

THE PONTIFICAL
ACADEMY
OF SCIENCES

EXTRA SERIES

23

STUDY-DOCUMENT
ON THE USE OF 'GENETICALLY
MODIFIED FOOD PLANTS'
TO COMBAT HUNGER IN THE WORLD

DOCUMENTO-STUDIO
SULL'USO DI 'PIANTE ALIMENTARI
GENETICAMENTE MODIFICATE' PER
COMBATTERE LA FAME NEL MONDO



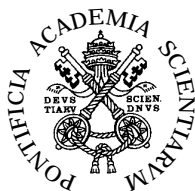
VATICAN CITY
2004

PONTIFICIA ACADEMIA SCIENTIARVM

EXTRA SERIES 23

STUDY-DOCUMENT ON THE USE
OF 'GENETICALLY MODIFIED FOOD PLANTS'
TO COMBAT HUNGER IN THE WORLD

DOCUMENTO-STUDIO SULL'USO DI 'PIANTE
ALIMENTARI GENETICAMENTE MODIFICATE'
PER COMBATTERE LA FAME NEL MONDO



VATICAN CITY
2004

STUDY-DOCUMENT ON THE USE OF 'GENETICALLY MODIFIED FOOD PLANTS' TO COMBAT HUNGER IN THE WORLD*

I. INTRODUCTORY NOTE BY PRESIDENT NICOLA CABIBBO

During the closed session of the Academy held during the Plenary Session many Academicians expressed deep concern at the distorted way in which recent scientific results, and in particular those relating to genetically improved plant varieties, have been presented to the public. It was decided to establish a committee with the task of producing a document on this subject. The chairman of the committee was A. Rich and its other members were W. Arber, T-T. Chang, M.G.K. Menon, C. Pavan, M.F. Perutz, F. Press, P.H. Raven, and R. Vicuña. The document was examined by the Council at its meeting of 25 February 2001, submitted to the members of the Academy for their comments, and then sent to the committee for the preparation of the final version.

The document, which is included in the Proceedings, expresses the concerns of the scientific community about the sustainability of present agricultural practices and the certainty that new techniques will be effective. At the same time, it stresses the need for the utmost care in the assessment and evaluation of the consequences of each possible modification, and on this point we cannot but recall the exhortation of John Paul II regarding biotechnologies made in his speech of 11 November 2000 on the occasion of the Jubilee of the Agricultural World: 'they must be previously subjected to rigorous scientific and ethical control to ensure that they do not give rise to disasters for the health of man and the future of the earth'.

The document also expresses concern about excesses with regard to the establishment of 'intellectual property' rights in relation to widely used crops – excesses which could be detrimental to the interests of developing nations.

A further recommendation, clearly stated in the document, is that the examination of the safety of newly developed cultivars should be based on well-documented methods and that the methods and results should be openly discussed and scrutinised by the scientific community.

*Issued at the end of the Jubilee Plenary Session on 'Science and the Future of Mankind', 10-13 November 2000.

The Academy will devote an *ad hoc* meeting to the subject of genetically modified food plants. This meeting will provide an opportunity to examine in depth many issues which are raised in the document and which are of special concern: the methods used in the testing and licensing of the new cultivars; the comparative risks associated with different methods of pest control; and the many scientific, ethical and social issues raised by the introduction of a new and powerful technology directed towards agricultural improvement.

II. RECOMMENDATIONS

The Challenge

1. The rapid growth of the world population requires the development of new technologies to feed people adequately; even now, an eighth of the world's people go to bed hungry. The genetic modification of food plants can help meet part of this challenge.

2. Agriculture as it is currently practiced is unsustainable, as is indicated by the massive losses of topsoil and agricultural land that have occurred over the past few decades, as well as by the unacceptable consequences of massive applications of pesticides and herbicides throughout most of the world. Techniques to genetically modify crop plants can make important contributions to the solution of this common problem.

The Potential of Genetically Modified Food Plants

3. Virtually, all food plants have been genetically modified in the past; such a modification is, therefore, a very common procedure.

4. The cellular machinery of all living organisms is similar, and the mixing of genetic material from different sources within one organism has been an important part of the evolutionary process.

5. In recent years, a new technology has been developed for making more precise and specific improvements in strains of agricultural plants, involving small, site-directed alterations in the genome sequence or sometimes the transfer of specific genes from one organism to another.

6. Genetically modified food plants can play an important role in improving nutrition and agricultural products, especially in the developing world.

Conditions for the Beneficial Use of this New Technology

7. The scientific community should be responsible for the scientific and technological research leading to the advances described above, but it must also monitor the way it is applied and help ensure that it works to the effective benefit of people.

8. There is nothing intrinsic about genetic modification that would cause food products to be unsafe. Nevertheless, science and scientists are – and should further be – employed to test the new strains of plants to determine whether they are safe for people and the environment, especially considering that current advances can now induce more rapid changes than was the case in the past.

9. The methods used for testing the safety of new genetically modified strains (or more precisely, cultivars) of plants should be publicly available, as should the results of these tests, in both the private and public sectors.

10. Governments should have the responsibility for ensuring that the tests and their results are conducted in line with the highest criteria of validity. The protocols of evaluation should be made widely accessible.

11. Governments should increase their funding for public research in agriculture in order to facilitate the development of sustainable and productive agricultural systems available to everyone.

12. Intellectual property rights should not inhibit a wide access to beneficial applications of scientific knowledge. In the development of this modern genetic technology for agriculture, efforts should be made to facilitate cooperation between the public and private sectors and to secure the promotion of solidarity between the industrialised and developing worlds.

13. Special efforts should be made to provide poor farmers in the developing world with access to improved crop plants and to encourage and finance research in developing countries. At the same time, means should be found to create incentives for the production of vegetable strains suitable to the needs of developing countries.

14. Research to develop such improvements should pay particular attention to local needs and to the capacity of each country to engage in a necessary adaptation of its traditions, social heritage, and administrative practices in order to achieve the success of the introduction of genetically modified food plants.

Recommendation for the Scientific Community

15. In order to help governments, state-funded researchers, and private companies to meet the above conditions, and in order to facilitate the development of common standards and approaches to this problem in both developing and industrialised countries, the scientific community, represented by its established worldwide umbrella organisations, should offer its expertise. A suitably composed international scientific advisory committee could be entrusted with this all-important task.

