

LE BIOTECNOLOGIE SCIENZE PER IL FUTURO

di Giorgio Poli e Paola Dall'Ara*

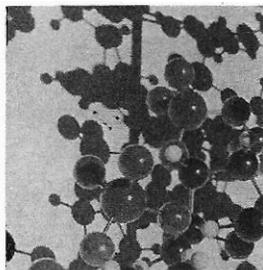
Gli sviluppi nelle applicazioni dell'ingegneria genetica interessano oggi i campi più diversi: dalla farmacologia all'industria alimentare, alla zootecnia e all'agricoltura. Occorre conoscere le tecniche con cui vengono prodotte sostanze «nuove», utilizzate sempre più spesso nella vita dell'uomo, per poterle sfruttare in modo intelligente e consapevole.

A partire dal lontano 1865, anno in cui fu presentato il lavoro sperimentale di Gregorio Mendel, vi è stato un crescendo di esperienze e conoscenze che hanno portato a comprendere la struttura, la funzione e l'espressione dei geni, dando inizio agli studi dell'ingegneria genetica, intesa come intervento mirato a modificare le caratteristiche genetiche di cellule batteriche, vegetali o animali.

Nell'arco di circa 130 anni l'informazione genetica è stata dissezionata a tutti i livelli e quest'opera continua ci ha portato oggi a raggiungere risultati imprevedibili.

Sono ormai entrate nel linguaggio comune parole come biotecnologia, ingegneria genetica, tecniche del DNA ricombinante, che però occorre comprendere nel loro significato corretto. Il termine «manipolazione dei geni», comunemente inteso come «ingegneria genetica», ha significati differenti a seconda delle persone che lo interpretano. La maggior parte lo considera in un contesto molto ampio: in effetti, nei paesi sviluppati vi è una precisa definizione «legale» della manipolazione dei geni, con specifica legislazione governativa intesa al suo controllo. Indicativa è la definizione data dal Governo inglese: «Produzione di nuove combinazioni di materiale ereditabile, ottenute mediante inserzione di molecole di acido nucleico (DNA), di qualunque provenienza, in un organismo ospite nel quale tali molecole di DNA non sono presenti naturalmente ma che, una volta acquisite, possono propagarsi indefinitamente.»

Le finalità di queste procedure, note scientificamente con l'espressione «tecniche del DNA ricombinante», sono molteplici: indurre microrganismi, opportunamente programmati, alla sintesi di proteine animali o umane di grande valore terapeutico, preventivo o diagnostico (per esempio insulina, interferone, ormone della crescita, vaccini); modificare le caratteristiche genetiche di piante e animali in modo da incrementarne la produzione, sia in quantità, sia in qualità; produrre animali transgenici a supporto della medicina e della chirurgia; correggere i difetti genetici umani.



*Istituto di Microbiologia e Immunologia, Facoltà di Medicina Veterinaria, Università di Milano.

Illustrazioni tratte da:
G. Poli, *Bioteχνologie*,
UTET periodici,
Milano, 1997.

Espressione dei geni e tecniche dell'ingegneria genetica

La molecola della vita e dell'eredità si identifica con l'acido nucleico DNA; questa molecola lineare, in cui sono contenute tutte le informazioni per la crescita e lo sviluppo di ogni organismo, è suddivisa in geni - migliaia o centinaia di migliaia a seconda degli organismi - ognuno dei quali dirige la sintesi di una specifica proteina.

La scoperta degli acidi nucleici risale a poco più di cento anni fa: nel 1869 il chimico tedesco Miescher isolava una nuova sostanza naturale contenente fosforo. Questa sostanza era diversa dalle proteine (allora già note), proprio per la sua ricchezza in fosforo, e dalle altre sostanze naturali fosforilate conosciute, i fosfolipidi. Dato che la sostanza era stata estratta dai nuclei cellulari (nuclei degradati di leucociti umani, presenti nel pus raccolto dalle bende di un ospedale) e dato che dava reazione acida, fu chiamata «acido nucleico». Gli acidi nucleici sono fondamentalmente di due tipi: uno, più abbondante e presente soprattutto nel citoplasma cellulare, chiamato acido ribonucleico (o RNA, dall'inglese *Ribo Nucleic Acid*); l'altro, meno abbondante, chiamato acido desossiribonucleico (DNA).

