L'UTILISATION DES RAYONNEMENTS DANS LA CULTURE DE PLANTES

MULTIPLIER LES BENEFICES

PAR BEANT S. AHLOOWALIA

La production mondiale d'aliments repose sur la culture d'une grande diversité de fruits, de légumes et de produits conçus grâce aux progrès de la science. Les cultivateurs ont produit de multiples variétés poussant bien dans divers types de sols et sous divers climats dans différentes parties du monde.

Généralement, on procède par hybridation sexuée. Cette méthode consiste à transférer du pollen d'une plante parente vers une autre pour obtenir des hybrides. On cultive ensuite les générations subséquentes de ces hybrides pour sélectionner des plantes combinant les caractéristiques souhaitées des parents.

Il existe cependant une autre méthode, qui permet de changer la composition génétique d'une variété de plante donnée sans la croiser avec une autre. Grâce à cette méthode, la variété en question conserve tous ses attributs originels mais on améliore une ou deux de ses caractéristiques. Cette méthode est basée sur l'induction de changements génétiques par les rayonnements. On parle alors de « mutations induites ».

Au cours des trente dernières années, plus de 1800 variétés mutantes de plantes ont été produites, dont certaines induites par les rayonnements. La culture de cellules et de tissus végétaux (également appelée culture *in vitro*) en association avec des rayonnements est une technique efficace qui permet d'induire des mutations et notamment d'améliorer des cultures à multiplication végétative telles que le manioc, l'ail, la pomme de terre, la patate douce, les ignames, la canne à sucre, des plantes ornementales (chrysanthème, œillet, rose, tulipe, jonquille) et de nombreux fruits (pomme, banane, plantain, agrumes, dattes, raisin, papaye, fruit de la passion et kiwi). Certaines de ces plantes soit ne comprennent aucune semence (banane), soit ces semences produisent des plantes qui ne présentent pas les caractéristiques voulues. Ces techniques sont également utiles pour améliorer les arbres forestiers qui ont une longue durée de vie avant de produire des fruits et des semences.

Le présent article examine brièvement les progrès réalisés dans les techniques de culture dans le but d'améliorer le transfert des technologies vers davantage de pays.

ACCÉLÉRER LE PROCESSUS

Dans la culture de tissus et de cellules, au lieu de multiplier une plante à partir d'une semence ou d'une bouture, on cultive de petits morceaux ou parties de la plante en milieu contrôlé et aseptique sur des substrats définis à partir desquels on peut obtenir de nombreuses plantes miniatures. La culture de tissus *in vitro* est souvent appelée culture « en éprouvette ». Les récipients utilisés, cependant, ne sont pas toujours des éprouvettes de verre. Il peut s'agir de récipients bien plus économiques et polyvalents tels que des pots d'aliments pour nourrissons, des pots à confiture et des gobelets plastiques jetables utilisées pour le café ou le yaourt.

La culture des tissus végétaux par des techniques soit autonomes, soit combinées à des mutations induites et aux techniques moléculaires, est utilisée pour accélérer la culture traditionnelle des plantes et pour multiplier rapidement ces dernières dans un cadre exempt de toute maladie.

La culture des cellules et des tissus végétaux permet d'induire des mutations à l'aide aussi bien de rayonnements que de substances chimiques. Les rayonnements sont cependant la méthode préférée pour opérer des modifications génétiques car ils permettent de traiter d'importantes populations et parce la manipulation et l'élimination des substances chimiques posent des problèmes. Généralement, les mutations sont induites dans des variétés de plantes bien connues et bien adaptées cultivées dans une région particulière. Des plantes sélectionnées et exemptes de maladies provenant de ces variétés sont cultivées *in vitro* et irradiées aux rayons gamma ou X. Les plantes, tissus ou cellules irradiés sont ensuite multipliés de nombreuses fois, également

M. Ahloowalia est employé à la Division commune FAO/AIEA de l'application des techniques nucléaires à l'alimentation et à l'agriculture.

in vitro, afin de produire des plantes adultes. Celles-ci sont ensuite cultivées dans le sol pour sélectionner les types désirés.