III. BACKGROUND

The Pontifical Academy of Sciences has traditionally stressed the application of science to world food problems. Most recently, the study week proceedings on “Food Needs of the Developing World in the Early Twenty-First Century” and “Science for Survival and Social Development”, two conferences held in 1999, emphasized the special role of modern biotechnology in improving the characteristics of plants. Here, the members of the Pontifical Academy are considering newer aspects of these applications in a global context.

The world's people have grown in number from 2.5 billion to more than 6 billion over the past fifty years. One out of four lives in extreme poverty, and one out of eight is chronically malnourished. These problems are in part related to patterns of distribution of the available food, in part to the low productivity of agriculture in certain regions, including the loss of crops to pests, and in another part to an unbalanced nutritional value in the daily diet. Enhanced production of qualitatively improved food under sustainable conditions could greatly alleviate both poverty and malnutrition. These are goals that will become even more urgent as our numbers increase by an estimated two billion additional people over the next few decades. Modern science can help meet this challenge if it is applied in an appropriately constructive social and economic context.

Historical Use of GM Plants

Genetically modified (GM) plants can play an important role in alleviating world food problems. Recent discussions concerning GM plants have often overlooked the fact that virtually all commonly used foods have been

genetically modified, often extensively, during the long history of agriculture. Ever since the start of agriculture about 10,000 years ago, farmers have selected plant variants that arose spontaneously when they offered increased productivity or other advantages. Over time, new methods for producing desirable genetic variants were introduced, and have been used extensively for some two centuries. Cross-breeding of different plant varieties and species, followed by the selection of strains with favorable characteristics, has a long history. That process involves exchanging the genetic material, DNA, from one organism to another. DNA contains genes, and genes generally act by expressing proteins; thus the newly modified plant obtained by genetic crossing usually contains some proteins that are different from those in the original plant. The classical method of crossing plants to bring in new genes often results in bringing in undesirable genes as well as desirable ones since the process could not be controlled.

New Technology to Develop GM Plants

Almost 30 years ago scientists developed a new technology called recombinant DNA that made it possible to select the particular gene that one wanted to transfer to a plant. This process is very specific and avoids the inclusion of genes that are undesirable. A number of useful new plant strains have been developed in this way. Even though such strains are considered to be genetically modified (GM), the same label could be applied equally appropriately to all strains that have been modified genetically by human activities — a process that owes its success to selection for desirable properties.

We now know a great deal about the DNA in organisms. It contains the codes for manufacturing different proteins. At the molecular level, the products of genes, usually proteins, are made from the same materials in plants, animals and microorganisms. The recent development of technical means for sequencing the components in DNA gives us insight into the similarities among organisms. All living organisms share genes because of their common evolutionary descent. For example, the sequence of a small worm was completed recently, and it was found that the worm shares some 7,000 of its estimated 17,000 genes with humans.¹ Likewise, the

¹ The *C. elegans* Sequencing Consortium, 1998. 'Genome Sequence of the Nematode *C. elegans*: A Platform for Investigating Biology'. *Science* 282: 2012-18.

genes found in microorganisms are often very similar to those found in humans as well as in plants.² A large number of genes in all placental mammals are essentially the same, and about a third of the estimated 30,000 genes in humans are common to plants, so that many genes are shared among all living organisms.

Remarkably, one has discovered another reason for the similarities between DNA sequences in different organisms: DNA can at times move in small blocks from one organism to another, a process that is called lateral transfer. This occurs at a relatively high rate in microorganisms, and it also occurs in plants and animals, albeit less frequently. Once this has taken place, the genetic material that has been transferred becomes an integral part of the genome of the recipient organism. The recent sequence of the human genome revealed that over 200 of our estimated 30,000 genes came from microorganisms,³ demonstrating that such movements are a regular part of the evolutionary process.

The new technology has changed the way we modify food plants, so that we can generate improved strains more precisely and efficiently than was possible earlier. The genes being transferred express proteins that are natural, not man-made. The changes made alter an insignificantly small proportion of the total number of genes in the host plant. For example, one gene may be introduced into a plant that has 30,000 genes; in contrast, classical cross-breeding methods often generated very large, unidentified changes in the selected strains.

Many of the statements made here in abbreviated form have been dealt with more thoroughly in a number of publications. Among the more significant is a report entitled "Transgenic Plants and World Agriculture", which was prepared by a committee representing the academies of sciences of Brazil, China, India, Mexico, the U.K. the U.S., and the Third World Academy of Sciences. In summary, it reached the conclusion that foods produced from genetically modified plants were generally safe, that any new strains needed to be tested and that further investigation of the potential ecological problems associated with such

² The Arabidopsis Genome Initiative. 2000. Analysis of the Genome Sequence of the Flowering Plant *Arabidopsis thaliana*. *Nature* 408:796-815.

³ Venter, J. Craig *et al.* 2001. 'The Sequence of the Human Genome'. *Science* 291:1304-51.

new strains also needed further consideration. The French Academy of Sciences also issued a very useful report, commenting on many aspects of this issue and dealing especially with the problems of deployment of GM plants in developing countries. The accumulating literature in this field has become quite extensive.

Traditional methods have been used to produce plants that manufacture their own pesticides, and thus are protected from pests or diseases. They have also been employed to produce herbicide-resistant plants. When such plants are grown, specific herbicides are used to efficiently control the weeds growing among them without harming the basic crop. Another goal of traditional agriculture has been the nutritional enhancement of foods, either in terms of amino acid balance or in enhancing the presence of vitamins or their precursors. All of these goals can be attained more efficiently and precisely with the use of methods that are now available involving the direct transfer of genes. Newer goals, mostly unattainable earlier, include the development of plant strains that can manufacture desired substances, including vaccines or other drugs.

How to Make Sure GM Plant Products are Safe

These goals are highly desirable, but the questions that have arisen often concern the method of genetic modification itself, not its products. The appearance of these products has generated a legitimate desire to evaluate carefully their safety for consumption by human beings and animals, as well as their potential effects on the environment. As is usual for complicated questions, there are no simple answers, and many elements need careful consideration.

