

Rendra-t-on comestibles des plantes vénéneuses ?*

par le professeur E. A. Bell

(Department of plant sciences, King's College, Londres)

Les plantes synthétisent et accumulent plus de 240 acides aminés qui ne sont pas utilisés pour la synthèse des protéines leur permettant de pousser. Beaucoup de ces composés sont toxiques pour les autres organismes. D'autres découragent les animaux prédateurs ou les autres plantes qui recherchent aussi l'espace, la lumière et les substances nutritives. Les plantes qui contiennent des acides aminés toxiques pour l'homme et les animaux domestiques peuvent, néanmoins, devenir des sources précieuses de nourriture et de fourrage, s'il est possible de les modifier.

Tous les organismes vivants synthétisent des protéines qui leur sont indispensables. Chez l'homme, le collagène des os, l'actine et la myosine du tissu musculaire, l'élastine des parois des vaisseaux sanguins et l'hémoglobine que ces vaisseaux transportent sont formés de protéines, complètement ou en partie, comme le sont toutes les enzymes qui catalysent les processus de la vie.

Les protéines de tous les organismes vivants sont construites comme des chaînes de perles à partir d'une vingtaine d'unités de base appelées les acides aminés protéiques. Si nous imaginons que chacun de ces acides est une perle d'une certaine couleur,

chaque protéine apparaît comme une chaîne de différentes couleurs, unique en son genre, et contenant un nombre fixe de perles de chaque couleur disposées dans un ordre caractéristique. Il est possible de construire un nombre presque infini de chaînes différentes en variant la longueur de la chaîne, les nombres relatifs des perles de couleurs différentes et l'ordre des perles sur la chaîne.

La nature caractéristique de chacune des innombrables molécules de protéines naturelles est fixée de cette manière par le type, le nombre et la séquence des acides aminés protéiques dans la chaîne moléculaire.

Les acides aminés non protéiques

En plus des acides aminés incorporés aux protéines, il y en a quelques autres tels que l'ornithine, la saccharopine, l'homosérine et la citrulline qui se rencontrent souvent et jouent un rôle dans les processus métaboliques de base. Mais, peu d'acides aminés naturels sont très répandus et la plupart ont été isolés à partir de plantes ou de micro-organismes. On les désigne généralement sous l'appellation d'acides aminés non protéiques et on les trouve à l'état libre ou comme simples produits de condensation, comme les dérivés de l'acétyl, de l'oxalyle ou du γ -glutamyle. Plus de 240 d'entre eux ont été caractérisés.

Quelques-uns des acides aminés non protéiques ont des structures très proches de celles d'un ou plusieurs des acides aminés protéiques, alors que ce n'est pas le cas pour d'autres. Un certain nombre sont toxiques pour des organismes auxquels ils n'appartiennent pas normalement ou ont une activité physiologique dans ces organismes. Certains dérangent le métabolisme des acides aminés protéiques de ces organismes, d'autres ont des effets différents.

Les acides aminés non protéiques sont souvent accumulés en très grandes quantités par les végétaux supérieurs. Les graines de *Griffonia (Bandeiraea) simplicifolia* contiennent 14 % de hydroxy-5 L-tryptophane, analogue proche d'un acide aminé protéique, le tryptophane; celles de l'espèce *Mucuna* contiennent jusqu'à 10 % de L-dihydroxy-3,4 phénylalanine, analogue proche de la tyrosine, et, celles de *Dioclea megacarpa* 13 % de canavanine, analogue proche de l'arginine. Les rhizomes de *Polygonatum multiflorum* sont riches en acide azétidine-2-carboxylique, homologue inférieur de la proline, tandis que les feuilles aussi bien que les graines de *Leucaena leucocephala* contiennent des concentrations élevées de mimosine. En face de ces chiffres, nous pouvons bien nous demander pourquoi les plantes élaborent ces composés, et pourquoi elles en produisent d'aussi grandes quantités ?

Des constatations de plus en plus nombreuses font penser que les acides aminés, non protéiques, peuvent avoir une importance, pour les plantes, de plusieurs façons différentes. Le fait qu'une plante accumule des concentrations élevées de n'importe

* De Spectrum n° 166.

quel composé suggère un rôle d'emmagasinage possible et nous savons que quelques-uns, mais non pas la totalité des acides aminés, non protéiques, accumulés dans les graines sont métabolisés pendant la germination et la croissance des jeunes plants. Mais la toxicité de certains acides aminés, non protéiques à l'égard d'animaux, de plantes et de micro-organismes fait penser qu'il est possible que quelques-uns d'entre eux au moins confèrent un avantage sélectif aux plantes qui les contiennent en les protégeant contre les prédateurs ou les organismes pathogènes, ou en décourageant des plantes d'autres espèces susceptibles d'entrer en concurrence avec elles.

