

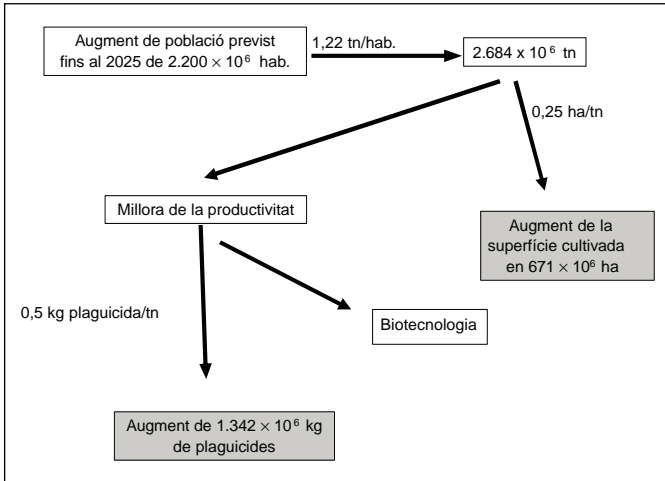
**SOCIETAT CATALANA
DE BIOLOGIA
ELS MICROORGANISMES
COM A BIOPESTICIDES
I BIOFERTILITZANTS
EN AGRICULTURA,
A CÀRREC
D'EMILI MONTESINOS,
DE L'INSTITUT DE TECNOLOGIA
AGROALIMENTÀRIA
DE LA UNIVERSITAT DE GIRONA**

El creixement de la població mundial ha estat espectacular en els darrers anys; actualment s'estima en prop de 6.500 milions d'habitants, i les projeccions per al 2025 són d'una població de 8.500 milions d'habitants. Tanmateix, aquest augment de la població en 2.000 milions d'habitants es produirà principalment en els països en desenvolupament.

La producció agrícola satisfà les necessitats alimentàries humanes directes en productes vegetals o indirectes dels animals destinats al consum humà mitjançant la producció ramadera. Les estimacions mitjanes de producció agrícola actuals són d'1,22 tn per habitant i any, sense tenir en compte els grans desequilibris, i per tant es necessitarà una producció agrícola addicional de 2.440 milions de tn. La producció agrícola mundial haurà d'augmentar especialment en els països no desenvolupats que tenen una capacitat actualment de producció de dues o tres vegades inferior a la dels països desenvolupats.

Aquest augment de la producció, òbviament no hauria d'anar lligat a un increment de la superfície cultivable a costa dels boscos, i per tant es preveu que s'hauria d'assolir en part mitjançant un increment de la productivitat dels conreus (vegeu la figura 1). Això podria aconseguir-se limitant les pèrdues degudes a agents biòtics (malalties, plagues, «males herbes») que en terme mitjà són del 38% de la producció potencial (vegeu la figura 2) o satisfent més adequadament les necessitats nutricionals i hídriques de les plantes de conreu (Agrios, 1997). Són nombrosos els microorganismes causants de malalties en les plantes (unes 11.000 de descrites), però les més devastadores són causades per prop de 120 gèneres de fongs, 30 de virus, 22 de nematodes i tan sols 6 de bacteris (vegeu la taula 1). Algunes d'aquestes malalties afecten, a més de la fase de producció, la fase de postcollita (emmagatzematge i comercialització), i principalment les

podridures causades per fongs constitueixen un dels principals problemes de pèrdues i intoxicacions.



289

FIGURA 1. Efecte de l'augment de la població mundial fins al 2025 en l'increment de la producció agrícola. Impacte ambiental de l'augment de la superfície cultivable i de l'ús de plaguicides de síntesi, davant la biotecnologia.

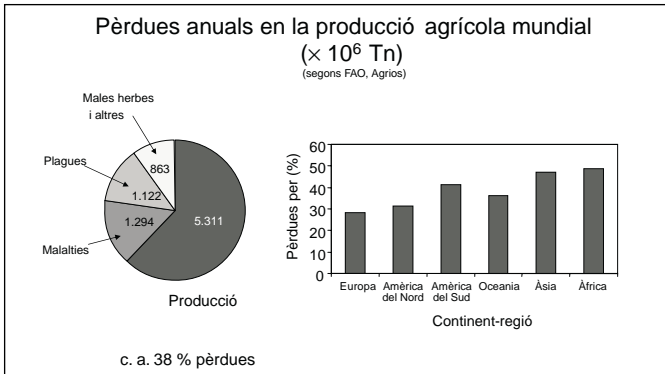


FIGURA 2. Pèrdues en la producció agrícola mundial com a conseqüència de factors biòtics deguts a plagues, malalties i males herbes.