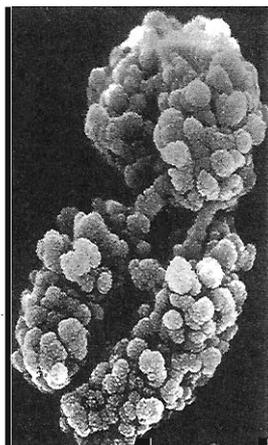
Quando una cellula ha bisogno di una determinata proteina (per esempio insulina a livello delle cellule pancreatiche o interferone in una cellula infettata da virus), attiva il gene relativo e, tramite l'enzima RNA polimerasi, presente in tutte le cellule viventi, produce una molecola di RNA-messaggero, a singolo filamento, complementare a un filamento della doppia elica di DNA che funge da stampo, e corrispondente a un singolo gene. L'RNA-messaggero reca poi il suo messaggio (la sequenza degli aminoacidi nella proteina) a livello dei ribosomi, quali officine di assemblaggio: qui la proteina verrà prodotta e liberata nel citoplasma cellulare, ove, ad opera di altre strutture, subirà tutte quelle modificazioni che le consentiranno di acquisire la struttura definitiva, cioè le sue caratteristiche biologiche funzionali. Queste sono le tappe essenziali che, dall'informazione genetica, portano alla sintesi della molecola utile all'organismo.

Fatta questa premessa, è interessante rilevare che il codice genetico (sintesi di una specifica proteina da una specifica porzione di DNA) è identico in tutti gli esseri viventi, dai virus più piccoli ai batteri, sino al mammifero più grande, la balena. In altre parole, a livello di codice genetico, tutti gli organismi viventi parlano la stessa lingua.

Più precisamente, un gene dell'uomo, integrato nel genoma di batteri, fa esprimere la corrispondente proteina umana e viceversa.

Cosa consentono attualmente di fare le tecniche della biotecnologia innovativa, intesa come ingegneria genetica?

È possibile estrarre il DNA da una cellula e ottenerlo in purezza *in vitro*. È poi possibile identificare i singoli geni, mediante loro separazione con enzimi specifici di origine batterica (enzimi di restrizione), che frammentano il DNA, e successiva migrazione dei frammenti stessi in un gel di agarosio.



Coppia di cromosomi
125 000 X
m.e. a scansione

In alternativa a questo sistema, se si intende, per esempio, produrre in laboratorio una proteina umana di alto valore terapeutico (quale l'insulina), possiamo ottenere l'RNA-messaggero specifico, prelevandolo da cellule pancreatiche funzionali; quindi trascriviamo il messaggio in una molecola di DNA che codifica per l'insulina umana.

Per ingegnerizzare un ceppo batterico e fargli produrre insulina umana, sfruttiamo gli stessi batteri. In effetti, i batteri possono essere facilmente ingegnerizzati grazie alla presenza negli stessi di molecole accessorie di DNA circolarizzato, chiamate plasmidi. È cioè possibile estrarre i plasmidi dai batteri, aprirli in punti prestabiliti e inserirvi il gene umano di interesse, per esempio quello che codifica per l'insulina, che è stato estratto da una cellula umana o prodotto in laboratorio.

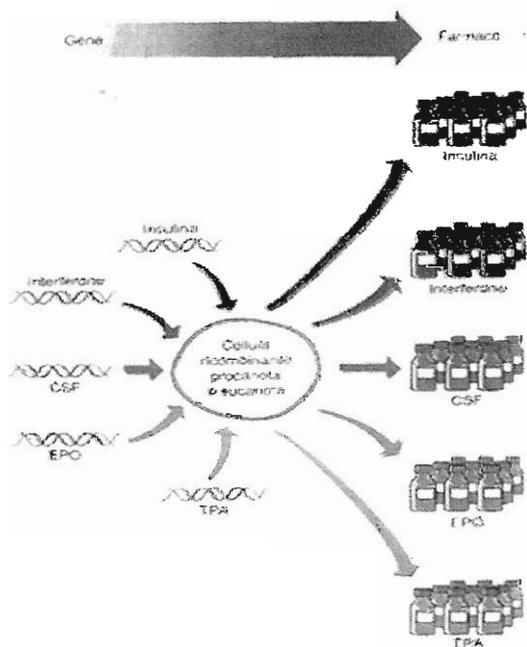
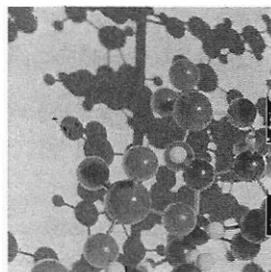
Il plasmide che veicola il gene estraneo viene reintrodotta in batteri viventi che restano così «commissionati» alla produzione di insulina umana; grazie all'eccezionale capacità replicativa e proteosintetica dei batteri (in 18 - 24 ore da un batterio si ottengono migliaia di miliardi di batteri identici, capaci di produrre la proteina desiderata) si può ottenere l'insulina umana in grande quantità. Tale molecola, farmacologicamente attiva, viene denominata «insulina ricombinante» (r-insulina); essa viene purificata mediante cromatografia di affinità e quindi usata nella terapia medica del diabete.

