

Synthèse et action biologique des vitamines chez les plantes supérieures

Joseph Sivadjan

To cite this article: Joseph Sivadjan (1953) Synthèse et action biologique des vitamines chez les plantes supérieures, Bulletin de la Société Botanique de France, 100:7-9, 389-404, DOI: [10.1080/00378941.1953.10833234](https://doi.org/10.1080/00378941.1953.10833234)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/00378941.1953.10833234>



Published online: 10 Jul 2014.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 1856



View related articles [↗](#)

Synthèse et action biologique des vitamines chez les plantes supérieures

PAR JOSEPH SIVADJIAN

Il est classique de diviser les vitamines en deux groupes bien distincts, les vitamines hydrosolubles et les vitamines liposolubles. Mais on peut les diviser aussi en deux catégories, celle des vitamines d'origine végétale et celle des vitamines d'origine animale. Les vitamines hydrosolubles sont toutes, sans exception, d'origine animale, tandis que, dans le groupe des vitamines liposolubles, on ne trouve dans le règne végétal que les vitamines K antihémorragiques et les tocophérols ou vitamines E. Les vitamines A et D, les représentants les plus anciennement connus de ces principes naturels, ne sont fournis par les végétaux qu'à l'état de provitamines, sous formes de carotènes et de phytostérols.

Dans cette revue, nous laisserons donc de côté ces dernières substances et nous n'envisagerons que les travaux publiés de 1950 à 1952, relatifs à la synthèse et à l'action biologique des vitamines proprement dites chez les plantes supérieures. Pour la bibliographie antérieure à 1950 et concernant la répartition des vitamines chez les végétaux, nous renvoyons le lecteur à notre monographie sur la *Chimie des Vitamines* (1) et à la revue de C. Mentzer et O. Fatianoff (2) et à celle de Maynard et Beeson (72), sur l'*Influence des méthodes culturales et des autres causes sur la teneur en vitamines des végétaux supérieurs*.

1. — Les vitamines au cours de la germination.

La teneur moyenne en acide ascorbique des plantules de *Phaseolus radiatus* en germination est de 73,7 mg. par 100 g. de substance sèche, si la germination a lieu à l'obscurité. Lorsque les plantules ont été soumises pendant 6 heures à l'influence de la lumière solaire ou des rayons ultraviolets de 300-400 m μ , cette teneur atteint la valeur de 117,1 mg. %. Si, de plus, on ajoute de la thiamine ou de la riboflavine à la solution nutritive, elle monte à 128,1 mg. Les narcotiques semblent stimuler aussi la formation de la vitamine C, puisque l'association de la chlorétone à la thiamine et à la riboflavine contribue à porter le taux de l'acide ascorbique formé à 153 mg. pour cent (3).

D'après Sreenivasan et Wandrekar (4), le traitement des plantules de *Phaseolus radiatus* âgées de 10 jours ou davantage par les sels solubles de manganèse et de magnésium, à des concentrations différentes, ne

produit aucun changement dans la teneur en acides ascorbique et déhydro-ascorbique de ces plantules, par rapport à celle des témoins. Le traitement par l'acide borique augmente au contraire légèrement la synthèse de l'acide ascorbique. Les composés de l'azote et du phosphore, les sels de potassium, les hormones végétales et la colchicine qui inhibe le développement des plantules, diminuent la formation de l'acide ascorbique dans les premiers stades de la germination.

Contrairement aux observations des auteurs précédents (3), Sreenivasan et Wandrekar (4), (5) constatent que l'exposition des plantules en germination aux rayons ultra-violetes ne modifie pas sensiblement la vitesse de la synthèse biochimique de l'acide ascorbique, dont la quantité semble au contraire augmenter de 23 % pendant 5 jours consécutifs par la macération des graines pour une courte période dans de l'eau froide à 5°, et de 62 % par leur mise en germination à l'obscurité. Chez les plantules de 5 jours, germées dans l'obscurité, l'acide ascorbique total se trouve augmenté de 45 %, tandis que l'acide déhydro-ascorbique diminue de 37 % ; l'activité oxydasique s'affaiblit aussi de 25 %. L'irradiation accélère la destruction par oxydation de l'acide ascorbique (5), alors que l'addition de sucres hexosiques au milieu nutritif double la quantité de l'acide ascorbique formé (4). L'influence de la chlorophylle sur la formation de la vitamine C n'est qu'indirecte et ne s'applique pas aux jeunes plantules en voie de germination. Ces observations sont aussi valables pour *Cicer arietinum*, *Pisum arvense*, *Lens esculenta* et *Phaseolus aconitifolius* (5).