TAULA 1. *Principals agents biòtics causants de malalties en les plantes*

<i>Tipus</i>	<i>Nombre de gèneres</i>	<i>Nombre de malalties</i>
Viroïdes	—	20
Virus	30	700
Mol·licuts	2	15
Bacteris	6	100
Fongs	120	10.000
Protozous flagelats	1	2
Nematodes	22	100

Al llarg de la història de la humanitat han estat nombroses les malalties responsables de grans davallades econòmiques, així com els períodes de fam i destrucció de paratges d'interès en diferents cultures. Es poden citar com a rellevants la seca tardana de la patatera (*Phytophthora infestans*), que ocasionà l'època de fam a Irlanda (1845-1846); la seca de l'arròs (*Pyricularia oryzae*), causant de la fam a Bengala (1943); el mildiu de la vinya (*Plasmopara viticola*) a Europa (1840-1880); la grafiosi dels oms (*Ceratocystis ulmi*) des de 1930, les bacteriosis dels fruiters (*Erwinia amylovora* des de 1870) i els cítrics (*Xanthomonas arboricola* pv. *citri*), i les virosis dels cítrics (tristesa a partir dels anys seixanta) i motejat de la tomaquera (TSWV) (1980 en endavant), per posar-ne alguns exemples.

Les noves tecnologies productives, especialment en conreus intensius protegits o en hivernacle, permeten controlar els factors climàtics i meteorològics adversos (gelades, pedregades, sequeres, i altres) als quals està sotmesa l'agricultura tradicional, i minimitzar extensivament l'impacte, encara que aquest augmenti localment. També en molts casos permet un ús més eficient dels recursos hídrics, fertilitzants i plaguicides. Però la disminució de les pèrdues degudes a plagues, malalties i males herbes està actualment fonamentada en l'ús de tot un arsenal de productes químics plaguicides, com insecticides, acaricides, rodenticides, mol·lusquicides, microbicides, her-

bicides i altres substàncies químiques, que poden agreujar la ja malmesa salut del nostre planeta. El consum de plaguicides mundial s'estimava el 1990 (any per al qual hi ha dades de la major part dels països) en 3.000 milions de quilograms, dels quals 2.400 milions són consumits pels EUA, el Canadà i Europa (Agrios, 1997).

L'impacte ambiental negatiu dels plaguicides químics es deu no sols a l'ecotoxicitat i efectes no-diana de moltes matèries actives, sinó principalment al sistema d'aplicació que, a causa del baix valor afegit dels individus (plantes), es realitza per polvorització, atomització o fumigació, i per tant amb un gran impacte ambiental. Conseqüentment, en el camp de la protecció de conreus, malgrat que no es pot prescindir de molts d'aquests productes, cal fer-ne un ús racional i restringir el nombre de matèries actives a les que siguin realment imprescindibles, més selectives, menys tòxiques, i tinguin menys impacte ambiental (Ragsdale i Sisler, 1994). La nova normativa per al registre de productes fitosanitaris a la Unió Europea que estableix la Directiva 91/414/CEE preveu una reducció per a l'any 2008 de 939 a menys de 400 substàncies actives, i el requeriment de la presentació d'un dossier molt extens que prevegi estudis toxicològics en mamífers i ecotoxicològics, de traçabilitat, i d'impacte ambiental. A més, en els països desenvolupats ha sorgit un corrent de sentiment cada cop més fort que prima òbviament en primer lloc la salut del consumidor, però que també valora com s'ha produït l'aliment en termes de respecte vers el medi ambient, i fins i tot l'absència de sobreexplotació de mà d'obra (Hall i Barry, 1995).

En aquest context tenen sentit tot un seguit de nous mètodes de control de plagues i malalties dels conreus basats en els bioplaguicides i en l'aprofitament de processos i interaccions que tenen lloc a la natura, com són la competència, antagonisme i hiperparasitisme vers els patògens i plagues

(Chet, 1993). A més, seguint el mateix principi, processos ben coneguts biològicament, com la simbiosi i comensalisme que s'estableixen de manera natural entre les plantes i els microorganismes, són la base d'un nou sistema per a millorar l'estat nutricional de les plantes, els biofertilitzants.