Con tecniche molto simili, l'ingegneria genetica ha permesso di produrre, a partire dal 1982, numerosi farmaci salvavita

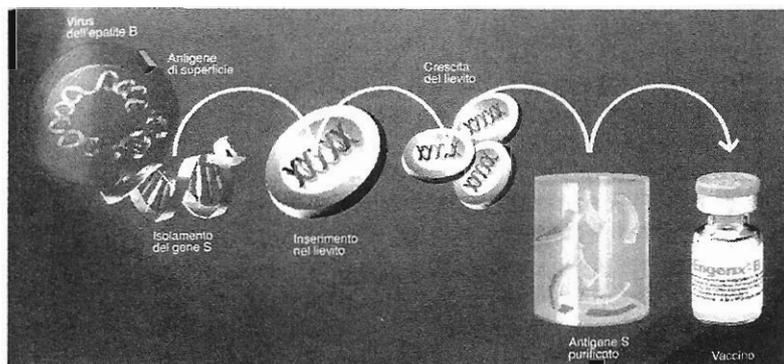
Il gene che codifica per farmaci salvavita viene inserito, mediante le tecniche del DNA ricombinante, in un batterio o in altro tipo di cellula, che è così «commissionato» a produrre la molecola farmacologica in grande quantità e purezza.

Negli anni Novanta sono entrati nell'uso ospedaliero numerosi farmaci ricombinanti, tra i quali, oltre alla già citata insulina, l'interferone, l'eritropoietina (EPO), l'attivatore tissutale del plasminogeno per la dissoluzione dei coaguli di fibrina (TPA), o il *colony stimulating factor* (CSF) che ha la funzione di rigenerare le cellule della difesa immunitarie durante i trattamenti chemioterapici.

Oltre ai farmaci di natura proteica, è possibile anche commissionare ai batteri la produzione di vaccini, in quanto questi ultimi



sono costituiti dalle principali proteine che compongono i batteri o i virus verso cui si vuole preparare il vaccino. In genere viene ingegnerizzato un lievito (cellula eucariota che quindi produce proteine glicosilate) per la produzione *in vitro* dell'immunogeno desiderato. Tale prodotto, opportunamente adiuvato, potrà essere impiegato come vaccino. La caratteristica saliente di questo approccio è la possibilità di produrre un vaccino contenente solo la proteina virale che induce la risposta anticorpale protettiva in assenza, quindi, di ogni altra frazione virale potenzialmente pericolosa (per esempio gli acidi nucleici).



I passi per la produzione del vaccino antiepatite

Il primo vaccino allestito con questa tecnica, per l'uomo, è stato quello per l'epatite B (antigene di superficie HBsAg⁺ del virus HBV), mentre in campo veterinario è stato prodotto in *Escherichia coli* un vaccino contro la leucemia felina (antigene di superficie P-45 del virus FeLV).

La tecnica più avanzata e interessante è però rappresentata dalla produzione di vaccini in vegetali transgenici: banane ingegnerizzate sono ricche di proteine virali immunizzanti contro la poliomielite e parimenti altri vegetali, come il pomodoro e la soia, possono essere ingegnerizzati e produrre proteine virali o batteriche che, ingerite, immunizzano verso le specifiche malattie sia gli uomini, sia gli animali.

La diagnostica molecolare applicata alle malattie infettive e all'ispezione degli alimenti di origine animale

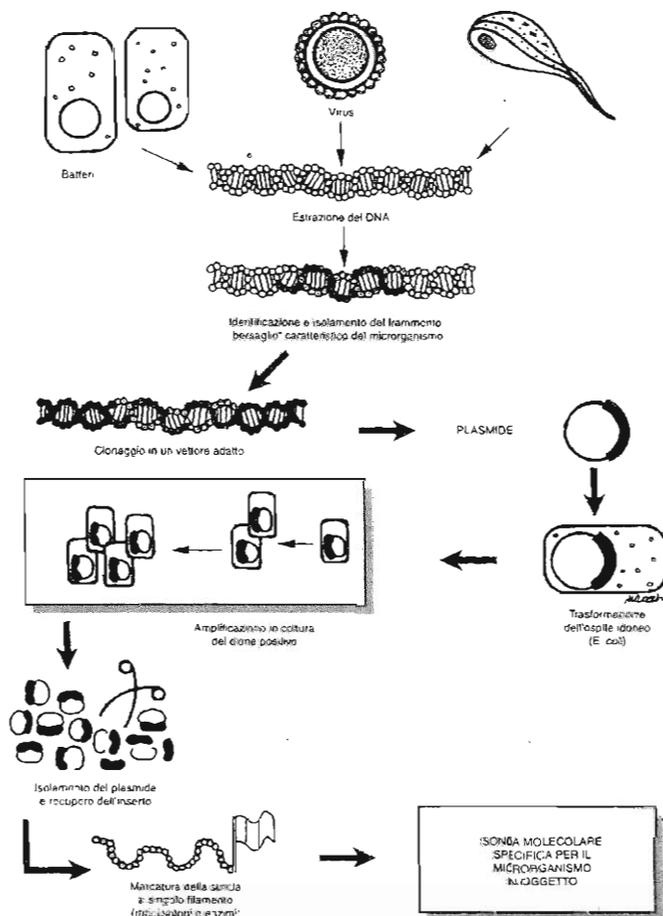
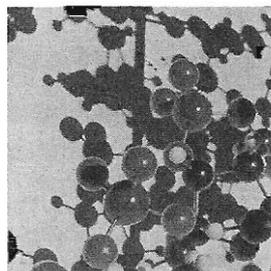
Anche in medicina veterinaria, accanto a reagenti immunologici innovativi, come gli anticorpi monoclonali, che consentono di rilevare con estrema specificità e sensibilità la presenza di virus o batteri in un campione patologico, si è passati all'allestimento e all'impiego delle sonde molecolari o DNA-*probes*, che riconoscono con specificità assoluta il bersaglio (*target*) verso cui sono complementari, e cioè una porzione unica del genoma del microrganismo che si vuole rilevare nel campione biologico.