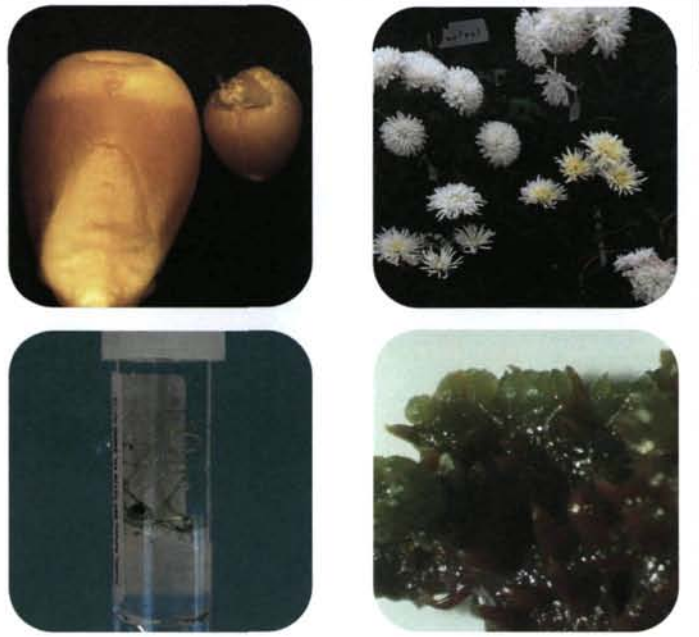
Au cours des deux dernières décennies, plusieurs techniques de culture *in vitro* ont été mises au point. Ces techniques sont notamment:

■ ***La micromultiplication.*** De petits morceaux de trois à cinq millimètres sont cultivés à partir de tiges comportant des bourgeons terminaux ou à partir de feuilles. Ces morceaux prolifèrent en un grand nombre de bourgeons et de pousses qui, après transfert sur un autre substrat, produisent des plantes complètes. Cette procédure est la méthode la plus utilisée pour produire des millions de clones (copies exactes) de plantes telles que la banane, la fraise, la pomme de terre et de nombreuses plantes ornementales.

■ ***Le sauvetage d'embryon.*** Un minuscule embryon de plante qui, normalement, ne survivrait pas au développement normal de la semence, est extrait et cultivé pour produire une plante complète. Cette méthode est largement utilisée pour multiplier de nombreuses orchidées dont les semences ne disposent pas de suffisamment d'aliments pour nourrir l'embryon jusqu'à son plein développement.

■ ***La régénération de plantes.*** De nombreuses plantes peuvent également être produites en cultivant des cellules (qui composent les tissus). Dans un premier temps, on obtient une masse (cal) ou une suspension de cellules à partir desquelles on peut produire des plantes en modifiant le substrat.

Parfois, il est également possible de régénérer des plantes à partir de protoplastes (cellules végétales débarrassées de leur paroi cellulosique externe). Les protoplastes de différentes espèces de plantes (pomme de terre et tomate, par exemple) peuvent être fusionnés pour former des hybrides somatiques, ce qui serait impossible par hybridation sexuée. Ces hybrides sont ensuite irradiés pour supprimer les informations génétiques non voulues des parents.



Sens horaire en partant du coin supérieur gauche: les graines de maïs modernes (à gauche de la photo, à côté d'une variété primitive sauvage) permettent d'obtenir de meilleurs rendements. L'irradiation permet d'obtenir, chez les fleurs, certaines propriétés désirables (couleur, forme). Les techniques in vitro ou « en éprouvette » permettent d'accélérer la culture des plantes. Les cellules végétales peuvent être multipliées sous forme de cals ou d'amas de cellules. (Crédit: Ahloowalia/AIEA)

L'inactivation des noyaux de cellules ou protoplastes par des doses élevées de rayonnements pour produire des cybrides (hybrides somatiques dans lesquels le cytoplasme d'une cellule est fusionné avec le noyau d'une autre cellule) sert également à produire des combinaisons génétiques nouvelles et originales pour transférer, par exemple, la tolérance au froid du radis au colza.

■ ***Culture d'anthères et de microspores.*** À la différence des cellules corporelles (somatiques), qui comprennent deux jeux d'informations génétiques, les graines de pollen formées dans les anthères ne comprennent qu'un jeu du matériel génétique (chromosomes) et sont haploïdes.

L'irradiation des cellules et tissus haploïdes par la culture d'anthères ou d'ovules produit des plantes dans lesquelles les gènes mutés apparaissent immédiatement. Cela s'explique par le fait que le second jeu de matériel génétique, qui dissimule parfois ces mutations, est absent dans les haploïdes. On peut alors faire en sorte que les plantes haploïdes sélectionnées produisent des di-haploïdes comportant le même nombre de chromosomes que les plantes diploïdes normales.

La production de mutants haploïdes et la production subséquente de di-haploïdes comportant des gènes mutés permettent d'obtenir rapidement des variétés améliorées de cultures multipliées par ensemencement telles que l'orge, le riz, le colza,

le maïs et le blé. Il est donc indispensable, si l'on veut utiliser dans les pays en développement des méthodes de production de semences par mutation, de disposer de méthodes économiques et efficaces de production d'haploïdes à partir des cultivars locaux de cultures de graines et de légumes.