LES PLANTES COM A FONT DE MICROORGANISMES BENEFICIOSOS

Les plantes ofereixen un gran ventall d'ambients ben diferenciats que són aprofitats per molts microorganismes que constitueixen la seva microbiota natural. Aquesta microbiota és, quant a espècies microbianes, ben diferent de la microbiota normal dels animals. Així, les arrels immergides en el sòl, constitueixen un entorn molt estable, ric en nutrients provinents dels exsudats de la planta, amb bona disponibilitat d'aigua i protecció d'agents físics adversos, com les temperatures extremes i la radiació solar. La part aèria està sotmesa a nombrosos canvis, tant durant els cicles dia-nit com en els estacionals, i aquests últims afecten l'estat fenològic de la planta (creixement vegetatiu, floració, fructificació, filoctosi, etc.). Certament, cadascun dels òrgans de la planta configura un hàbitat diferenciat que és colonitzat per microorganismes de manera específica: rizosfera, filosfera, antosfera, espermosfera, i gemmisfera. A més, els microorganismes han desenvolupat diverses estratègies per a adaptar-se a les plantes, incloent interaccions tan beneficioses per a la planta com deletèries.

Les interaccions beneficioses tenen lloc per bacteris simbiotes o lliures i per un tipus de fongs altament especialitzats, les micorizes (Cook, 1983, 1993). Les interaccions patogèniques o deletèries són degudes a viroides, virus, bacteris i fongs, i causen malalties infeccioses que són específiques del regne vegetal.

Si bé les poblacions de microorganismes que interactuen amb les plantes poden assolir nivells molt elevats, es calcula que només entre un 1-10% de les espècies, sobretot bacterianes, és cultivable amb els mètodes de què actualment disposem. Tanmateix, sols aquells microorganismes que són cultivables amb les tècniques de què avui disposem ofereixen expectatives per a ésser utilitzats com a bioplaguicides o biofertilitzants, perquè finalment s'hauran de produir en massa per fermentació, per a ésser utilitzats comercialment.

Fa anys, el nostre grup de recerca es va plantejar un projecte a llarg termini consistent a aïllar i constituir una extensa col·lecció de milers de soques de bacteris integrants de la microbiota normal de diverses espècies vegetals en diferents ecosistemes i ambients arreu de Catalunya. L'objectiu consistia a estudiar el potencial d'algunes soques en el control biològic de malalties d'importància econòmica (biofungicides) i com a promotors del creixement de plantes de viver (biofertilitzants).

293

ELS BIOFUNCIDES

El camp d'aplicació on està tenint més èxit l'ús de microorganismes com a biofungicides (Chet, 1993) és el de la postcollita de fruita i hortalisses, i especialment en la fase d'emmagatzematge i comercialització. Tot i aplicar-hi tecnologies modernes, com la frigoconservació, l'atmosfera modificada i el tractament amb fungicides, s'estimen pèrdues mitjanes del 10% degudes a podridures (Snowdon, 1991; Eckert i Ogawa, 1988). Aquestes podridures són causades per diverses espècies de fongs del gènere *Penicillium* en pomes, peres i cítrics, i per *Monilinia* i *Rhizopus* en préssec, nectarina i albercoc. A més, la progressiva implantació dels sistemes de producció integrada tendeix a eliminar els tractaments de postcollita (Gullino i Kuijpers, 1994).

Així, l'objectiu és minimitzar o eliminar els tractaments amb fungicides de síntesi pels problemes sanitaris i ambientals que presenten com a conseqüència de la presència de residus en la fruita i de la dificultat en l'eliminació dels efluents de les centrals de frigoconservació. Una alternativa o complement a l'ús de productes químics per al control de podridures és el control biològic utilitzant bacteris, llevats i fongs que formen part de la microbiota normal de la fruita (Wilson i Wisniewski, 1989). Diverses espècies de bacteris, com *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas cepacia*, *Bacillus subtilis*, *Enterobacter* spp., *Pantoea agglomerans* i *Pseudomonas fluorescens* han estat objecte de nombrosos estudis en conservació de poma, pera, préssec, kiwi i cítrics. També diversos llevats del gènere *Candida*, com *C. oleophila* i *C. sake*, o del gènere *Pichia*, com *P. guilliermondi* són utilitzats sobretot per al control de podridures fúngiques en fruita dolça de llavor (Montesinos *et al.*, 2000; Nunes *et al.*, 2002). Els mecanismes d'acció són molt diversos: en uns casos actuen directament sobre el patògen mitjançant fenòmens d'antibiosi (bacteriocines, enzims) o d'hiperparasitisme, i en d'altres indirectament per exclusió competitiva (colonització més eficient de les ferides o punts d'entrada del patògen o competència per als nutrients).