Per allestire una sonda molecolare (DNA- o RNA-*probe*) da utilizzare nella diagnostica, per esempio virologica, è necessario estrarre l'acido nucleico dai virioni cui si è interessati, dopodiché si identifica un seg-

mento caratteristico é tipico di quel virus. Per amplificare tale segmento, che verrà impiegato quale sonda molecolare, si sfruttano le caratteristiche dei plasmidi contenuti nei batteri. Più precisamente, il segmento virale da usare come sonda viene integrato in un plasmide che, reintrodotto nel batterio di origine, si replicherà in sintonia con le cellule batteriche: dopo circa 24 ore di replicazione, si potrà reisolare dai batteri un'elevatissima quantità di plasmidi da cui verrà poi staccato il frammento di gene virale, parimenti amplificato.

Tale frammento di acido nucleico virale verrà marcato con sostanze radioattive o con enzimi e potrà quindi essere impiegato quale «sonda» per la ricerca nei campioni patologici del virus di interesse.

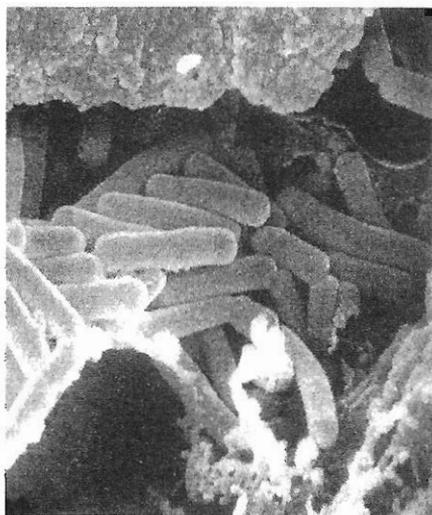
Ovviamente, l'applicazione delle sonde molecolari richiede la liberazione, la fissazione e la denaturazione del DNA presente nel campione biologico, al fine di esporre il DNA «bersaglio» complementare che si sta cercando: se il DNA è presente, la sonda molecolare si ibriderà con il filamento complementare per riformare la doppia elica, che verrà poi evidenziata attraverso il marcatore della sonda stessa.



La sensibilità e la specificità di sonde allestite per il rilievo di virus, ha consentito di svelare, per esempio, *herpesvirus* in campioni contenenti anche solo 1 o 2 picogrammi di DNA specifico (pari a 200 - 500 particelle virali).

Un'altra interessante applicazione della tecnologia del DNA ricombinante è quella dell'impiego delle sonde molecolari per l'ispezione degli alimenti.

Per il rilievo di batteri patogeni negli alimenti (per esempio *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Campylobacter*, *Listeria*) è possibile utilizzare sonde molecolari «peculiari», capaci cioè di rilevare la sequenza «bersaglio» del microorganismo che si sta cercando, senza la necessità di fissarla preventivamente a una matrice solida, come è invece necessario fare nelle altre tecniche di ibridazione molecolare descritte.



Microcolonia di batteri lattici termofili in una cavità del formaggio grana
6 000 X
m.e. a scansione

Questa caratteristica del sistema consente di individuare l'acido nucleico bersaglio anche quando questo è presente in una sospensione molto eterogenea, oppure quando gli acidi nucleici bersaglio sono dispersi in volumi rilevanti, come avviene appunto nel caso di prodotti alimentari solidi, come per esempio i formaggi, o liquidi, come per esempio i succhi di frutta.

Il sistema diagnostico proposto può essere applicato direttamente a terreni colturali (brodi di arricchimento), in cui si seminano campioni degli alimenti in esame: infatti, la sequenza «bersaglio», che identifica il batterio è rappresentata da un tratto del suo RNA ribosomiale (RNA 16S), per cui tale tratto è presente in grandissima quantità in ogni cellula batterica ed è, inoltre, caratteristico dei microrganismi metabolizzanti e, quindi, vivi.

Il sistema prevede di identificare le sequenze «bersaglio» di acido nucleico ribosomiale, che caratterizzano il microorganismo in esame, utilizzando due diverse sonde: una con recettori per un enzima specifico, che servirà per sviluppare la reazione finale per il rilievo e la quantizzazione dell'RNA microbico (sonda «rivelatrice»); l'altra (sonda di «cattura») che, quando si lega alla sua sequenza complementare di RNA «bersaglio», lascia libera una coda polideossi-adenosinica che ha, quindi, una specificità di legame molto forte con filamenti complementari di polideossi-timina, legati allo *stick* di plastica, che serve per recuperare dalla soluzione le sonde legate al bersaglio già marcato dalla prima sonda.