Contrary to common perception, there is nothing intrinsic to the genetic modification of plants that causes products derived from them to be unsafe. The products of gene alteration, just like the products of any modification, need to be considered in their own right and individually tested to see if they are safe or not. The public needs to have free access to the methods and results of such tests, which should be conducted not only by companies that develop the genetically altered plants, but also by governments and other disinterested parties. Overall, widely accepted testing protocols need to be developed in such a way that their results can be understood and can be used as a basis for consumer information.

One of the present concerns is that new genetically modified plants may include allergens that will make them unhealthy for some people. It is possible to test these plants to determine whether they have allergens. Many of our present foodstuffs, such as peanuts or shellfish, have such allergens, and they represent a public health hazard to that part of the population with corresponding allergies. It is important that any genetically modified crop varieties, as well as others produced by traditional breeding methods, be tested for safety before they are introduced into the food supply. In this connection, we also note that the new technologies offer ready methods for removing genes associated with allergens, both in present crops and newly produced ones.

Another issue concerns the potential impact of genetically modified plants on the environment. Cultivated plants regularly hybridize with their wild and weedy relatives, and the exchange of genes between them is an important factor in plant evolution. When crops are grown near relatives with which they can produce fertile hybrids, as in the case of maize and its wild progenitor teosinte in Mexico and Central America, genes from the crops can spread to the wild populations. When this occurs, the effects of these genes on the performance of the weeds or wild plants need to be evaluated. There is nothing wrong or unnatural about the movement of genes between plant species. However, the effects of such movement on the characteristics of each plant species may vary greatly. There are no general reasons why we should fear such gene introductions, but in each case, scientific evaluation is needed. The results should be verified by the appropriate government agency or agencies, and full disclosure of the results of this process should be made to the public.

Improved Foods

There are many opportunities to use this new technology to improve not only the quantity of food produced but also its quality. This is illustrated most clearly in the recent development of what is called "golden rice",⁴ a genetically modified rice that has incorporated in it the genes needed to create a precursor of Vitamin A. Vitamin A deficiency affects 400 million

⁴ Potrykus, Ingo. 2001. 'Golden Rice and Beyond'. *Plant Physiology* 125: 1157-61.

people,⁵ and it often leads to blindness and increased disease susceptibility. Use of this modified rice and strains developed with similar technologies will ultimately make it possible to help overcome Vitamin A deficiency. "Golden rice" was developed by European scientists, funded largely by the Rockefeller Foundation and using some methods developed by a private company. However, that company has agreed to make the patents used in the production of this strain freely available to users throughout the world. When successfully bred into various local rice strains and expressed at high enough levels, it offers the possibility of helping to alleviate an important nutritional deficiency. This is just one of several plant modifications that has the potential for producing healthier food.

More Government-sponsored Research is Needed

Research involving the use of recombinant DNA technology to develop genetically modified plants is carried out worldwide. It involves government laboratories, independent institutes and private corporations. During the period following World War II, most international crop research was funded by the public sector and through charitable foundations. This led to a spectacular doubling or tripling of crop yields in large parts of Asia and Latin America. This "Green Revolution" met the needs of millions of poor farmers and consumers and alleviated starvation for tens of millions of people. The revolution was a consequence of the production of "dwarf" wheat and rice plants by the introduction of genes from dwarf varieties into high-yielding strains of grain. Substantial public sector agricultural research still exists in North America, Australia, Europe, China, India, Brazil and in the Consultative Group for International Agricultural Research which comprises 16 international research centers. In recent decades, however, public funding for agricultural research has dwindled, while funding from corporations has increased markedly. Governments should recognize that there is an important public interest element in this research, even in market-driven economies. Public contributions are important because the results of such research work are made available to everyone. At the

⁵ Ye, Xudong *et al.* 2000. 'Engineering the Provitamin A (β -Carotene) Biosynthetic Pathway into (Carotenoid-Free) Rice Endosperm'. *Science* 287: 303-5.

same time it makes possible various opportunities for public and private collaboration, so that the benefits of the new technologies for genetic modification are brought to all of the people throughout the world. It is also important that such research not be inhibited by overprotective intellectual property measures.

Special Needs of Poor Farmers

A significant distinction must be made between the use of genetically modified plants in the developed world and their use in the developing world. In the developed world, farmers can often afford to pay for expensive seeds that yield disease-resistant crops that require lower levels of pesticides or that produce more food per hectare. This is also true for many farmers in the developing world. For poor farmers in the developing world, however, governments must intervene if they are to be able to obtain the benefits of modern crop improvement technology. Several private corporations engaged in agricultural research have indicated their willingness to make available the results of their research without charge for use in developing countries. Their willingness should be recognized and encouraged.

In this connection, we endorse the recommendation of the seven-academy group mentioned above that an international advisory committee should be established to assess the implications of genetically modified plants, especially in developing countries. The committee would identify areas of common interest and opportunity between institutions in the private and public sectors. This could be one way of assuring that the benefits of these new technologies are made widely available. Intellectual property issues are of special importance in this context. We recommend that this committee participate in the development of generally accepted standards for testing and approval of new plant strains and the foods derived from them, a development of great importance for world commerce.

The Crisis in Agriculture

The loss of a quarter of the world's topsoil over the past fifty years, coupled with the loss of a fifth of the agricultural land that was cultivat-

ed in 1950,⁶ indicates clearly that contemporary agriculture is not sustainable. To become sustainable, agriculture will need to adopt new methods suitable for particular situations around the world. These include greatly improved management of fertilizers and other chemical applications to crops, integrated pest management to include improved maintenance of populations of beneficial insects and birds to control pests, and the careful management of the world's water resources. (Human beings currently use 55% of the renewable supplies of fresh water, mostly for agriculture.) It will also be necessary to develop strains of crop plants with improved characteristics to make them suitable for use in the many diverse biological, environmental, cultural and economic areas of the world.

Genetically modified plants can be an important component of efforts to improve yields on farms otherwise marginal because of limiting conditions such as water shortages, poor soil, and plant pests. To realize these benefits, however, the advantages of this rapidly growing technology must be explained clearly to the public throughout the world. Also, results of the appropriate tests and verifications should be presented to the public in a transparent, easily understood way.

An estimated 85 million birds and billions of insects⁷ are killed annually in the United States alone, as a result of the application of pesticides on crops. Some 130,000 people become ill in this connection each year. Genetically modified plants currently in use have already greatly reduced the use of such chemicals, with great ecological benefits. It is expected that such benefits will be significantly enhanced as research and development efforts continue.