A partir de la nostra col·lecció, una soca, l'EPS125 de *Pantoea agglomerans*, s'ha mostrat molt eficient en el control de podridures fúngiques de poma, pera, préssec, nectarina i albercoc en postcollita (Montesinos *et al.*, 2001; A. Bonaterra *et al.*, 2002), amb una eficàcia comparable a la dels fungicides químics (vegeu la figura 3). El mecanisme d'acció és senzill, no produeix antibiòtics, colonitza les ferides en els fruits creant una barrera, i interacciona directament amb les espores dels fongs, de manera que impedeix que germinin i, per tant, les infeccions. El biofungicida ha superat els estudis toxicològics i es pot produir industrialment per fermentació i ser formulat per a ús comercial.

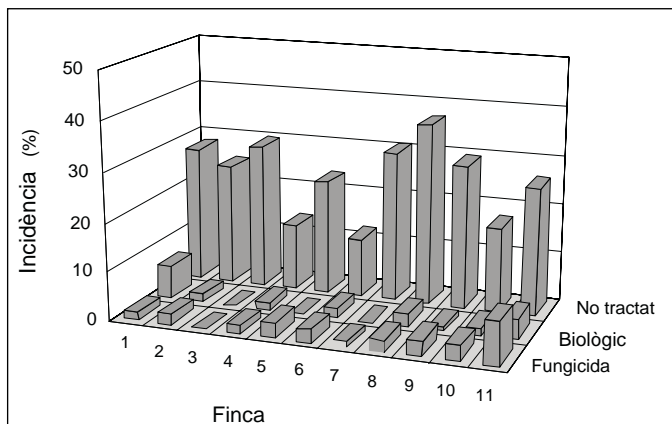


FIGURA 3. Efecte del tractament amb el biofungicida *Pantoea agglomerans* EPS125 en el control de la podridura blava en mostres de poma Golden de diferents finques comercials de Girona, en comparació amb una fungicida de síntesi i un control no tractat.

ELS BIOFERTILITZANTS

Diversos tipus de microorganismes poden interaccionar amb les plantes, de manera que obtenen un benefici mutu. Aquestes interaccions beneficioses tenen lloc principalment amb el sistema radical, la rizosfera, i són dutes a terme per bacteris simbiòtics o lliures, i per un tipus de fongs altament especialitzats, les micoritzes (Lynch, 1990).

Les micoritzes són associacions entre fongs i plantes que s'estableixen a través de les arrels, especialment importants en plantes llenyoses forestals i ornamentals. Les principals són les ectomicoritzes dels gèneres *Laccaria*, *Hebeloma* i *Lactarius*, que són cultivables, i les endomicoritzes sobretot les vesiculoarbusculars (VAM), com *Glomus mossae*, que no són cultivables en medis de cultiu de laboratori i presenten un ampli rang de plantes hoste.

Un altre grup de microorganismes beneficiosos són els rizobacteris noduladors d'arrels, que produeixen tumoracions benignes en plantes lleguminoses, principalment diversos biovars de *Rhizobium* i *Bradyrhizobium* que presenten l'inconvenient que són altament específics de planta hoste, encara que algunes soques, com la NGR234 i USDA257, són d'ampli rang d'hoste i estan essent utilitzades a la pràctica. Tanmateix, el problema principal dels rizobacteris i de les micorizes rau en l'elevada especificitat d'hoste en la majoria dels casos.

Els bacteris promotors del creixement (PGPB) són bacteris no simbiotes principalment dels gèneres *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* i *Serratia*, habitants molt ben adaptats a la rizosfera (Kloepper, 1992).