Dopo la cattura della sequenza che identifica lo specifico batterio, questa viene rilevata mediante l'aggiunta dell'enzima e lo sviluppo di una reazione colorimetrica.

Gli animali transgenici

Dopo l'ingegnerizzazione di batteri e lieviti, i ricercatori sono riusciti a trasferire nuovi geni anche negli animali, ottenendo così animali transgenici.

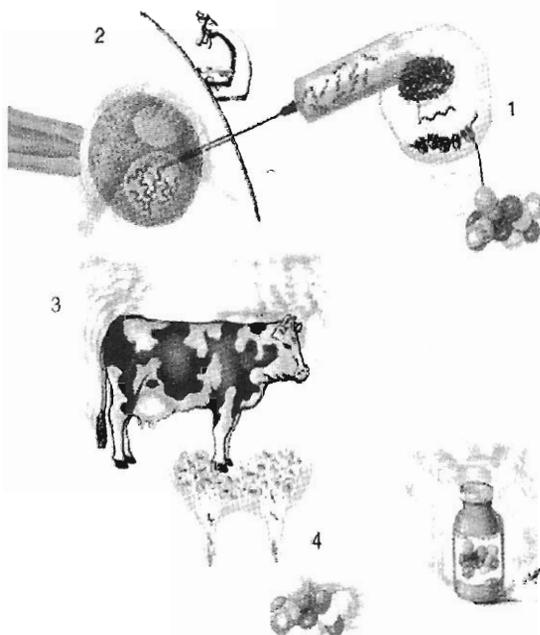
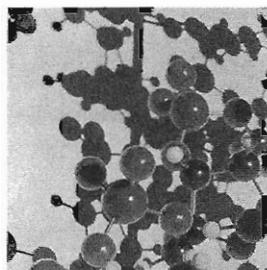
Per potere inserire un gene «nuovo» in un animale e farlo esprimere correttamente, è necessario inserirlo il più precocemente possibile, quindi quando l'individuo è costituito da poche cellule o addirittura dall'ovocita appena fecondato.

I geni da trasferire vengono inseriti direttamente nel pronucleo maschile di una cellula uovo appena fecondata: più precisamente, si depositano 1 - 2 picolitri di DNA (cioè la milionesima parte di un millilitro), pari a circa 100 - 200 copie del gene da inserire. Il gene inserito viene integrato nel genoma della cellula uovo e questa, trapiantata in una femmina ricevente, darà origine allo sviluppo e alla nascita di un animale transgenico.

Un'effettiva applicazione degli animali transgenici è volta alla produzione di molecole di interesse medico. I ricercatori sono riusciti ad allestire un costrutto genetico, caratterizzato, oltre che dal gene umano da esprimere (per produrre, ad esempio, un farmaco salvavita), anche dal promotore del gene di una proteina del latte (la β -caseina), in modo che l'espressione genica avvenga solo nelle cellule della ghiandola mammaria e quindi il farmaco sia presente in grande quantità nel latte dell'animale transgenico, da cui è facilmente recuperabile.

Un esempio di farmaco prodotto è rappresentato dal TPA (attivatore tissutale del plasminogeno), che è un eccezionale farmaco salvavita, in quanto viene usato per la dissoluzione di trombi e coaguli di fibrina (utile in caso di infarti, trombosi e *ictus*).

Una delle maggiori richieste della pratica medica attuale è la disponibilità di sostituti del sangue per le trasfusioni e soprattutto di emoglobina che sia sicura, poco costosa e disponibile in grande quantità. È infatti impossibile attualmente produrre emoglobina umana a partire dal sangue dei donatori, a causa della disponibilità limitata e soprattutto dei rischi di trasmissione di agenti infettivi veicolati dal sangue, quali il virus dell'AIDS e i virus responsabili delle varie forme di epatite.



Dal latte di vacche transgeniche si isolano grandi quantità di un farmaco salvavita il cui gene ha lo stesso promotore della beta-caseina

I vantaggi dell'emoglobina prodotta dal plasma di suini transgenici sono numerosi: anzitutto essa rappresenta una fonte immediata di ossigeno per le vittime di incidenti con gravi emorragie, consentendo di farli sopravvivere durante il trasporto in ospedale; in secondo luogo, poiché l'emoglobina come tale è «nuda», non presenta la membrana dei globuli rossi che espone gli antigeni di gruppo sanguigno e può essere quindi trasfusa in ogni persona, senza la necessità di cercare la compatibilità del gruppo sanguigno tra donatore e ricevente.

Animali transgenici e xenotrapianti

Il traguardo più ambito è però quello di ottenere tessuti e organi animali «umanizzati», da usare per trapianti.