Hope for the Future

Finally, it is important that scientists make an effort to clearly explain to the public the issues concerning risk. All technological developments have elements of risk, whether we refer to the introduction of

⁶ Norse, D. *et al.* 1992. 'Agriculture, Land Use and Degradation'. pp. 79-89. In Dooge, J.C.I. *et al.* (eds.). *An Agenda of Science for Environment and Development into the 21st Century*. Cambridge University Press, Cambridge.

⁷ Pimentel, D. *et al.* 1992. 'Environmental and Economic Costs of Pesticide Use'. *BioScience* 42: 750-59.

vaccines, new forms of therapy, new types of foodstuffs or new pesticides. Risk cannot be avoided, but it can be minimized. The long-term aim is to develop plants that can produce larger yields of healthier food under sustainable conditions with an acceptable level of risk. The latter can be determined by scientific studies, with the results made freely available to the public.

The developments we have discussed here constitute an important part of human innovation, and they clearly offer substantial benefits for the improvement of the human condition worldwide. They are essential elements in the development of sustainable agricultural systems capable of feeding not only the eighth of the world's population that is now hungry, but also meeting the future needs of the growing world population. To make the best use of these new technologies and the agricultural management opportunities they create is a moral challenge for scientists and governments throughout the world.

DOCUMENTO-STUDIO SULL'USO DI 'PIANTE ALIMENTARI GENETICAMENTE MODIFICATE' PER COMBATTERE LA FAME NEL MONDO*

I. NOTA INTRODUTTIVA DEL PRESIDENTE NICOLA CABIBBO

Durante la sessione ristretta dell'Accademia tenutasi in occasione della Sessione Plenaria, molti Accademici hanno espresso la loro profonda preoccupazione per il modo distorto in cui i recenti risultati scientifici, ed in particolare quelli relativi alle varietà di piante potenziate geneticamente, sono stati presentati al pubblico. È stato deciso di costituire una commissione con il compito di produrre un documento che affrontasse tale argomento. Il presidente della commissione è stato nominato nella persona di A. Rich ed i membri designati sono stati: W. Arber, T-T. Chang, M.G.K. Menon, C. Pavan, M.F. Perutz, F. Press, P.H. Raven, e R. Vicuña. Il documento è stato esaminato dal Consiglio durante l'incontro del 25 febbraio 2001, quindi è stato sottoposto ai membri dell'Accademia per i loro commenti, ed infine è stato inviato alla commissione per la stesura della versione finale.

Il documento, che è incluso negli Atti, da una parte esprime le preoccupazioni della comunità scientifica circa la sostenibilità delle attuali pratiche agricole e dall'altra la certezza che le nuove tecniche risulteranno efficaci. Allo stesso tempo, esso evidenzia la necessità di prestare la massima attenzione all'accertamento e alla valutazione delle conseguenze derivanti da ogni possibile modificazione, e su questo punto non possiamo non ricordare l'esortazione che Giovanni Paolo II ha espresso riguardo le biotecnologie nel suo discorso dell'11 novembre 2000 in occasione del Giubileo del Mondo Agricolo: 'esse devono essere prima sottoposte ad un rigoroso controllo scientifico ed etico onde assicurare che non siano fonte di disastri per la salute dell'uomo e per il futuro della terra'.

Il documento esprime anche la preoccupazione per eventuali eccessi attinenti all'istituzione di diritti di 'proprietà intellettuale' in relazione a colture ampiamente diffuse - eccessi che potrebbero essere lesivi degli interessi delle nazioni in via di sviluppo.

Un'ulteriore raccomandazione, chiaramente affermata nel documento, è che l'esame della sicurezza di varietà coltivate e sviluppate di

*Redatto a conclusione della Sessione Plenaria su 'Science and the Future of Mankind', 10-13 Novembre 2000 (Grande Giubileo dell'Anno 2000).

recente dovrebbe essere basato su metodi ben documentati e che sia i metodi che i risultati dovrebbero essere apertamente discussi e attentamente esaminati dalla comunità scientifica.

L'Accademia destinerà una riunione *ad hoc* all'argomento delle piante alimentari geneticamente modificate. Questa riunione sarà l'occasione per esaminare in dettaglio le molte questioni che vengono sollevate nel documento e che sono di particolare interesse: i metodi utilizzati nel testare e autorizzare le nuove varietà di coltivazioni; i rischi comparativi associati ai diversi metodi di controllo dei parassiti; e le molte questioni scientifiche, etiche e sociali sollevate dall'introduzione di una nuova e potente tecnologia diretta al miglioramento dell'agricoltura.

II. RACCOMANDAZIONI

La Sfida

1. La rapida crescita della popolazione mondiale richiede lo sviluppo di nuove tecnologie per nutrire gli esseri umani in modo adeguato; ancora oggi, un ottavo della popolazione mondiale va a dormire affamata. La modificazione genetica delle piante alimentari può essere d'aiuto nell'affrontare, almeno in parte, una tale sfida.

2. L'agricoltura, nel modo in cui viene attualmente praticata, è insostenibile, come è dimostrato dalle enormi perdite di soprassuolo e di terreno agricolo che si sono verificate negli ultimi decenni, analogamente alle inaccettabili conseguenze derivanti dal massiccio utilizzo di pesticidi ed erbicidi in vaste aree del mondo. Le tecniche per modificare geneticamente piante da coltura potranno contribuire in modo rilevante alla soluzione di questo diffuso problema.

Le potenzialità delle piante alimentari geneticamente modificate

3. Virtualmente tutte le piante alimentari sono state modificate geneticamente nel corso della storia. Una tale modificazione, dunque, è una procedura molto comune.

4. L'organizzazione cellulare è simile in tutti gli organismi viventi, e il mescolare materiale genetico proveniente da fonti diverse all'interno di un unico organismo è stato parte fondamentale del processo evolutivo.

5. Negli ultimi anni, è stata sviluppata una nuova tecnologia per apportare miglioramenti più accurati e precisi in molte varietà di piante alimentari. Tale tecnica comporta piccole e mirate alterazioni nella sequenza del genoma o, talvolta, il trasferimento di determinati geni da un organismo ad un altro.

6. Le piante alimentari geneticamente modificate possono giocare un ruolo importante nel miglioramento dei prodotti alimentari ed agricoli, specialmente nei paesi in via di sviluppo.