Els biofertilitzants tenen molts camps d'aplicació en agricultura, especialment en sistemes de producció intensiva com hortícoles i vivers, però també en processos de reforestació, bioremediació i aprofitament de sòls pobres. Nosaltres estem desenvolupant biofertilitzants per a millorar la producció de planta de viver. La producció de planta de viver té actualment un fort desenvolupament, especialment en plantes llenyoses, com espècies de *Prunus*, que s'utilitzen com a portaempelts de fruiters, però també en producció de pomes, pereres, nogueres, oliveres, vinya i fins i tot monocotiledònies, com el plataner o plantes ornamentals, i hortícoles per a trasplantament. En molts casos es tendeix a l'obtenció de plàntules mitjançant tècniques de multiplicació *in vitro*, que permet el sanejament i la producció de material genèticament uniforme. Durant les fases avançades del cultiu *in vitro* s'indueix l'arrelament, i posteriorment les plàntules són trasplantades i aclimatades en condicions ambientals canviants i, un cop adquirida la grandària adequada, comercialitzades. Malauradament, durant la fase d'aclimatació i tras-

plantament es produeixen nombroses pèrdues o creixement lent deguts a un insuficient desenvolupament del sistema radical. Aquests problemes es resolen mitjançant la fertilització adequada, l'aplicació de fitohormones per a incrementar el desenvolupament radical, i l'ús de fungicides per al control de patògens presents en el sòl. Ara bé, aquests problemes també poden ser controlats mitjançant tècniques menys agressives, com aplicar bacteris promotors de creixement a les arrels (Brown, 1974).

Els bacteris promotors del creixement (PGPB) han estat usats en conreus hortícoles en hivernacle i al camp per a incrementar la producció o per a millorar la tolerància a l'estrès i a malalties en conreus herbacis del tipus patata, mongetera, soja, tomaquera, colza, cogombre, rave, mill i blat. Hi ha menys casos descrits en plantes llenyoses i sols en pomera i vern. L'efecte de promoció del creixement depèn de la soca de bacteri i ha estat atribuït segons els casos a la producció d'hormones fitoreguladores com àcid 3-indolacètic, giberilines i citoquinines. En algunes soques s'ha demostrat un efecte d'estimulació de l'activitat metabòlica de les arrels induïda per components de la superfície de la cèl·lula bacteriana, acceleració de la fixació de nitrogen o solubilització de fosfats en la rizosfera (Dart, 1986). En altres casos, l'efecte beneficiós es deu a la protecció de les arrels davant de bacteris i fongs patògens o inhibidors (Schippers *et al.*, 1987). Aquesta protecció davant de patògens ha estat relacionada indirectament amb la competència per nutrients i ferro, o més directament amb la síntesi de compostos amb activitat antibiòtica o fins i tot cianhídrica (Handelsman, Stabb, 1996). En altres casos s'ha demostrat un efecte estimulador de la resistència sistèmica de la planta a patògens.

En el nostre laboratori hem aïllat soques de bacteris naturals, especialment *Pseudomonas fluorescens* i *Pantoea agglomerans*, que són molt eficients en l'estimulació del crei-

xement de diverses plantes (vegeu la figura 4), com diverses espècies del gènere *Prunus* (prunera, híbrids d'ametller per presseguer, etc.) i plataner. Aquestes soques augmenten la supervivència durant les fases de multiplicació *in vitro* o trasplantament, i controlen malalties d'arrel causades per fongs i nematodes.

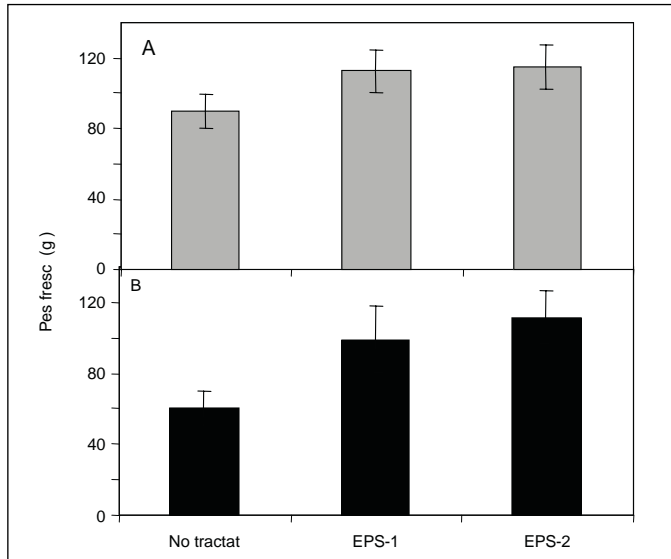


FIGURA 4. Efecte del tractament amb dues soques de bacteris promotors de creixement en el desenvolupament de la part aèria de portaempells de prunera Marianna (a) i híbrid de presseguer x ametller GF677 (b) des de la fase d'aclimatació fins a la lignificació en un viver comercial.