De et Barai (6), après avoir mis à macérer pendant 6-12 heures des graines de *Pisum sativum*, de *Vigna Catiang*, de *Phaseolus radiatus* et de *Phaseolus Mungo* dans la solution de Knopp, les mettent à germer et constatent que la synthèse de l'acide ascorbique atteint son maximum entre le 3^e et le 6^e jours de la germination (62,5 mg. d'acide ascorbique pour 100 g. de *Ph. radiatus*) et qu'elle diminue ensuite brusquement. La quantité de l'acide déhydro-ascorbique se montre négligeable. Si l'on ajoute des sels de manganèse et de cuivre à la solution de Knopp, la synthèse de l'acide ascorbique chez *Ph. radiatus* en germination augmente sensiblement. La lumière ne semble pas jouer un rôle direct dans la biosynthèse de l'acide ascorbique, dont le précurseur dans l'embryon de *Vigna Catiang* semble être le mannose (6).

Le chlorure de choline, le chlorhydrate de pyridoxine, le pantothénate de calcium, l'inositol, l'acide et l'amide nicotiniques, l'acide p-amino-benzoïque accélèrent la formation de la vitamine C libre au cours de la germination du *Phaseolus Mungo*, mais le chlorhydrate de thiamine ne produit pas une telle action. L'acide déhydro-ascorbique, qui ne se trouve pas dans les graines sèches, se forme et atteint son maximum entre le 5^e et le 6^e jours de la germination, alors que l'acide ascorbique libre disparaît (7).

La température agit en accélérant la formation de l'acide ascorbique dans *Phaseolus radiatus*. Elle est plus rapide à 35° qu'à 25°, par exemple, mais si la germination a lieu à 25°, le maximum de la formation de l'acide ascorbique est atteint le sixième jour de la germination (8).

D'après Miller et Jablonski (9), l'embryon de *Citrus paradisi*, après la germination, contient 17,3 mg. % d'acide ascorbique et 0,168 mg. % de carotène, alors que l'embryon non germé en contient 1,7 et 0,03 mg. ; l'augmentation, rapportée au poids de substance sèche, est donc de 13 fois pour l'acide ascorbique et de 10 fois pour le carotène.

La teneur en thiamine des jeunes plantules de Blé augmente aussi

un peu au cours des 15 premiers jours de la germination, surtout pendant le 4^e jour où le bourgeon apparaît hors de la graine (10). Dans les grains de Riz, de Blé et d'Orge, la teneur en thiamine, riboflavine, acide ascorbique et acide nicotinique augmente de la même manière au cours de la germination (11). La teneur en riboflavine augmente également d'une façon considérable au cours de la germination de toutes les espèces. L'acide nicotinique augmente dans le Maïs, l'Avoine, le Riz, le Soja, mais il ne subit pas de changement dans l'Orge, le Pois et le Blé. La biotine diminue pendant la germination des grains d'Avoine et de Maïs et elle augmente dans le Pois, le Haricot et surtout dans le *Lupinus albus* (12). Chez les espèces qui tirent des glucides la majeure partie de l'énergie de la germination, l'acide nicotinique formé atteint une teneur plus élevée que chez celles dont l'énergie est fournie surtout par les protéines ou les substances grasses (12), (13).

La teneur moyenne en amide nicotinique dans un grain de Blé double au cours des dix premiers jours de la germination et toute cette augmentation a lieu dans l'embryon. L'embryon isolé peut faire la synthèse de l'amide nicotinique dans l'obscurité, mais la vitesse de synthèse et la qualité de la niacine (acide nicotinique) apparue dans l'embryon attaché à son endosperme sont trois fois plus élevées que dans l'embryon libéré de ses connexions (14).