■ ***Embryons somatiques.*** Une autre méthode *in vitro* permet de produire des embryons de plantes sans croisement sexué. Ces embryons, appelés embryons somatiques, peuvent être produits à partir de cals et de suspensions de cellules et, parfois, directement sur la surface des feuilles. Ils peuvent être produits de façon systématique chez de nombreuses plantes (carotte, chou-fleur, agrumes, dattes, pomme de terre, patate douce). Ils proviennent souvent de cellules uniques ou de quelques cellules seulement. L'irradiation de ces cellules permet d'obtenir des plantes qui produisent des mutants stables et robustes, ce qui supprime la nécessité de renouveler les cultures de tissus pour séparer les secteurs cellulaires mutés des secteurs non mutés.

APPLICATIONS MULTIPLES

L'amélioration de nombreux arbres — dont de nombreux arbres fruitiers importants tels que les dattiers, les pommiers, les pruniers, les cerisiers, les orangers et les citronniers — par sélection traditionnelle et multiplication est un processus qui prend beaucoup de temps. La mutagenèse induite, associée à la micromultiplication, peut permettre de produire des essences de petite taille poussant rapidement, ce qui est particulièrement intéressant pour la sylviculture à rotation rapide produisant de la biomasse destinée au bois de feu et à la pâte à papier.

La culture de plantes et de tissus cellulaires permet d'obtenir la mutagenèse de vastes populations de cellules et de plantes miniatures dans un espace réduit. Il est ainsi possible de cultiver des millions de cellules dans une boîte de Petri ou dans une fiole, puis de les irradier et de les multiplier sur des substrats définis pour régénérer des plantes.

Un aspect important de tout programme de culture de plantes est la sélection des génotypes. Il est indispensable, si l'on veut pouvoir trier de vastes populations de plantes, de disposer de méthodes de sélection efficaces et rapides. Il est de plus en plus prouvé que les cellules cultivées *in vitro*, les embryons somatiques et les plantes miniatures peuvent être sélectionnés, par exemple, en fonction de leur résistance aux maladies ou de leur tolérance à la salinité, à la chaleur, au froid et au gel. Les plantes sélectionnées *in vitro* peuvent ensuite être testées sur le terrain. Ainsi, la mutagenèse et la multiplication *in vitro* peuvent être intégrées à la sélection traditionnelle afin d'accélérer la culture de plantes à multiplication végétative. La culture *in vitro* permet également de conserver des clones locaux bien adaptés, qui sont ensuite améliorés par mutation. Cette technique, suivie d'une irradiation et d'une micromultiplication, est également utile pour les embryons d'hybrides ne comportant que très peu de pépins. En règle générale, les applications *in vitro* permettent d'élargir la diversité génétique et d'échanger le matériel génétique dans les hybrides de parents distants en recombinant des morceaux des chromosomes parentaux.

La culture de tissus est souvent mutagène en soi; parfois, des plantes provenant de cultures de cellules et de tissus ne ressemblent pas à la plante mère. On peut également associer à cette variation induite - appelée variation somaclonale - une mutation destinée à étendre davantage encore le parc génétique.

La micromultiplication permet de multiplier les mutants sélectionnés rapidement et en grandes quantités dans un cadre exempt de maladies. Cette technologie est tellement avancée qu'il existe à ce jour, en Amérique du Nord et en Europe, plus de 300 sociétés commerciales produisant des millions de plantes par la culture de tissus. Les plantes cultivées *in vitro* peuvent également être expédiées, après avoir été irradiées, vers des pays ne disposant pas d'installations d'irradiation.

La culture des tissus végétaux s'est développée à un rythme très rapide. Cette technologie est utilisée actuellement dans de nombreux pays d'Europe et d'Amérique du Nord, mais dans quelques pays d'Asie et d'Afrique seulement, pour multiplier à l'échelle commerciale du matériel végétal de haute qualité.

Dans de nombreux pays en développement, soit cette technologie n'existe pas, soit elle n'existe qu'à un stade embryonnaire. Vu qu'un élément important du coût de la micromultiplication des plantes est la main d'œuvre, les pays en développement peuvent avantageusement tirer parti de cette technologie et, dans le même temps, créer des emplois en mettant sur pied une industrie - de faible coût mais de haute technologie - de multiplication des plantes et des cultures. Dans certains pays africains, les seuls laboratoires existants de culture de tissus végétaux par mutation ont été créés avec l'aide de l'AIEA. Ces laboratoires pourraient être développés et utilisés pour former ces pays, développer leurs moyens et les aider à produire des plantes exemptes de maladies. ❑