TRETS DESITJABLES I LIMITACIONS

Previ al desenvolupament comercial, un agent de biocontrol o biofertilitzant microbià, un cop s'ha demostrat la seva efectivitat en assajos pilot, ha de superar tot un seguit d'estudis

condueuts a demostrar que no és fitopatogen i a garantir la seva innocuïtat toxicològica especialment en mamífers, aptitud per a ésser produït per fermentació en massa, i facilitat de formulació que permeti una adequada conservació en un format compatible comercialment.

Evidentment és imprescindible que el biofungicida o biofertilitzant no sigui patogen de cap planta, especialment les de conreu. Encara que resulti obvi, aquest és un requisit especialment important per les conseqüències que podria tenir en ésser utilitzat en la pràctica agrícola. En el cas dels bacteris, la presència de reacció d'hipersensibilitat en solanàcies n'és un indicador, encara que convé la confirmació de l'absència dels gens *hrp*, que avui es pot realitzar de manera relativament senzilla i ràpida mitjançant la tècnica de la reacció en cadena de la polimerasa (PCR).

Els estudis toxicològics s'han de portar a terme per garantir la salut del consumidor, encara que en alguns casos en què la identificació del microorganisme indica l'absència d'historial clínic o veterinari, aquests poden ser menys exhaustius. Els principals estudis que cal realitzar són la toxicitat aguda per via oral en rata a fi de determinar la dosi letal mitjana (DL_{50}) i la dosi letal límit (DL_{1}). En el cas de bacteris, és convenient que sigui superior a 100.000 milions UFC/kg del pes de l'animal. Altres proves que s'efectuen, sobretot per garantir la innocuïtat en l'aplicador, són la irritació dèrmica i ocular, i per inhalació, que han de ser negatives. En molts casos, en funció dels resultats anteriors cal aplicar el test de Magnusson i Klingman d'hipersensibilitat retardada per contacte en conill porquí.

L'aptitud per a la producció industrial és decisiva a l'hora de valorar la viabilitat de la comercialització. En general, i depenent de si el microorganisme és un bacteri, llevat o fong, s'empren mètodes de fermentació sòlida o líquida, basats en els avenços d'aquesta tecnologia en els camps far-

macològic i alimentari (Glazer i Nikaido, 1995). Els bacteris i llevats solen produir-se en fermentació líquida utilitzant bioreactors de tipus CSTR, mentre que els fongs es fermenten millor en sòlid. Sigui quin sigui el mètode emprat, al final del procés el rendiment ha de ser elevat, i en molts casos la biomassa (cèl·lules) s'ha de concentrar per filtració o centrifugació. Un altre aspecte important és que els medis de cultiu utilitzats han de ser relativament de baix cost, i en general es fan servir melasses, peptones o hidrolitzats de proteïnes, extractes de llevat, etc. per a ús industrial.

La conservació és també un requisit imprescindible per a garantir una bona distribució comercial del producte i emmagatzematge, però sempre es tendeix a minimitzar el cost (Jones, 1993). Aquesta pot ser en fase líquida sota refrigeració, per congelació en presència de criopreservants, o per deshidratació. La liofilització és un mètode de deshidratació que consisteix en la sublimació de l'aigua (pas de l'estat sòlid a vapor) i és el mètode més bo, però té un cost molt elevat, encara que permet recuperar totalment després de diversos mesos l'activitat del microorganisme un cop rehidratat. Industrialment, però, els mètodes de deshidratació mitjançant atomització (*spray-drying*) o llit fluïditzat són més ràpids i econòmics, encara que disminueixen la viabilitat i vida útil del microorganisme.

Independentment del mètode utilitzat per a concentrar i conservar el microorganisme, el producte obtingut s'ha de formular afegint substàncies que milloren la supervivència cel·lular, faciliten l'aplicació i estableixen el producte. Aquesta millora de la formulació es pot fer abans o després del processament per conservació. Els additius poden consistir en agents humectants, determinats nutrients, dispersants i altres substàncies químiques que actuen com a protectors de la radiació UV o osmoprotectors. En molts casos, aquesta tecnologia pot ser similar a la utilitzada en la formulació de productes fitosanitaris o farmacològics.