Ces faits sont observés également dans le cas du *Phaseolus multiflorus*, dont les germes isolés mis à se développer, dans des conditions stériles, sur un milieu nutritif de composition très simple renfermant notamment du glucose et du nitrate de potassium, peuvent indubitablement faire la synthèse de l'acide nicotinique au cours de leur croissance, mais avec infiniment moins d'ampleur que les germes poussant aux dépens de leurs cotylédons (17), (18). Les cotylédons dégermés et hydratés de cette même plante, par contre, ne peuvent jamais synthétiser cet acide. De ces deux faits, on peut déduire que l'enrichissement considérable en acide nicotinique se manifestant dans les plantules munies de leurs cotylédons, au début de la germination, est dû, d'après Terroine (17), (18), à la seule capacité synthétique des plantules.

La synthèse de l'acide nicotinique chez les plantes est faite, selon certains auteurs (14), (15), (16), aux dépens du tryptophane. Mais Terroine (17), (19) a pu montrer que lorsqu'on met à se développer le germe isolé de *Phaseolus multiflorus* dans des conditions de température et d'éclairement précises, sur le milieu synthétique simple déjà cité, alors les évolutions du tryptophane et de l'acide nicotinique ne sont point du tout parallèles. Tandis que la teneur en acide nicotinique peut augmenter de 5 fois et même davantage, chez les jeunes pousses, celle du tryptophane reste parfaitement immuable, d'où l'on peut conclure que le tryptophane ne joue pas de rôle de générateur d'acide nicotinique.

De même que dans le cas de la thiamine et de la riboflavine, la lumière influence aussi favorablement la synthèse de l'acide nicotinique (16).

La vitamine K augmente régulièrement dans les plantules de Pois se développant à la lumière, elle atteint sa teneur maximum le 6^e jour, puis elle diminue légèrement, pour augmenter de nouveau à partir du 7^e jour. Dans les plantules étiolées, l'augmentation n'a lieu qu'après le 11^e jour (20). La vitamine K peut se former aussi en l'absence de la lumière, mais alors la quantité produite est bien plus faible que celle obtenue en présence de la lumière (20). Sa synthèse n'est pas liée nécessairement à la présence de la chlorophylle, comme l'ont supposé Dam et Glavind (21), (22).

2. — La formation des vitamines chez les plantes adultes.

Dam, Glavind et leurs collaborateurs (1), (21), (22) ont montré que le facteur antihémorragique K est largement répandu dans les plantes et notamment dans les feuilles de celles-ci. Les feuilles du Châtaignier sont la source la plus riche de la vitamine K₁, mais la Luzerne, le Chou, l'Épinard, le Chou-fleur, l'Ortie, contiennent aussi abondamment de cette vitamine. On en trouve moins dans les graines (Grand Soleil, Chanvre, Soja, Pois, Avoine, Blé, Maïs), dans les racines ou les tubercules (Carotte, Pomme de terre), dans les fruits (Fraise, Eglantine, Tomate mûre) et dans les végétaux inférieurs.

Dans la Carotte, la vitamine K se trouve dans les feuilles et non pas dans la racine, ce qui fait supposer l'existence d'une relation entre la présence de la vitamine K dans un organe végétal et la photosynthèse. Toujours d'après ces auteurs, les feuilles étiolées à l'obscurité contiennent moins de vitamine K que les feuilles vertes et les Pois cultivés à la lumière sont plus riches en facteur antihémorragique que les Pois cultivés dans l'obscurité.

En outre, Dam, Glavind et Nielsen (22) ont constaté que dans le Chou, presque toute la vitamine K se trouve dans les chloroplastes et non pas dans le cytoplasme. Les plantules de *Picea canadense* produisent la vitamine K aussi bien dans l'obscurité qu'à la lumière, parce que cette plante possède la faculté de produire la chlorophylle même en l'absence de la lumière. La formation de la vitamine K est donc liée à la présence de la chlorophylle qui est, on le sait, la source naturelle du phytol.

Toutefois, leurs recherches ultérieures ont amené ces auteurs à modifier sensiblement leur avis sur ce point. Certes, les parties vertes des végétaux chlorophylliens sont les plus riches en vitamine K, surtout celles qui sont exposées à la lumière, mais, malgré la parenté chimique qui existe entre la chlorophylle et les vitamines K et malgré le fait que dans la cellule végétale la présence de ces deux substances soit toujours associée à celle des plastides, leur formation ne semble pas être influencée par les mêmes facteurs, puisqu'il n'y a pas de rapport entre les variations de la teneur en vitamines K et celle de la chlorophylle (23). Nous avons vu aussi que c'était là également l'avis de Erkama et Petterson (20), d'après lesquels la synthèse de la vitamine K n'est pas liée nécessairement à la présence de la chlorophylle.