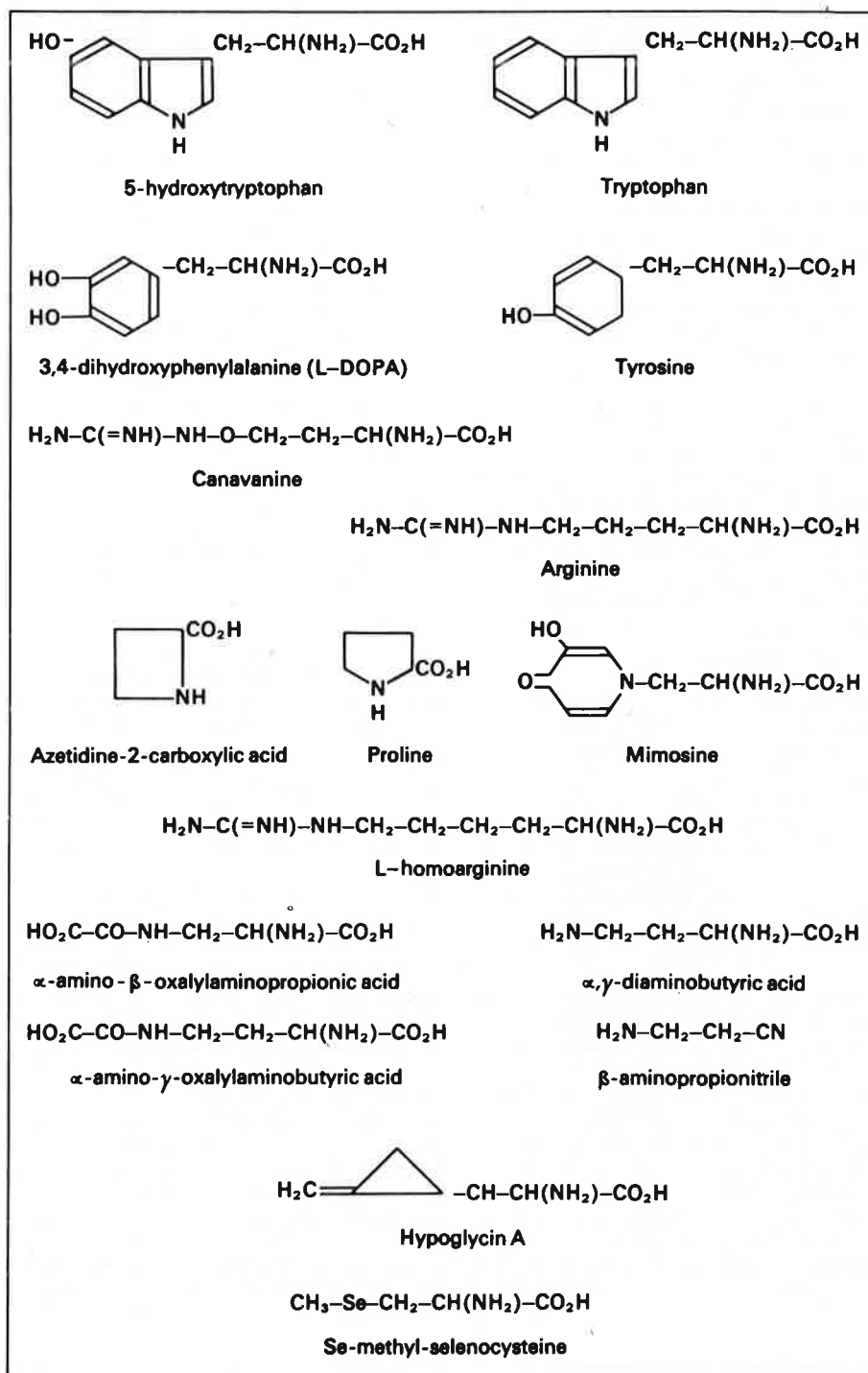
Adaptation biochimique

Il est toutefois improbable que de fortes concentrations d'un acide aminé non protéique ou d'ailleurs de tout autre composé végétal secondaire protègent complètement la plante contre l'attaque ou la rivalité, parce que les prédateurs et les rivaux, tout comme les plantes synthétisant des acides aminés non protéiques, sont soumis aux pressions de sélection exercées par leur environnement. Il faut donc s'attendre à ce que la provocation chimique lancée par l'acide aminé non protéique toxique puisse susciter des prédateurs ou des rivaux biochimiquement adaptés pour y répondre.