La situació actual dels bioplaguicides i biofertilitzants és molt complexa perquè, en la pràctica, en la seva implantació intervenen tant factors de tipus legal (procediments per a autorització i registre) com d'eficàcia davant els plaguicides de síntesi, o de percepció social. Si hem de jutjar per l'elevat nombre de grups de recerca que tenen com a línia d'investigació principal els bioplaguicides, del gran volum de publicacions científiques i patents (més de quatre-cents) en aquest camp, i de les restriccions a l'ús de plaguicides de síntesi (especialment a Europa amb la Directiva 91/214CEE), cal esperar un gran desenvolupament d'aquesta tecnologia i la seva implementació pràctica en el futur immediat. Tanmateix, això no és així perquè mentre als EUA hi ha registrats oficialment uns trenta-dos bioplaguicides, el registre oficial a la Unió Europea inclou actualment sols dues sol·licituds informades positivament del total de tan sols uns set previs a la directiva. A la taula 2 es presenten alguns microorganismes i productes derivats que es comercialitzen dependent del país.

Certament, el camp dels bioplaguicides es mou entre actituds contradictòries. D'una banda, l'agricultura necessita, per a satisfer la demanda quantitativa, qualitativa i extemporània de productes vegetals, una tecnologia moderna de plaguicides cada cop més naturals amb un ús racional, minimitzat i amb el menor impacte ambiental possible. D'altra banda, la percepció del consumidor vers l'agricultura no és precisament positiva, i és conseqüència de l'impacte negatiu que sovint es té sobre els recursos naturals, especialment els forestals, i dels lamentables esdeveniments com l'encefalopatia espongiforme bovina (BSE), les dioxines, els residus de plaguicides en productes agrícoles i ramaders, a què els consumidors de la Unió Europea estem acostumats.

TAULA 2. Alguns microorganismes i productes comercialitzats en diversos països per al control de malalties fúngiques o bacterianes, o com a biofertilitzants promotors del creixement en plantes

Producte	Nom comercial	Patògen diana
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	Rotstop	<i>Fomes annuosus</i>
<i>Gliocladium</i> sp.	Glomix	Patògens del sòl
<i>Streptomyces griseoviridis</i>	Mycostop	<i>Fusarium</i> spp
<i>Bacillus subtilis</i>	Kodiak, altres	Patògens del sòl, PGPRs
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	diversos	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
<i>Ampelomyces quisqualis</i>	AQ10	Míldiu
<i>Candida oleophila</i>	Aspire	Postcollita
<i>Chaetomium globosum</i>	—	diversos
<i>Phytium oligandrum</i>	Polygandron	<i>P. ultimum</i>
<i>Fusarium oxysporum</i>	Fusaclean	<i>Fusarium oxysporum</i>
<i>Trichoderma viride</i>	diversos	Diversos fongs del sòl
<i>T. polysporum</i> , <i>T. harzianum</i>		
<i>Verticillium dahliae</i>		
<i>Candida sake</i>	—	Postcollita
<i>Patoea agglomerans</i>	—	Postcollita, <i>E. amylovora</i>
<i>Pseudomonas syringae</i>	BioSave	Podridures postcollita
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Blighban	Antigelades, <i>E. amylovora</i>
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Cedomon	Fongs patògens de cereals

Sens dubte, l'ús de productes plaguicides més «naturals» basats en microorganismes pot ser una alternativa o complement en molts casos als productes de síntesi. Però, un cop més, la percepció social vers els microorganismes és contradictòria i molt dependent de com es presenta en els mitjans de comunicació. Valgui com a exemple la tècnica publicitària d'algunes indústries alimentàries quan ens presenten els bacteris «bons» com els ferments (bioiogurt, formatge, pa, vi, cervesa) o d'indústries de productes de neteja domèstica davant els bacteris «dolents» que cal eliminar (desinfectants antibacteris). Malauradament, els darrers esdeveniments de terrorisme biològic a l'entorn de l'àntrax als EUA no han contribuït precisament a valorar objectivament el gran potencial que poden tenir els microorganismes beneficiosos

per a les plantes en el futur per a potenciar una agricultura sostenible.