Les feuilles du Cotonnier, sauf les six premières feuilles inférieures, montrent une périodicité dans leur teneur en acide ascorbique, périodicité qui se manifeste par l'augmentation de cette vitamine au cours de la journée et la diminution dans la nuit (24). Au cours de la fructification, la teneur en acide ascorbique augmente aussi avec la hauteur de la feuille sur la tige, mais seulement pendant la nuit, tandis que dans la journée la teneur maximum en acide ascorbique se trouve dans les feuilles de 11^e rang. Les six feuilles les plus inférieures ont une faible teneur en acide ascorbique et la diminution nocturne dans celles-ci est aussi faible. Cette périodicité est en rapport avec les variations de la température et de l'intensité de la lumière solaire. Au cours de la période crépusculaire, il y a une forte augmentation de la teneur en acide ascorbique chez cette plante (24).

Dans les feuilles de *Pisum sativum* et d'*Arisarum vulgare*, il y a aussi une variation rythmique qui se traduit par la diminution nocturne de l'acide ascorbique réduit et l'augmentation concomitante de l'acide

oxydé. La quantité totale cependant semble rester constante ou ne subir qu'une légère diminution vers la fin de la journée (25).

D'après Bukatsch (26), (27) et Medawara (28), la teneur en vitamine C est en rapport avec l'intensité respiratoire des plantes, puisqu'on constate l'augmentation parallèle de la respiration et de la teneur en vitamine C chez le Pin et les autres espèces, au nombre de 18, qui ont été étudiées. Les aiguilles dans la région du sommet, à 20 m. de hauteur, ont en moyenne 401 mg. % d'acide ascorbique, tandis que celles qui se trouvent à 2 m. seulement du sol ne contiennent que 273 mg. % de vitamine. Les feuilles qui poussent sur le côté sud des arbres à feuilles caduques sont beaucoup plus riches en vitamine C que celles du côté nord. Il y a une relation directe entre la teneur en acide ascorbique et la production d'anhydride carbonique. Les feuilles de *Nymphæa Frœbeli* flottant sur une solution diluée de vitamine C s'enrichissent en celle-ci et leur respiration se montre plus active que celle des feuilles témoins.

Tombesi (29) voit un rapport entre la teneur en vitamine C et celle du glutathion, car il constate chez *Arachis hypogæa* que, lorsque la teneur en glutathion réduit diminue, celle de l'acide ascorbique augmente. Si la plante (*Nicotiana Tabacum*) ne reçoit que 50 % de la quantité normale d'eau, la teneur en acide ascorbique et en glutathion diminue, tandis que l'activité oxydasique augmente (30).

Lona et Giovanola (31) signalent l'existence d'une variation thermo-périodique de la teneur en acide ascorbique des feuilles de *Nicotiana Tabacum*, *Lycopersicum esculentum*, *Solanum tuberosum*, etc., teneur qui varie en raison inverse de l'élévation de la température (31).

En 1940, Bonner (32) a constaté que les feuilles de *Xanthium pennsylvanicum*, de *Cosmos sulfureus*, de *Lycopersicum esculentum* et des *Brassica alba* et *nigra* sont plus riches en thiamine lorsqu'elles sont soumises à une photopériodicité de 18 à 20 heures que lorsqu'elles ont été soumises à une photopériodicité de 9 heures. Reid (33) a montré que les journées longues et moyennes produisent plus de vitamine C chez *Vigna sinensis* que les journées courtes. Hamner, Bernstein et Maynard (34) ont remarqué également que la Tomate produit moins d'acide ascorbique sous un régime d'éclaircissement de 8 heures que sous celui de 16 heures. Enfin, d'après Gustafson (35), chez le Haricot et la Tomate, soumis à des périodes d'éclaircissement de 8, 16 et 24 heures, aux températures de 14, 20 et 26° C, la teneur en thiamine diminue, tandis que celles de la riboflavine et de l'acide nicotinique augmentent par la prolongation de l'éclaircissement (35), (36), (37), (38).