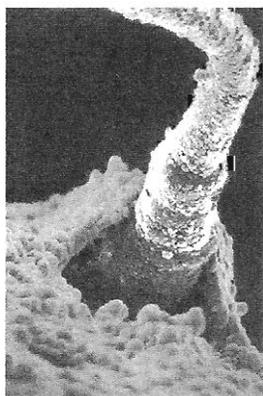
La notevole carenza di disponibilità di organi umani (soprattutto reni, cuore e fegato) a fronte della pressante richiesta dei numerosi pazienti (in Italia circa 12 000), che attendono l'evento drammatico per il donatore, ma salvavita per loro, ha spinto i ricercatori a trovare, tra le specie animali, i donatori di organi più adatti da utilizzare negli xenotrapianti.

Il primo xenotrapianto documentato scientificamente risale ben al 1682, allorché un medico sostituì a un nobile russo un lembo di cranio lesionato con quello prelevato dal cranio di un cane. L'esperimento al momento era riuscito, ma non si poté conoscerne l'esito finale, poiché, avendo la Chiesa russa minacciato il nobile di scomunica, il paziente si fece asportare il lembo trapiantato. Notevoli successi sono stati conseguiti invece dai medici militari che hanno utilizzato la cute di rana per sostituire la cute dei soldati ustionati o con ferite lacere o con piaghe.

Nel caso di xenotrapianti non concordanti (per esempio, nel caso del suino, che non è correlato geneticamente all'uomo, come lo sono invece i primati non umani) si osserva un «rigetto iperacuto», con necrosi del rene entro poche ore dal trapianto. Questo evento si realizza anche nell'allotrapianto (cioè da uomo a uomo): se donatore e ricevente non sono compatibili, la necrosi si realizza entro cinque - sette giorni anche se si utilizzano farmaci immunosoppressori.

L'inizio del rigetto iperacuto di un organo di suino trapiantato all'uomo si realizza addirittura entro poche decine di minuti. Ciò è dovuto alla reattività degli anticorpi naturali dell'uomo verso le catene lineari zuccherine (D - galattosio) delle glicoproteine che tappezzano i vasi sanguigni di suino.

Nei tessuti e negli organi trapiantati di origine umana, ciò non avviene per la presenza di catene zuccherine «angolari», caratterizzate dalla presenza di residui di L-fucosio, che impediscono la reazione con gli anticorpi.



Uno spermatozoo penetra nella cellula uovo (m. e. a scansione)

Subito dopo la fecondazione si hanno le maggiori probabilità di successo nell'impianto di geni esogeni nell'embrione.

Ecco quindi la realizzazione di un progetto per la produzione di suini transgenici, le cui proteine endoteliali presentano residui di L-fucosio, anziché di D-galattosio.



La tecnica attualmente usata prevede l'inserimento del gene della fucosio-transferasi nel pronucleo maschile di una cellula uovo di suino. Per effettuare l'operazione viene usato un microago, visibile sulla destra nella foto a lato. L'oocita

ingegnerizzato verrà poi trasferito nell'utero di una femmina ricevente che fungerà da incubatrice per l'animale transgenico.

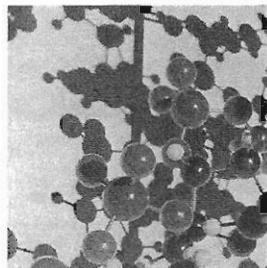
Gli organi di questi suini transgenici dovrebbero essere meno reattivi verso gli anticorpi del ricevente e dovrebbero quindi evitare il rigetto iperacuto.

Dopo la pubblicizzazione di questi tipi di esperimento, sono scattate campagne di stampa allarmistiche. L'esito del trapianto viene paragonato al sortilegio della mitologica maga Circe, che offrì ai compagni di Ulisse una pozione mescolata con formaggio, miele e vino: dopo aver vuotato le coppe, le loro teste si trasformarono in quelle di suini, la pelle si ricoprì di setole e cominciarono a grugnire; però, la loro mente era rimasta di uomo.

In questi tipi di interventi sui *mass media*, che si rifanno alla fantascienza più che alla scienza, non si tiene conto delle aspettative delle migliaia di malati cronici in attesa di trapianto d'organo, che ben accetterebbero un organo di suino per sopravvivere nell'attesa del trapianto omologo.

Inoltre, è tradita ogni conoscenza scientifica sulla problematica: una molecola umana che, come abbiamo visto, impedisce il rigetto iperacuto dell'organo non trasforma un suino in uomo e parimenti un organo animale quale trapianto «ponte» non trasforma un uomo in suino.

