioteknologia eta Bioin- jinerutzarako Erakunde Interna- zionala.

IUMS: Nazioarteko Mikrobiologi Elkarte- en Batasuna.



"Kuala-Lumpur (Malaysia) hiriko laborategi honetan, bioteknologo malaysiar batzuk, kalitate hobeko olio-palmondoak erdiesteko programa baten barne, in vitro hazkuntzaz arduratzen dira"

direnik, gosetearen mamua etengabeki aurrera doanez gero.

Hurrengo taulan bioteknologo- en kopuruak konpara daitezke:

BIOTEKNOLOGOAK (1983. urtean)	
EEBB:	23.000
SESB:	12.000
Japonia:	8.000
Asia (Japonia ezik):	3.400
Amerika (EEBB ezik):	1.900
Afrika osoa:	400

Nabaria denez, garapidean diren herrialdeek aditu eta bioteknologo- en

Helburua: zepa mikrobio- en bilketa, ardura eta erabilpena, nazio- en garapena eta nazioarteko lankidetzari begira.

BIDEAK

- 2.- GIAM: Mikrobiologia aplikatuak mundu-mailan dituen ondorioei buruzko bilkura zientifikoak.

Helburua: Herrialde industrialduen eta garapidean diren arteko lankidetzaz sustatzea, tokian tokiko ikerketa eta pres- takuntzaz bultzatzea.

- 3.- NAZIO BATUEN ORGANISMO ETA ERAKUNDE EZ-GOBER-

WFCC: Kultibo Bildumetarako Mundu-Federazioa.

- 4.- ESKUALDE-MAILAKO ERA- KUNDEEKIKO LANKIDETZA:

ALAR: Latinamerikako Rizobio- logi Elkarte

AABNF: Nitrogeno-Finkapen Bio- logikorako Elkarte Afrikarra

ABEGS: Estatu- en Hezkuntz Bu- lego Arabiarra

CEC: Europako Elkarte- en Batzordea

SANEM: Asia-Hegoekialdeko Mi- krobiologi Sarea. ■