Condizioni per un uso vantaggioso di questa nuova tecnologia

7. La comunità scientifica dovrebbe essere responsabile delle ricerche scientifiche e tecnologiche tese al raggiungimento dei progressi sopra descritti, ma deve anche monitorare il modo in cui esse vengono applicate e collaborare nel garantire che esse operino ad effettivo beneficio delle persone.

8. Nella modificazione genetica non c'è nulla di intrinseco che possa rendere pericolosi i prodotti alimentari. Nondimeno, la scienza e gli scienziati sono – e dovrebbero esserlo ulteriormente – utilizzati per testare le nuove varietà di piante e valutare se esse siano sicure per l'uomo e per l'ambiente, soprattutto tenendo conto che gli attuali progressi possono ora produrre cambiamenti molto più rapidi di quanto avveniva in passato.

9. I metodi utilizzati per testare la sicurezza di nuove varietà di piante geneticamente modificate (o più precisamente cultivar) dovrebbero essere resi pubblicamente disponibili, così come dovrebbero essere accessibili i risultati di tali test, sia quelli svolti nei settori pubblici sia in quelli privati.

10. I Governi dovrebbero avere la responsabilità nell'accertare che i test e i loro risultati siano condotti in base ai più elevati criteri di validità. I protocolli di valutazione dovrebbero essere resi accessibili a tutti.

11. I Governi dovrebbero incrementare i loro finanziamenti a favore della ricerca pubblica in agricoltura, in modo da facilitare lo sviluppo di sistemi agricoli produttivi e sostenibili che siano fruibili da tutti.

12. I diritti sulla proprietà intellettuale non dovrebbero impedire un vasto accesso alle vantaggiose applicazioni della conoscenza scientifica. Nello sviluppo di questa moderna tecnologia genetica applicata all'agricoltura, degli sforzi dovrebbero essere compiuti per facilitare la coopera-

zione tra settori pubblici e privati e per assicurare la promozione della solidarietà tra il mondo industrializzato e quello in via di sviluppo.

13. Sforzi particolari dovrebbero essere compiuti per consentire, ai contadini poveri dei paesi in via di sviluppo, l'accesso a piante che consentano migliori raccolti e per incoraggiare e finanziare la ricerca nei paesi in via di sviluppo. Allo stesso tempo, si dovrebbero trovare i mezzi per creare incentivi alla produzione di varietà vegetali, adeguate ai bisogni dei paesi in via di sviluppo.

14. Per sviluppare tali miglioramenti, la ricerca dovrebbe prestare una particolare attenzione ai bisogni locali e alla capacità di ogni nazione di impegnarsi in un indispensabile adeguamento delle proprie tradizioni, del patrimonio sociale, e delle procedure amministrative per ottenere il massimo successo dall'introduzione delle piante alimentari geneticamente modificate.

Raccomandazione per la comunità scientifica

15. La comunità scientifica, rappresentata dalle sue ufficiali organizzazioni generali, riconosciute internazionalmente, dovrebbe offrire la sua competenza ed aiutare i governi, le ricerche finanziate con fondi pubblici, e le società private a soddisfare le sopracitate condizioni, ed a facilitare lo sviluppo di metodologie e criteri generali comuni, relativi a questa problematica, sia nei paesi industrializzati che in quelli in via di sviluppo. Un comitato scientifico a carattere consultivo e adeguatamente composto a livello internazionale potrebbe essere investito di un compito così rilevante.

III. PRECEDENTI

La Pontificia Accademia delle Scienze ha tradizionalmente sollecitato l'utilizzo della scienza per affrontare i problemi alimentari mondiali. Recentemente, gli atti della settimana di studio su "Bisogni alimentari dei paesi in via di sviluppo all'inizio del Ventunesimo secolo" e "La Scienza per la sopravvivenza e lo sviluppo sociale", due conferenze tenutesi nel 1999, hanno messo in risalto il ruolo speciale che la moderna biotecnologia ha nel miglioramento delle caratteristiche delle piante alimentari. Ora, in questa occasione, i membri della Pontificia

Accademia prendono in considerazione gli aspetti più attuali di queste applicazioni in un contesto globale.

La popolazione mondiale è cresciuta numericamente da 2,5 miliardi a più di 6 miliardi negli ultimi cinquanta anni. Un essere umano su quattro vive in condizione di estrema povertà, e uno su otto è cronicamente malnutrito. Questi problemi sono in parte collegati ai sistemi di distribuzione del cibo disponibile, in parte alla scarsa produttività agricola che si registra in certe regioni del mondo, compresa la perdita di colture a causa dei parassiti, ed in parte ad un valore nutrizionale sbilanciato nella dieta giornaliera. Un'accresciuta produzione di cibo, qualitativamente migliore e realizzata in condizioni sostenibili, potrebbe alleviare enormemente sia la povertà che la malnutrizione. Questi sono obiettivi che diverranno sempre più impellenti con l'aumentare della popolazione mondiale, che si stima crescerà di ulteriori due miliardi nei prossimi decenni. La scienza moderna potrà essere d'aiuto nel fronteggiare una tale sfida, se essa verrà applicata in un contesto sociale ed economico adeguatamente costruttivo.

Uso delle piante geneticamente modificate nel corso della Storia

Le piante geneticamente modificate (GM) possono giocare un ruolo importante nell'alleviare i problemi alimentari mondiali. I recenti dibattiti circa le piante geneticamente modificate hanno spesso trascurato il fatto che virtualmente tutti i cibi comunemente usati sono stati geneticamente modificati, spesso in modo rilevante, durante la lunga storia dell'agricoltura. Sin dagli inizi, circa 10.000 anni fa, i contadini hanno selezionato varianti vegetali che crescevano spontaneamente quando esse offrivano una migliore produttività o presentavano altri vantaggi. Col tempo, sono stati introdotti nuovi metodi per la produzione delle varianti genetiche desiderate, che poi sono state ampiamente utilizzate per circa due secoli. L'incrocio di diverse varietà e specie vegetali, seguite dalla selezione delle varietà con le caratteristiche più vantaggiose, ha una lunga storia. Tale processo comporta lo scambio di materiale genetico, DNA, da un organismo ad un altro organismo. Il DNA contiene geni, e i geni generalmente agiscono producendo proteine; pertanto la nuova pianta modificata, ottenuta attraverso l'incrocio genetico, solitamente contiene alcune proteine che differiscono da quelle della pianta originaria. Il metodo classico di incrociare piante

per introdurre nuovi geni spesso comporta l'introduzione di geni indesiderati assieme a quelli vantaggiosi, dal momento che il processo non può essere controllato.