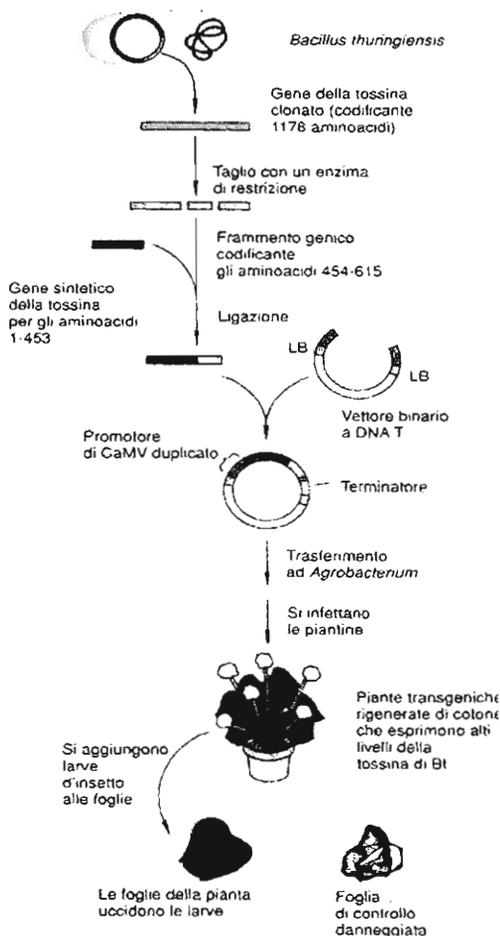
In questo quadro, vale la pena ricordare che un'Ordinanza Ministeriale, emessa il 22 dicembre 1998 dal Ministero della Sanità, pone il divieto alle pratiche di clonazione umana e animale. Tuttavia, tale divieto non si applica alla clonazione di animali transgenici utilizzati per la produzione di medicinali salvavita o alla clonazione attuata a salvaguardia di specie in via di estinzione.

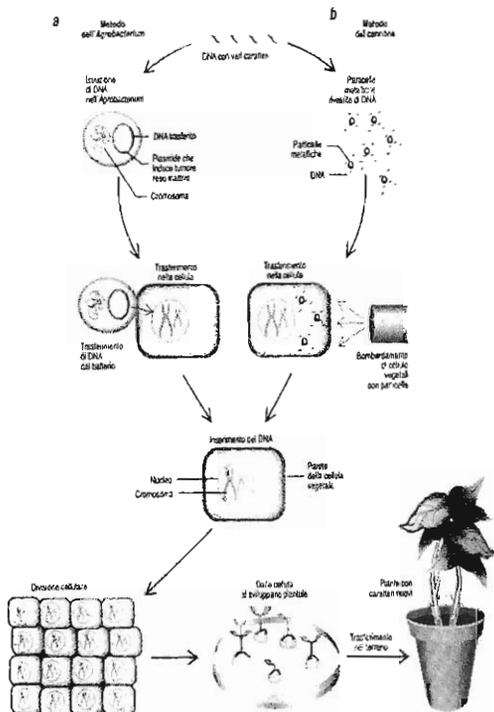


Le piante transgeniche e i bioinsetticidi

Gli insetti rappresentano il più numeroso gruppo di organismi presenti sulla terra e spesso influenzano negativamente la vita dell'uomo e degli animali: per esempio, sono responsabili di gravissimi danni alle produzioni vegetali. A partire dagli anni Quaranta l'industria chimica ha sviluppato numerosi composti chimici ad attività insetticida (per esempio il DDT), al fine appunto di controllare l'eccessiva proliferazione di popolazioni di insetti nocivi. Ma tali prodotti non sono certo privi di effetti collaterali: sono altamente tossici per gli esseri viventi (animali e uomini) e inquinanti per l'ambiente, con conseguenze spesso drammatiche; inoltre, a partire dagli anni Cinquanta si sono sviluppate popolazioni di insetti resistenti agli insetticidi.

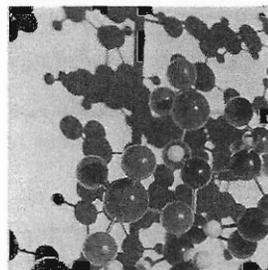
Si è quindi cercato di sviluppare nuovi insetticidi «biologici» (bioinsetticidi), prodotti cioè naturalmente dai microrganismi o dalle piante, che hanno il vantaggio di essere altamente specifici per determinate specie di insetti, di essere biodegradabili e di indurre molto lentamente un'eventuale resistenza negli insetti. Particolari successi si sono ottenuti sfruttando l'attività insetticida del batterio *Bacillus thuringiensis*, diffusissimo in natura e presente sugli stessi vegetali. Tale batterio produce una protossina insetticida (denominata Bt), sotto forma di cristallo proteico parasporale: nell'intestino dell'insetto che l'ingerisce, i cristalli di protossina vengono trasformati in tossina attiva per intervento di una specifica proteasi che viene prodotta esclusivamente dalle cellule intestinali dell'insetto che, pertanto, va incontro a morte. La protossina è innocua non solo per gli animali e per gli uomini, ma anche per altri insetti non nocivi e da oltre quarant'anni è usata come *spray* per difendere i vegetali dai parassiti. Per evitare il trattamento quotidiano con la tossina in forma di *spray*, e soprattutto per la difficoltà al trattamento di colture intensive ed estensive, i ricercatori hanno creato, mediante la tecnica illustrata nella figura a lato, piante transgeniche in grado di produrre nelle proprie cellule la proteina Bt e quindi di autodifendersi dall'aggressione di insetti, per esempio la piralide, un lepidottero minatore che penetra nel fusto e ne mangia l'interno, impedendo il passaggio degli elementi nutritivi. Le piante parassitate sono più esposte ad altre malattie virali o fungine, con gravi rischi per la presenza di aflatossine, che sono nefro- ed epatotossiche e cancerogene.