C'est ce que peuvent faire les larves d'un coléoptère, *Caryedes brasiliensis*, qui se nourrissent des graines riches en canavanine de *Dioclea megacarpa* parce que l'arginyle t-ARN-synthétase (enzyme qui aide à incorporer l'arginine dans la protéine) de *C. brasiliensis* peut, à l'inverse de l'enzyme correspondante de la plupart des autres organismes, établir une discrimination contre la canavanine et l'exclure de sa protéine. Ainsi *C. brasiliensis* n'est pas affecté par la synthèse de pseudo-protéines contenant des résidus de canavanyle au lieu de résidus d'arginyle et constitue un exemple d'insecte qui s'est adapté avec succès à une nourriture contenant de la canavanine. Tout aussi intéressant est le fait que seules les larves de cet insecte mangent les graines de *D. megacarpa*, ce qui fait penser que même si la canavanine ne protège pas complètement *D. megacarpa* contre tous les coléoptères s'attaquant aux graines, il le fait pour la plupart d'entre eux.

Il est probable que la canavanine est importante pour d'autres légumineuses d'autres façons. Par exemple, les racines de *Neonotonia (Glycine) wightii* excrètent de la canavanine à des concentrations qui inhibent la croissance de jeunes plants d'autres espèces végétales. La canavanine est toxique à de faibles concentrations pour différents champignons, moisissures et bactéries. Par contraste, nous avons constaté que les souris peuvent absorber des concentrations relativement élevées sans effet adverse apparent.

La L-homoarginine est un autre analogue



Quelques-uns des acides aminés protéiques et non protéiques dont il est question dans le texte (Nomenclature anglaise).

de l'arginine qui se trouve dans beaucoup de légumineuses. C'est là encore un acide aminé qui est toxique pour certains organismes, mais pas pour tous. L'homoarginine est toxique pour une variété de micro-

organismes, notamment les levures, les algues et les bactéries; toutefois, chez les mammifères, elle est hydrolysée par l'arginase pour donner de la lysine, un acide aminé protéique indispensable.

Nécessité de mieux définir la toxicité

Ces exemples montrent clairement que le terme toxique n'a de sens que s'il est rapporté aux organismes qu'il affecte. Dans la documentation sur les plantes appelées toxiques ou vénéneuses, ce fait fondamental est souvent oublié, si bien que le mot ne

signifie rien de plus que toxique pour l'homme ou toxique pour l'animal qui a une importance économique pour l'homme. Mais, même lorsque nous acceptons une définition aussi vague, les acides aminés non protéiques ont une importance consi-

dérable. Le lathyrisme humain, maladie neurologique caractérisée par une paralysie irréversible des jambes et, dans les cas les plus graves causant la mort, sévit dans des régions de l'Inde où les graines de *Lathyrus sativus*, ou moins souvent, de *L. cicera* et *L. clymenum* sont d'importantes sources alimentaires. La toxine, qui est principalement responsable de cette maladie, est l'acide α -amino- β -oxalylaminopropionique. D'autres espèces du même genre donnent de l'acide α , γ -diaminobutyrique, qui produit une toxicité par l'ammoniaque chez les mammifères en altérant le cycle de l'urée, et de l'acide α -amino- γ -oxalylaminobutyrique qui, comme son homologue inférieur présent dans *L. sativus*, est une neurotoxine. *Lathyrus odoratus*, appelé couramment pois de senteur, contient le dérivé γ -glutamyle du β -aminopropionitrile dans ses graines et le nitrile libre est libéré par ses racines. Les deux composés sont toxiques et, chez les mammifères et les oiseaux, altèrent la synthèse du collagène et de l'élastine, produisant ainsi des malformations du squelette et une faiblesse des parois des vaisseaux sanguins.

L'hypoglycine A et son dérivé γ -glutamyle, l'hypoglycine B, se trouvent dans le fruit vert de *Blighia sapida*. Elles causent « la maladie des vomissements » et parfois la mort chez les populations des Antilles. Cet acide aminé, comme son nom l'indique, fait baisser le taux de glucose du sang chez l'homme et d'autres mammifères. Néanmoins, s'il est injecté dans les veines, la dose nécessaire pour tuer une souris est dix fois plus élevée que celle qui tue un lapin.

Il y a de très fortes concentrations d'acides aminés non protéiques qui contiennent du sélénium, comme la Se-méthyl-L-séléno-cystéine, dans les parties vertes de différentes espèces d'*Astragalus*. Ces acides aminés causent des désordres neurologiques chez les animaux qui broutent la plante et peuvent les tuer. L'indospicine, trouvée dans plusieurs espèces d'*Indigofera*, endommage le foie des moutons, des vaches et des lapins et les fœtus de la rate. La mimosine endommage le foie des animaux qui broutent les feuilles de *Leucaena leucocephala* et leur fait perdre leur poil. La

La résistance aux insectes

Si nous enlevons une toxine qui protège une plante contre les insectes, il est probable qu'elle sera attaquée par ces insectes, à son grand détriment. Mais, étant donné que la sensibilité de différents organismes à différents composés varie beaucoup, il doit être possible de réduire la toxicité pour l'homme tout en augmentant la résistance aux insectes.

même plante provoque des goîtres chez les ruminants, le composé responsable étant la hydroxy-3 1H-pyridone-4 formée à partir de la mimosine par les micro-organismes de la panse.