Les traumatismes causés par la section des organes donnent lieu à une réaction générale des tissus végétaux (Pomme de terre, Chou, Asperge, Endive), se traduisant par une augmentation du métabolisme ; celle-ci s'accompagne aussi de l'augmentation sensible de la teneur en acide ascorbique qui peut devenir le triple de celle existant au moment de la section. Le taux de l'acide déhydro-ascorbique ne subit pas de modification importante. L'augmentation est plus forte dans les parties vertes des plantes et elle ne se produit pas à l'obscurité (39).

Chez l'Épinard, l'Orge, le Blé, le Chou chinois, au cours d'une belle journée, on note des variations de la teneur en acide ascorbique qui atteint son maximum entre 1 h. 30 et 3 h. 30 de l'après-midi, époque où la teneur des feuilles en glucides se trouve aussi à son niveau le plus élevé. Si le temps est pluvieux, il se forme moins d'acide ascorbique, dont la quantité ne varie pas au cours de la journée. L'augmentation du taux de l'acide carbonique dans l'air entraîne celle de la vitamine C

dans les feuilles (40). La présence de gaz carbonique dans l'air est d'ailleurs nécessaire pour la formation de l'acide ascorbique par les feuilles normalement éclairées (41), (48). Par contre, l'irradiation des plantes par les rayons X diminue la teneur de celles-ci en acide ascorbique. Chez le *Vicia Faba* irradié aux rayons X, on trouve en effet moins d'acide ascorbique que chez les pieds témoins (42). On constate une diminution analogue chez les plantes (*Soja*, *Anthirrinum majus*, *Cosmos sulfureus*, *Nicotiana rustica*, *Hyoscyamus niger*) soumises à une irradiation continue par les rayons γ , diminution suivie, quelques jours plus tard, d'une augmentation qui se termine par une nouvelle chute du taux en acide ascorbique (43).

L'ion manganèse n'influe pas sur la teneur en acide ascorbique des plantes vertes (Haricot) (44), (45); du moins on ne peut pas mettre en évidence un rapport fixe entre la présence du manganèse dans le sol et la formation de la vitamine C dans le Soja (45).

La vitamine C semble disparaître du *Phaseolus vulgaris* et du *Ricinus communis*, au cours de la maturation des graines, tandis qu'elle augmente au contraire chez la Tomate pendant toute la période de la maturation de ses fruits. Dans les caryopses du Blé, l'acide ascorbique disparaît au cours de la formation des réserves glucidiques (46). Dans la Figue, la vitamine C se forme lorsque les glucides en sont absents. Au moment de la maturation, elle diminue, alors que les glucides y augmentent d'une façon considérable (47).

Ces variations inverses des glucides et de la vitamine C sont sans doute en rapport étroit avec l'assimilation chlorophyllienne et comme on pouvait le prévoir d'après ces résultats, la teneur en acide ascorbique est également liée d'une façon intime à celle de la chlorophylle des feuilles. Chez le *Rosa rugosa*, par exemple, les feuilles chlorotiques contenant moins de 60 % de la quantité de la chlorophylle normale sont pauvres en vitamine C. Lorsque la quantité de la chlorophylle est de 60 à 85 % de la quantité normale, on y trouve 76-85 % de la quantité normale d'acide ascorbique. Les expériences faites avec le *Solanum nigrum* conservé quelque temps à l'obscurité montrent qu'à une température supérieure à 25°, la teneur en acide ascorbique augmente parallèlement à celle des glucides, ainsi qu'à celle de la respiration, mais qu'à des températures encore plus élevées, et en dépit de la continuation de l'augmentation de la respiration, la teneur en acide ascorbique tend à diminuer (49). Chez cette même espèce, la teneur maximum en acide ascorbique est atteinte au début de l'après-midi pendant le printemps, mais elle accuse deux maximums, l'un le matin et l'autre le soir, au milieu de l'été (49). La lumière et la température favorisent la formation de l'acide ascorbique (50), (51) d'une façon telle que les Tomates qui poussent en hiver ont 50 % moins d'acide ascorbique que celles qui poussent en été (51).