Le piante transgeniche si possono produrre in due modi: se si usa il batterio *Agrobacterium tumefaciens*, il DNA con il carattere desiderato viene inserito nel plasmide di questo batterio; questo infetta la cellula vegetale e trasferisce anche il DNA passeggero.

La procedura più attuale ed efficiente prevede invece il «bombardamento» con particelle metalliche, in genere di tungsteno o d'oro, rivestite del DNA da trasferire: queste sono letteralmente sparate all'interno della cellula.



In entrambi i casi, la cellula vegetale incorpora il DNA nel proprio cromosoma, per cui si generano piante intere che esprimono il «nuovo» carattere trasferito.

I bioinsetticidi ottenuti da *Bacillus thuringiensis* sono usati con grande successo dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), e senza contestazioni, nella lotta biologica agli insetti che trasmettono gravi malattie infettive e infestive all'uomo (per esempio, la zanzara che trasmette la malaria e la mosca che trasmette l'oncocerciasi, nota anche come «cecità del fiume»).

Il ruolo dei *mass media* per una corretta informazione sui rischi/benefici dell'ingegneria genetica

Le applicazioni reali e potenziali delle tecniche dell'ingegneria genetica nei diversi settori considerati aprono nuove e interessanti prospettive di sviluppo che comportano talvolta la necessità di compiere scelte, non solo valutando il peso di eventuali rischi in rapporto ai possibili benefici, ma anche in base a considerazioni di ordine etico.

Infatti, se da una parte è oggi possibile manipolare i processi alla base dell'evoluzione degli organismi viventi, dall'altra aumentano i problemi talvolta poco prevedibili connessi a questi.

Una prima importante considerazione riguarda, per esempio, la qualità dell'informazione su questi argomenti, che gran parte dei mezzi di comunicazione di massa fornisce all'opinione pubblica, soprattutto in Italia. È evidente che, per scarsa conoscenza dei problemi, o per la ricerca dello scoop giornalistico, o per eccessive semplificazioni e generalizzazioni, si prospettano troppo spesso, per le ricerche che coinvolgono l'ingegneria genetica, lugubri scenari popolati da mostri apocalittici creati in laboratorio, il cui più famoso rappresentante è certamente l'uomo-scimmia; mentre non si pensa a presentare i vantaggi dei nuovi farmaci salvavita, dei nuovi vaccini e delle tecniche del biorisanamento ambientale. Ancora, invece di presentare alimenti con nuove e vantaggiose caratteristiche, si parla, ingiustamente, dei cibi transgenici come prodotti ad alto rischio o disgustosi: un esempio è rappresentato da uno dei tanti articoli apparsi sulla stampa che riporta letteralmente «Oltre a birra, pane e formaggi prodotti con batteri ingegnerizzati [...] sono stati prodotti anche carciofi al gene di topo e pomodori incrociati con pesci dei mari artici per renderli resistenti al gelo».

Inoltre, i messaggi errati portati al pubblico hanno un effetto ulteriormente negativo, in quanto fanno perdere la confidenza nei prodotti da biotecnologia (si pensi invece agli immensi vantaggi per il genere umano che hanno portato farmaci salvavita quali l'insulina ricombinante, gli interferoni o vaccini quali quello contro l'epatite B); e inculcano dubbi, immotivati, sulla sicurezza delle applicazioni biotecnologiche anche quando sono garantite da rigide normative.

In effetti, le paure irrazionali verso l'ingegneria genetica, così diffuse nell'opinione pubblica, a seguito spesso di una «cattiva informazione», hanno verosimilmente condizionato anche le raccomandazioni, eccessivamente restrittive, della CEE, relative al rilascio nell'ambiente di organismi modificati geneticamente. È opinione comune infatti che le modificazioni introdotte con le tecniche di ingegneria genetica siano più pericolose di quelle indotte con le tradizionali tecniche di mutagenesi (radiazioni ultraviolette e ionizzanti, composti chimici mutageni).

In realtà, non si può non tener conto che la tecnologia del DNA ricombinante rende possibile produrre modifiche genetiche in modo predeterminato, quindi controllabile, e non in modo casuale.

Questi brevi cenni aprono tuttavia la necessità di un approfondimento sugli aspetti legislativi della questione e sul dibattito attualmente in corso ❖



Il vignettista californiano Gary Larson ha così rappresentato i «guai» che potrebbero capitare producendo polli «privi di ossa»