Quelques acides aminés non protéiques sont toxiques pour les coléoptères et les larves de lépidoptères qui mangent des graines et des feuilles et certains d'entre eux inhibent l'alimentation d'insectes tels que le criquet pèlerin. Il se peut que les attaques par les insectes aient eu une grande influence sur la sélection naturelle des espèces de plantes qui synthétisent des acides aminés non protéiques; dans beaucoup de cas, il se peut que leur toxicité pour d'autres êtres vivants, dont l'homme, soit tout à fait fortuite.

Dans la pratique, il est possible d'utiliser de deux manières, en agriculture, les connaissances acquises sur la chimie, la toxicité et la distribution de ces composés.

- Elles peuvent d'abord être appliquées pour améliorer la qualité des plantes cultivées qui contiennent des acides aminés non protéiques toxiques pour l'homme et les animaux domestiques. De telles cultures peuvent devenir des cultures vivrières susceptibles de croître là où il serait difficile de cultiver d'autres plantes. A condition qu'elles ne contiennent pas plus d'une certaine quantité critique de toxine, de telles cultures pourraient jouer un rôle important comme sources d'aliments et de fourrages. Leurs dangers potentiels sont souvent bien reconnus par ceux qui les utilisent et de nombreuses ethnies extraient les toxines hydrosolubles des plantes en faisant tremper ces dernières, pendant assez longtemps, avant de les faire cuire. De plus, dès les premiers temps de l'agriculture, des variétés de cultures ont été choisies pour leurs caractéristiques désirables, telles que la saveur, la taille et l'absence d'effets toxiques : il est donc courant de trouver des concentrations de toxines plus faibles dans les plantes cultivées que dans les variétés sauvages. Mais, cette façon empirique d'aborder le problème suppose des centaines de générations pour produire une variété sans toxine ou à faible concentra-

Dans la pratique, il est probable que la plus grande utilité de l'étude des acides aminés non protéiques et d'autres composés secondaires sera de donner aux agriculteurs et sélectionneurs de différentes régions du monde l'information de base dont ils ont besoin pour améliorer certaines cultures

tion de toxine. Le fait de connaître la toxine et de pouvoir dépister rapidement sa présence dans de grands nombres de plantes devrait nous permettre d'améliorer sensiblement une culture en quelques années au lieu de quelques siècles.

Pour illustrer cette assertion, on peut citer un travail effectué en Inde qui a montré que les graines de certaines variétés de *Lathyrus sativus* contiennent 20 fois plus d'acide α -amino- β -oxalylaminopropionique (cause du lathyrisme chez l'homme) que d'autres variétés. Des programmes de sélection de variétés à faibles concentrations de toxine ont maintenant été mis en œuvre. En Australie, le croisement de *Leucaena leucocephala* avec d'autres espèces du même genre a produit des plantes hybrides contenant moins de mimosine. Il doit être possible aussi de provoquer des modifications génétiques en exposant des populations de plantes à des radiations ou à l'action de mutagènes chimiques, ou aux deux, ce qui donnerait une autre méthode de sélection de variétés acceptables d'espèces qui, autrement, sont toxiques jusqu'à un certain point. Toutes ces techniques dépendent de la connaissance de ce qui cause l'effet toxique ainsi que de la possibilité de disposer d'un moyen permettant de découvrir la concentration de la toxine.

- Deuxièmement, une telle connaissance est nécessaire pour sélectionner de nouvelles cultures à partir d'espèces sauvages ou d'espèces qui sont rarement cultivées ou utilisées peut-être seulement comme « aliments de famine ». Il se peut que l'étude des acides aminés non protéiques et d'autres composés secondaires tels que les alcaloïdes et les glycosides cyanogéniques qu'elles contiennent nous indique pourquoi ces plantes ne sont pas plus utilisées. Elle pourrait être aussi nous montrer s'il serait possible d'améliorer quelques-unes de ces plantes pour produire de nouvelles sources alimentaires dans les régions du monde où elles sont le plus nécessaire. Il pourrait être beaucoup plus facile (et l'opération nécessiterait beaucoup moins de manipulations génétiques) de rendre comestible une espèce indigène que d'introduire une culture vivrière provenant d'une région ayant un climat différent.

marginales qu'ils font déjà pousser. De telles cultures sont déjà adaptées aux conditions locales et les populations autochtones savent comment les pratiquer. Il est préférable, sous bien des rapports, de procéder ainsi que d'implanter de nouvelles cultures en provenance d'autres régions.