Nuova tecnologia per lo sviluppo di piante GM

Circa 30 anni fa, alcuni scienziati hanno sviluppato una nuova tecnologia chiamata DNA ricombinante che ha reso possibile la selezione degli specifici geni che si vogliono trasferire in una pianta. Questo processo è molto preciso ed evita il trasferimento di geni non graditi. Un certo numero di nuove ed utili varietà di piante è stato sviluppato in questo modo. Sebbene queste varietà siano considerate geneticamente modificate (GM), la stessa etichetta potrebbe essere applicata, in modo ugualmente appropriato, a tutte le varietà che sono state geneticamente modificate dalle attività umane – un processo che deve il suo successo alla selezione di proprietà vantaggiose dal punto di vista alimentare.

Ormai sappiamo molto sul DNA presente negli organismi. Esso contiene i codici per la fabbricazione di specifiche proteine. A livello molecolare, i prodotti dei geni, solitamente proteine, sono costituiti dalle stesse sostanze sia nelle piante, negli animali e nei microrganismi. Il recente sviluppo di tecniche per la sequenziazione dei componenti del DNA ci fa comprendere le similarità tra diversi organismi. Tutti gli organismi viventi condividono geni a motivo della loro comune origine evolutiva. Ad esempio, di recente è stata completata la sequenza di un piccolo verme, e si è scoperto che quel verme condivide circa 7.000 dei suoi circa 17.000 geni, con gli esseri umani.¹ Allo stesso modo, i geni presenti nei microrganismi sono spesso molto simili a quelli che si trovano negli umani e nelle piante.² Un grande numero di geni, in tutti i mammiferi placentari, è sostanzialmente lo stesso, e circa un terzo degli stimati 30.000 geni presenti negli esseri umani sono comuni alle piante, così che molti geni sono condivisi da tutti gli organismi viventi.

Si è scoperta un'altra significativa ragione alla base della similarità tra organismi diversi: il DNA a volte si muove in piccoli blocchi da un

¹ The *C. elegans* Sequencing Consortium, 1998. 'Genome Sequence of the Nematode *C. elegans*: A Platform for Investigating Biology'. *Science*, 282, pp. 2012-18.

² The Arabidopsis Genome Initiative. 2000. Analysis of the Genome Sequence of the Flowering Plant *Arabidopsis thaliana*. *Nature*, 408, pp. 796-815.

organismo ad un altro, un processo chiamato trasferimento laterale. Questo processo ha luogo con una frequenza relativamente alta nei microrganismi, e si verifica anche nelle piante e negli animali, sebbene meno frequentemente. Una volta che ciò ha avuto luogo, il materiale genetico che è stato trasferito diviene parte integrante del genoma dell'organismo ricevitore. La recente sequenza del genoma umano ha rivelato che oltre 200 dei nostri 30.000 geni provengono da microrganismi,³ dimostrando che tali movimenti sono una parte normale del processo evolutivo.

La nuova tecnologia ha cambiato il modo in cui possiamo modificare le piante alimentari, così che riusciamo a generare varietà migliorate in modo più mirato ed efficiente di quanto fosse possibile fare in passato. I geni che vengono trasferiti esprimono proteine che sono naturali, e non artificiali. I cambiamenti effettuati alterano una piccola ed insignificante percentuale del numero totale di geni nella pianta ospite. Ad esempio, si potrebbe introdurre un gene in una pianta che ne ha 30.000; diversamente, i tradizionali metodi di ibridazione spesso generano enormi e non chiari cambiamenti nelle varietà selezionate.

Molte delle affermazioni qui tracciate brevemente sono state trattate in modo più approfondito ed esauriente in diverse pubblicazioni. Tra le più significative vi è una relazione dal titolo "Le piante transgeniche e l'agricoltura mondiale", che è stata stilata da una commissione in rappresentanza delle Accademie delle Scienze di Brasile, Cina, India, Messico, Gran Bretagna, Stati Uniti, e dell'Accademia delle Scienze del Terzo Mondo. In breve, essa è giunta alla conclusione che i cibi prodotti da piante geneticamente modificate sono generalmente sicuri, che qualunque nuova varietà deve essere sottoposta a test, e che ulteriori indagini su potenziali problemi ecologici collegati a queste nuove varietà necessitano di ulteriore riflessione. L'Accademia delle Scienze francese ha anche distribuito una relazione molto utile, in cui esprime le sue opinioni sui tanti aspetti che questo argomento presenta, e in cui si occupa in modo particolare dei problemi legati all'impiego di piante GM nei paesi in via di sviluppo. La letteratura su tale argomento è ormai piuttosto vasta.

³ Venter, J. Craig *et al.* 2001. 'The Sequence of the Human Genome'. *Science*, 291, pp. 1304-51.

Metodi tradizionali sono stati utilizzati per realizzare piante che producono i propri pesticidi, così da essere protette da parassiti e malattie. Tali metodi sono stati anche utilizzati per produrre piante resistenti agli erbicidi. Quando tali piante crescono, specifici erbicidi vengono usati per controllare in modo efficace le erbe infestanti senza danneggiare la coltura primaria. Un altro obiettivo dell'agricoltura tradizionale è stato il miglioramento nutrizionale degli alimenti, in termini di bilanciamento degli aminoacidi, o di aumento delle vitamine presenti o dei loro precursori. Tutti questi obiettivi possono essere ottenuti in modo più efficace e preciso grazie all'uso di metodi che ora sono disponibili e che comportano il trasferimento diretto di geni. Obiettivi ancora più innovativi, per lo più irrealizzabili in passato, includono lo sviluppo di varietà di piante in grado di produrre particolari sostanze, compresi vaccini ed altri farmaci.

Come essere certi della sicurezza dei prodotti vegetali geneticamente modificati

Il raggiungimento di questi obiettivi è estremamente auspicabile, ma i problemi che sono stati sollevati spesso riguardano il metodo stesso della modificazione genetica e non i suoi risultati. La comparsa di questi prodotti ha generato un legittimo bisogno di valutare con attenzione la loro innocuità per il consumo da parte degli esseri umani e degli animali, così come i loro potenziali effetti sull'ambiente. Come per altri problemi complessi, non esistono risposte semplici, e molti elementi necessitano un'attenta considerazione.