REFERÈNCIES

- AGRIOS, N. G. (1997). *Plant Pathology*. Academic Press.
- BOLAND, G. J.; KUYKENDALL, L. D. [ed.]. (1998). *Plant-microbe interactions and biological control*. Marcel Dekker, Inc.
- BONATERRA, A.; MARI, M.; CASALINI, L.; MONTESINOS, E. (2002). «Biological control of *Monilinia laxa* and *Rhizopus stolonifer* in postharvest of stone fruit by *Pantoea agglomerans* EPS125 and putative mechanisms of antagonism». *International Journal of Food Microbiology*. [En premsa]
- BRITO ÁLVAREZ, M. A.; GAGNÉ, S.; ANTOUN, H. (1995). «Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and on the incidence of plant growth-promoting rhizobacteria». *Appl. Environ. Microbiol.*, núm. 61, p. 194-199.
- BROWN, M. E. (1974). «Seed and root bacterization». *Annual Review of Phytopathology*, núm. 12, p. 181-197.
- CHET, I. [ed.]. (1993). *Biotechnology in plant disease control*. Wiley-Liss.
- COOK, R. J. (1993). «Making greater use of introduced microorganisms for biological control of plant pathogens». *Annual Review of Phytopathology*, núm. 31, p. 53-80.
- COOK, R. J.; BAKER, K. F. (1983). *The nature and practice of biological control of plant pathogens*. Minnesota: APS, St. Paul. p. 539.
- DART, P. J. (1986). «Nitrogen fixation associated with non-legumes in agriculture». *Plant and Soil*, núm. 90, p. 303-334.
- ECKERT, J. W.; OGAWA, J. M. (1988). «The chemical control of

- postharvest diseases. Deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops». *Annual Review of Phytopathology*, núm. 26, p. 433-469.
- GLAZER, A. N.; NIKAIKO, H. (1995). *Microbial biotechnology*. W. H. Freeman Co.
- GULLINO, M. L.; KUIJPERS, L. A. M. (1994). «Social and political implications of managing plant diseases with restricted fungicides in Europe». *Annual Review of Phytopathology*, núm. 32, p. 559-579.
- GUTTERSON, N. (1990). «Microbial fungicides: Recent approaches to elucidating mechanisms». *Critical Reviews in Biotechnology*, núm. 10, p. 69-91.
- HALL, F. R.; BARRY, J. W. [ed.] (1995). *Biorational pest control agents*. American Chemical Society.
- HANDELSMAN, J.; STABB, K. (1996). «Biocontrol of soilborne plant pathogens». *Plant Cell*, núm. 8, p. 1855-1869.
- JONES, D. G. [ed.] (1993). *Exploitation of microorganisms*. Chapman Hall.
- KLOEPPER, J. W. (1992). «Plant growth-promoting rhizobacteria as biological control agents». A: BLAINE METTING, F. Jr. [ed.]. *Soil microbial ecology*. Nova York: Marcel Dekker, Inc., p. 255-274.
- LYNCH, J. M. [ed.] (1990). *The rhizosphere*. Chichester: John Wiley and Sons.
- MONTESINOS, E.; BONATERRA, A. (1996). «Dose-response models in biological control of plant pathogens: an empirical verification». *Phytopathology*, núm. 86, p. 464-472.
- MONTESINOS, E.; BONATERRA, A.; FRANCÉS, J.; BADOSA, E.; CABREFIGA, J. (2001). *Nueva cepa bacteriana biofungicida, procedimiento para su preparación y aplicaciones*. Oficina Española de Patentes y Marcas [Sol·licitud P200101274].
- MONTESINOS, E.; BONATERRA, A.; BADOSA, E.; FRANCÉS, J.; ALEMANY, J.; LLORENTE, I.; MORAGREGA, C. (2002). *Plant-*

- microbe interactions and the new biotechnological methods of plant disease control. International Microbiology.*
- MONTESINOS, E.; MELGAREJO, P.; CAMBRA, M. A.; PINOCHET, J. [ed.] (2000.) *Enfermedades de los frutales de pepita y hueso.* Mundi-Prensa.
- NUNES, C.; USALL, J.; TEIXIDÓ, N.; TORRES, R.; VIÑAS, I. (2002). «Control of *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* on apples and pears with the combination of *Candida sake* and *Pantoea agglomerans*». *Journal of Food Protection*, núm. 65, p. 178-184.
- RAGSDALE, N. N.; SISLER, H. D. (1994). «Social and political implications of managing plant diseases with decreased availability of fungicides in the United States». *Annual Review of Phytopathology*, núm. 32, p. 545-557.
- SCHIPPERS, B.; BAKKER, A. W.; BAKKER, P. A. H. M. (1987). «Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices». *Annual Review of Phytopathology*, núm. 25, p. 339-358.
- SNOWDON, A. L. (1991). «A Color Atlas of Post-harvest diseases and disorders of Fruits and Vegetables». A: *General Introduction and Fruits.* Vol. 1. Wolfe Scientific.
- WILSON, C. L.; WISNIEWSKI, M. E. (1989). «Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: an emerging technology». *Annual Review of Phytopathology*, núm. 27, p. 425-441.