Lecat (52) a étudié les variations du taux de la vitamine C dans les pièces florales en fonction de son évolution morphologique et sexuelle. Tandis que l'acide ascorbique diminue dans les pétales, sépales et étamines avec l'évolution de la fleur depuis le stade bouton jusqu'au moment où le style commence à se flétrir, on constate que le style et l'ovaire présentent un maximum au moment de l'ouverture du bouton floral, un minimum à l'ouverture des anthères, suivie d'une légère augmentation dans l'ovaire. L'acide déhydro-ascorbique s'accroît dans les étamines, atteint un maximum dans le style, alors que dans l'ovaire, on trouve deux maximums, l'un correspondant à l'ouverture du bouton et l'autre à celle des anthères. Les pétales et les sépales sont beaucoup plus pauvres

que les feuilles en acide ascorbique, mais presque aussi riches que celles-ci en acide déhydro-ascorbique.

Dans le groupe des Dicotylédones, pour l'*Helianthus annuus*, on constate la diminution régulière de l'acide ascorbique dans la fleur depuis le commencement jusqu'à l'achèvement de l'anthèse, diminution qui devient plus accentuée après la fécondation. Dans les ovaires, la quantité de l'acide ascorbique passe par un maximum avec la sortie des anthères, tandis que celle de l'acide déhydro-ascorbique passe par un minimum au moment de la fécondation, pour se relever ensuite. Pour la corolle et les étamines, la courbe de l'acide déhydro-ascorbique est inverse de celle des ovaires (52).

La vitamine C diminue chez les plantes par la fanaison, ainsi qu'à l'automne, avant la chute des feuilles, probablement par suite de sa migration dans les parties pérennantes (53).

Les parties qui assimilent (limbe) sont plus riches en acide ascorbique que les tissus conducteurs (54). Nous avons vu que la teneur de ces parties vertes en vitamine C dépendait de la richesse de celles-ci en chlorophylle et aussi en glucides. C'est donc dans les feuilles que se fait chez la plante adulte la synthèse de l'acide ascorbique (55), de même que des autres vitamines, comme celle de la thiamine (56) ou de la vitamine K (23). Chez les céréales (le Riz), la thiamine se forme ainsi dans les feuilles d'où elle émigre ensuite dans les épis et s'accumule dans les graines (56).

L'activité des feuilles dans la synthèse de l'aneurine varie également avec celle de l'assimilation du gaz carbonique (56). Dans les feuilles, la majeure partie de la thiamine présente se trouve à l'état combiné, tandis que dans les épis et les graines, c'est la forme libre qui prédomine (56). La sève ascendante (*Betula pendula*, *Cucurbita Pepo*) dans le xylème est très pauvre en aneurine, tandis que la sève descendante dans le phloème contient relativement beaucoup d'aneurine. Le suc des tubes criblés (*Quercus rubra*, *Tilia platyphyllos*) est plus riche en vitamine B₁ le soir que le matin (57).

D'après Witsch et Flügel (58), les variétés cultivées de Blé sont plus pauvres en aneurine que les formes sauvages primitives. La déficience du sol en azote diminuerait la teneur de ces plantes en aneurine. L'influence de l'hérédité sur la richesse des plantes cultivées en vitamines a été constatée et étudiée aussi par un grand nombre d'auteurs (59) à (65), (70) à (78).

L'influence de la température est sensible également dans la synthèse des vitamines du groupe B, mais cette influence ne se fait pas sentir toujours dans le même sens. C'est ainsi que la thiamine, la riboflavine et l'amide nicotinique sont plus abondants dans la Tomate, le Haricot et le Soja à 20-30° qu'à 10-15°, tandis que dans le cas du Brocoli, du Chou et de l'Épinard, c'est aux températures basses, à 10-15°, qu'on trouve les teneurs les plus élevées en vitamines. Dans la Luzerne, le Pois et le Blé, la teneur en thiamine est plus élevée à 20-30° qu'à une température plus basse, alors que c'est l'inverse que l'on constate pour la riboflavine et l'amide nicotinique (38).

La teneur en thiamine des grains du Blé diminue légèrement au cours des premières semaines qui suivent l'anthèse ; elle reste ensuite relativement constante avec une légère augmentation apparente à la maturité totale. Celle des glumes et de la tige diminue considérablement au fur et à mesure de la maturation des grains. Dans la plante mûre, la glume contient seulement 18 à 25 % et la tige 38 à 57 % de celle présente une semaine après l'anthèse. La quantité totale que l'on trouve dans la plante

à sa maturité existe déjà dans celle-ci à cette même période de l'anthèse ; seulement, avec la maturation, l'aneurine émigre des glumes, du rachis, de la tige et des feuilles dans les grains (67).