Contrariamente a quanto comunemente si crede, non c'è nulla di intrinseco, nella modificazione genetica di piante alimentari, che renda pericolosi i prodotti da esse derivati. I prodotti della alterazione genetica, proprio come i prodotti di qualunque altra modificazione, devono essere considerati indipendentemente da altri e testati individualmente per vedere se siano sicuri o no. Il pubblico ha la necessità di avere libero accesso ai metodi e ai risultati di tali test, che dovrebbero essere condotti non solo dalle aziende che sviluppano le piante alterate geneticamente, ma anche dai governi e da altre associazioni imparziali. Nel complesso, devono essere sviluppati dei protocolli di verifica largamente accettati, in modo tale che i loro risultati possano essere compresi ed utilizzati come base per informare il consumatore.

Una delle attuali preoccupazioni è che le nuove piante geneticamente modificate possano contenere allergeni che le rendano nocive per alcune persone. Innanzitutto, è possibile testare queste piante per determinare se esse contengano allergeni. Inoltre, molti dei nostri attuali prodotti alimentari, come arachidi e crostacei, contengono tali allergeni, ed essi rappresentano un pericolo per la salute pubblica specie per quella parte di popolazione con corrispondenti allergie. È fondamentale che qualunque varietà di coltura geneticamente modificata, come anche altre che vengono prodotte con i tradizionali metodi di selettocoltura, venga testata per accertarne la sicurezza, prima di venire immessa sul mercato alimentare. A tale proposito, facciamo anche presente come le nuove tecnologie offrano appropriate procedure per l'eliminazione dei geni associati ad allergeni, sia nelle colture esistenti sia in quelle prodotte di recente.

Un'altra controversia riguarda il potenziale impatto sull'ambiente delle piante geneticamente modificate. Le piante coltivate si ibridano costantemente con quelle selvatiche e con le erbacce, e lo scambio di geni che ne segue è un fattore importante nell'evoluzione vegetale. Quando le colture crescono vicino a piante con cui sono imparentate e con le quali esse possono produrre incroci produttivi, come nel caso del mais e del suo progenitore selvatico il teosinte in Messico e in America Centrale, i geni dalle coltivazioni possono diffondersi alle razze selvatiche. Quando questo si verifica, gli effetti di questi geni sull'andamento delle piante selvatiche e sulle erbacce deve essere valutato. Non c'è nulla di sbagliato o di innaturale nel trasferimento di geni tra specie di piante. Tuttavia, gli effetti di tale trasferimento sulle caratteristiche di ogni specie vegetale può variare enormemente. Non ci sono ragioni generali che ci inducano a temere le immissioni di tali geni, ma, in ogni singolo caso, è necessaria un'attenta valutazione scientifica. I risultati dovrebbero essere verificati da un apposito organismo o organismi governativi, e una completa divulgazione dei risultati di tale processo dovrebbe essere resa pubblica.

Cibi potenziati

Esistono molti vantaggi nell'usare questa nuova tecnologia per migliorare non solo la quantità del cibo prodotto ma anche la sua quali-

tà. Ciò è illustrato molto chiaramente nel recente sviluppo di ciò che viene chiamato “golden rice”⁴ (riso dorato), un riso modificato geneticamente in cui vengono innestati i geni necessari per creare un precursore della vitamina A. La carenza della vitamina A colpisce 400 milioni di persone,⁵ e spesso conduce alla cecità e ad una maggiore predisposizione alle malattie. L'uso di questo riso modificato, e delle varietà sviluppate con tecnologie simili, renderà finalmente possibile sconfiggere la carenza di vitamina A. Il “golden rice” è stato sviluppato da scienziati europei, finanziato in gran parte dalla Fondazione Rockefeller utilizzando alcune metodologie sviluppate da una società privata. Tuttavia, quella società ha accettato di rendere liberamente disponibili in tutto il mondo i brevetti impiegati per la produzione di questa varietà. Il “golden rice”, quando viene incrociato con successo con diverse varietà locali di riso e prodotto a livelli sufficientemente elevati, contribuisce ad alleviare un'importante carenza nutrizionale. Questa è solo una delle molteplici modificazioni vegetali che hanno la potenzialità di produrre cibo più salutare.

È necessaria più ricerca finanziata dallo Stato

In tutto il mondo vengono svolte ricerche che richiedono l'utilizzo della tecnologia del DNA ricombinante per sviluppare piante geneticamente modificate. Coinvolgono laboratori statali, istituti indipendenti e società private. Nel secondo dopoguerra, la maggior parte della ricerca internazionale sulle colture fu finanziata da settori pubblici e da fondazioni filantropiche. Questo portò a raddoppiare e triplicare in modo spettacolare la produzione agricola in vaste aree dell'Asia e dell'America Latina. La “Rivoluzione Verde” soddisfece i bisogni di milioni di poveri agricoltori e consumatori, e alleviò l'inedia di milioni di persone. La rivoluzione fu una conseguenza della produzione di piante di grano e di riso “nano” grazie all'introduzione di geni da razze nane in varietà di semi ad alto rendimento. Consistenti ricerche in campo agricolo da parte di settori pubblici esistono ancora in Nord America, Australia, Europa, Cina, India, Brasile, e nel Gruppo Consultivo per la Ricerca Agricola

⁴ Potrykus, Ingo. 2001. 'Golden Rice and Beyond'. *Plant Physiology*, 125, pp. 1157-61.

⁵ Ye, Xudong *et al.* 2000. 'Engineering the Provitamin A (β -Carotene) Biosynthetic Pathway into (Carotenoid-Free) Rice Endosperm'. *Science*, 287, pp. 303-5.

Internazionale che comprende 16 centri di ricerca internazionale. Negli ultimi decenni, tuttavia, i finanziamenti pubblici per la ricerca agricola si sono assottigliati, mentre sono aumentati in modo marcato i finanziamenti da parte di società private. I governi dovrebbero riconoscere che c'è un elevato tasso di interesse pubblico in questa ricerca, anche nelle economie guidate dal mercato. I contributi pubblici sono importanti affinché i risultati di tale lavoro di ricerca vengano messi a disposizione di tutti. Allo stesso tempo, in questo modo si rendono possibili varie forme di collaborazione tra pubblico e privato, così che i benefici delle nuove tecnologie per la modificazione genetica siano estesi a tutte le popolazioni del mondo. È altresì importante che tali ricerche non siano frenate da misure iperprotettive sulla proprietà intellettuale.

Le particolari necessità dei contadini poveri

Una significativa distinzione deve essere fatta tra l'uso di piante geneticamente modificate nei paesi sviluppati e il loro uso nei paesi in via di sviluppo. Nel mondo progredito, gli agricoltori spesso possono permettersi di pagare le costose sementi che danno raccolti resistenti alle malattie e che richiedono minori livelli di pesticidi o che producono più cibo per ettaro. Ciò è anche vero per molti contadini nei paesi in via di sviluppo. Tuttavia, per i contadini poveri nei paesi in via di sviluppo, i governi sono tenuti ad intervenire affinché essi possano beneficiare dei vantaggi offerti dalla tecnologia moderna per il miglioramento delle coltivazioni. Diverse società private, impegnate nella ricerca agricola, hanno indicato la loro disponibilità a rendere noti gratuitamente i risultati delle loro ricerche per l'utilizzo nei paesi in via di sviluppo. La loro disponibilità dovrebbe essere riconosciuta ed incoraggiata.

A tale proposito, sosteniamo l'esortazione proveniente dal gruppo di sette accademie sopra menzionate secondo cui dovrebbe essere costituito un comitato consultivo internazionale per valutare le implicazioni delle piante geneticamente modificate, specialmente nei paesi in via di sviluppo. La commissione dovrebbe identificare le opportunità e le aree di comune interesse tra istituzioni dei settori pubblici e privati. Questo potrebbe essere un modo per garantire che i benefici derivanti da queste nuove tecnologie vengano resi ampiamente disponibili. Le questioni di proprietà intellettuale sono di estrema importanza in questo contesto. Proponiamo che questo comitato partecipi allo sviluppo di

procedure universalmente accettate per testare e approvare le nuove varietà vegetali e gli alimenti da esse derivati: uno sviluppo di grande importanza per il commercio mondiale.

La crisi in agricoltura

Negli ultimi cinquanta anni, la perdita di un quarto del soprassuolo mondiale, assieme alla perdita di un quinto del terreno agricolo che era coltivato nel 1950,⁶ indica chiaramente che l'agricoltura contemporanea non è sostenibile. Per divenire sostenibile, l'agricoltura dovrà adottare nuove metodologie adeguate alle particolari situazioni nel mondo. Queste includono una gestione estremamente efficiente dei fertilizzanti e di altre applicazioni chimiche alle coltivazioni, una gestione integrata dei parassiti che includa una migliore conservazione delle popolazioni di insetti e uccelli utili nel controllo dei parassiti, e una attenta gestione delle risorse idriche mondiali. (Gli esseri umani attualmente usano il 55% delle risorse rinnovabili di acqua dolce, principalmente in agricoltura). Sarà necessario sviluppare varietà di colture con caratteristiche potenziate in modo da renderle adatte all'uso nelle molte ed eterogenee aree biologiche, ambientali, culturali ed economiche del mondo.

Le piante geneticamente modificate possono essere una componente importante negli sforzi tesi a migliorare i raccolti di fattorie altrimenti a rischio a causa di condizioni inibenti quali la penuria di acqua, il terreno povero e la presenza di parassiti delle piante. Per concretizzare tali benefici, tuttavia, bisogna che i vantaggi di questa tecnologia, che sta rapidamente crescendo, vengano chiaramente illustrati al pubblico di tutto il mondo. Inoltre, i risultati dei test e delle verifiche adeguate dovrebbero essere presentati al pubblico in modo trasparente e facilmente comprensibile.

Si stima che circa 85 milioni di uccelli e miliardi di insetti vengano uccisi ogni anno nei soli Stati Uniti a seguito dell'applicazione di pesticidi sulle coltivazioni. Un'altra conseguenza di ciò sono le circa 130.000

⁶ Norse, D. *et al.* 1992. 'Agriculture, Land Use and Degradation', pp. 79-89. In Dooge, J.C.I. *et al.* (a cura di). *An Agenda of Science for Environment and Development into the 21st Century*, Cambridge University Press, Cambridge.

⁷ Pimentel, D. *et al.* 1992. 'Environmental and Economic Costs of Pesticide Use'. *BioScience*, 42, pp. 750-59.

persone che ogni anno si ammalano. Le piante geneticamente modificate, attualmente utilizzate, hanno già fortemente ridotto l'uso di tali sostanze chimiche, con grandi benefici per l'equilibrio ecologico. Si prevede che tali benefici vengano incrementati in modo significativo con il proseguimento degli sforzi nella ricerca e nello sviluppo.

Speranza per il futuro

Infine, è importante che gli scienziati facciano uno sforzo per spiegare con chiarezza al pubblico le questioni legate ai rischi. Tutti gli sviluppi tecnologici comportano un qualche elemento di rischio, sia che ci riferiamo all'introduzione dei vaccini, di nuove forme di terapia, di nuovi tipi di prodotti alimentari o di nuovi pesticidi. Il rischio non può essere evitato, ma può essere ridotto al minimo. A lungo termine, lo scopo è quello di sviluppare piante che possano produrre raccolti più abbondanti, più sani e in condizioni sostenibili con un accettabile livello di rischio. Quest'ultimo può essere determinato attraverso studi scientifici i cui risultati vengano resi liberamente disponibili per il pubblico.

Gli sviluppi che qui abbiamo esaminato sono una parte importante dell'innovazione prodotta dall'uomo, e possono chiaramente offrire sostanziali benefici per il miglioramento della condizione umana a livello globale. Essi sono elementi essenziali nello sviluppo di sistemi agricoli sostenibili, capaci di alimentare non solo l'ottava parte della popolazione mondiale che attualmente è affamata, ma anche di soddisfare i bisogni futuri della crescente popolazione mondiale. Utilizzare al meglio queste nuove tecnologie e le opportunità di gestione dell'agricoltura che esse creano, è per gli scienziati e per i governi di tutto il mondo una sfida morale.

Printed by
The Pontifical Academy of Sciences
in September 2004