Petit et ses collaborateurs (68, 69) ont noté aussi l'augmentation à peu près régulière de la vitamine B₂ dans les tiges et les épis du Blé, en fonction de la date du prélèvement, ainsi que dans les grains. Mais ils ont noté une brisure dans la courbe relative aux limbes, brisure qui se produit aux environs de la « montée » du Blé, au moment où la croissance de la jeune plante s'accélère. La teneur des limbes en aneurine diminue à cette même période, alors qu'elle augmente dans les grains. Il semble qu'il y ait là une sorte de migration à travers la gaine de l'aneurine du limbe vers la tige sur le point de se développer.

Les variations de la vitamine PP dans le Blé sont plus difficiles à être interprétées. Il n'apparaît pas que la formation d'assise protéinique ait une influence quelconque sur son évolution. Après passage par un maximum qui se produit au moment même où la riboflavine présente une chute accentuée, la quantité d'amide nicotinique dans le plant décroît avec quelques fluctuations jusqu'à la maturité et montre un accroissement très net dans les cinq jours qui suivent la date normale de la moisson. Pendant cette phase de la croissance, on constate que presque toute la vitamine PP de la plante se trouve concentrée dans l'épi (68).

Dans les expériences de cultures alternées, la teneur en thiamine et en riboflavine du Blé et de l'Avoine, celle en niacine du Froment et de l'Avoine, ainsi que la teneur en acide pantothénique du Froment varient avec les saisons. Le chaulage du sol augmente la teneur en thiamine chez le Blé, le Froment et l'Avoine. Il augmente aussi celle du Blé en amide nicotinique et en acide pantothénique, tandis qu'il diminue la teneur de l'Avoine en amide nicotinique, ces observations étant valables tout au moins pour l'année 1944, particulièrement sèche. L'addition de phosphore semble augmenter la thiamine dans le Blé, alors que celle du potassium la diminue. Les nitrates seuls augmentent l'amide nicotinique dans le Blé et la thiamine dans l'Avoine. Les nitrates, en association avec le potassium, augmentent l'acide pantothénique dans le Blé. Le potassium seul diminue la thiamine dans le Blé et le Froment. Cette espèce, au cours d'une saison sèche, se montre plus pauvre en thiamine qu'au cours d'une saison normale. La riboflavine, à son tour, est plus abondante dans le Blé lorsque la saison est sèche que si elle est humide, alors que le cas est absolument inverse pour l'Avoine. Dans les expériences faites en cultures continues, les résultats obtenus sont sensiblement différents de ceux qui ont été résumés plus haut (79).

D'après Earley, Carter et Johnson (80), la fertilisation intensive du sol avec des engrais azotés et potassiques augmente la teneur en thiamine et diminue celle en acide nicotinique et en carotènes des grains de Blé mûrs.

Lorsqu'on arrose des plants d'Avoine par des solutions nutritives contenant 2,5 ; 10 ; 15 ; 20 et 22,5 millimoles de nitrate par litre, la teneur en biotine par gramme de substance fraîche de ces plants augmente de 3 à 8,5 et celle en acide pantothénique de 1 à 2,5 (81).

Selon Mc Coy, Bostwick et Devich (82), les plantes (Avoine), cultivées sur du sable et qui reçoivent cinq fois plus d'engrais phosphoré que les plantes témoins, sont plus riches en acide folique, en biotine, en niacine et en acide pantothénique que les témoins ; celles qui reçoivent la dixième partie de la quantité mise à la disposition des cultures témoins ont, au contraire, moins de vitamines que ces dernières. Les engrais à base de

sulfate d'ammonium augmentent aussi considérablement la teneur du Riz en thiamine, dont la formation est aussi favorisée considérablement par l'emploi des engrais riches en phosphore. La synthèse de l'acide ascorbique est stimulée par les sels de potassium ; ceux de calcium et de magnésium contribuent aussi à l'augmentation de la richesse des plantes en vitamines (83, 88).

Selon Louis (84), les racines de *Pisum sativum* cultivé sur milieu synthétique ne font pas la synthèse de l'acide pantothénique qui prend naissance dans les feuilles de la plante intacte d'où il passe dans les racines.

McCoy et ses collaborateurs (85) ont aussi constaté la diminution de la production de la niacine par la diminution des éléments majeurs (sels minéraux, composés azotés) dans le sol.

3. — Actions physiologiques des vitamines.

Mitra et Datta (86) mettent l'embryon isolé de *Corchorus capsularis* à se développer dans un milieu contenant 1 % de gélose, 1 % de sucrose et des sels minéraux et ils constatent que l'embryon se développe le mieux dans un milieu contenant du nitrate de potassium et de l'acide ascorbique.

Murakami (87) observe que la thiamine et l'acide ascorbique, aux dilutions de 0,1 à 0,0001 mg. par litre, stimulent la croissance du Riz. Le développement des cultures témoins étant pris comme égal à 100 %, en présence de la thiamine, les rendements obtenus sont de 179,8-133,1 % et en présence de l'acide ascorbique, ils sont de 165,5-140,3 %.

En traitant les graines de Riz par de la vitamine C, on accélère la germination de ces graines et l'on augmente leur vitesse de croissance, ainsi que la longueur des racines, de la coléoptile et des bourgeons (89).

Au contraire, l'acide folique et son antagoniste, l'aminoptérine, aux concentrations de 10^{-5} à 10^{-9} g. par cm^3 , inhibent la croissance des racines d'Oignon. Le nombre des cellules en état de mitose dans les racines traitées est plus faible que dans celle des témoins, mais on ne constate pas la présence de mitoses anormales (90).

D'après Schopfer (91), la méthyl-2 naphthoquinone-1.4, produit entièrement synthétique, mais ayant une action analogue à celle des vitamines K, diminue la photosynthèse de l'*Elodea canadensis*, tandis que le traitement préalable de ces plantes par une dose déterminée d'acide nicotinique et de son amide diminue l'effet inhibiteur de cette substance. De même, Galston (92, 93), a constaté que l'acide indolacétique, qui en présence de la lumière stimule la croissance des tiges de l'Asperge, inhibe au contraire cette croissance à l'obscurité et que l'acide nicotinique renforce considérablement cette action inhibitrice (Scheurmann) (97).

Les vitamines B₁ et B₂, employées séparément, ont une action favorisante sur la germination des grains de Blé, alors qu'en association, elles ont une action inhibitrice (94).

L'acide ascorbique, à la dose de 20 et 40 parties par million, stimule la synthèse biologique des glucosides de la Digitale pourpre (95). Il diminue d'autre part le temps de plasmolyse des cellules de l'épiderme et de la racine du *Lupinus albus* et du *Ricinus communis*, mis à l'obscurité au contact de cet acide (96).

La thiamine, l'amide nicotinique et la pyridoxine exercent une action stimulante sur la croissance des racines isolées, l'action de la pyridoxine étant toutefois moins sensible que celle des deux autres (98). L'action stimulante s'exerce aussi sur le développement des plantes (*Poa annua*) en général (99).

Lorsqu'on cultive des Pois privés de leurs cotylédons sur une solution nutritive, avec un nitrate comme source d'azote, la croissance de ces plantules se fait médiocrement. L'addition de 100 à 200 mg. par plante d'acide ascorbique dans un litre de solution nutritive suffit à rendre la croissance de ces plantules comparable à celle des sujets normaux, pourvus de leurs cotylédons. Mais si l'on cultive du Blé privé de son endosperme sur une solution nutritive en présence du sulfate d'ammonium comme source d'azote, l'addition de l'acide ascorbique reste sans influence sur la croissance du Blé. L'action de la vitamine C sur la croissance des plantes dépend par conséquent de son effet réducteur sur les nitrates (100).

L'acide ascorbique et l'acide indol-acétique exercent une action opposée dans les phénomènes d'absorption et d'élimination de l'eau par les organes des plantes, comme le Ricin, le Lupin, l'Avoine (101).

En cultivant des plants de *Melilotus italica*, de *Justicia Adathoda* et de *Duranta stenostachya*, les racines étant immergées soit dans une solution d'acide ascorbique à 0,5 %, soit dans une solution de sucre à 3 %, soit enfin simplement dans de l'eau ordinaire, on constate que l'acide ascorbique semble stimuler l'activité respiratoire de ces plantes qui amène à son tour l'augmentation de la transpiration. Lorsqu'on fait pousser des plantules de *Melilotus italica*, les racines étant dans l'eau et les sommets dans l'air ou dans une atmosphère d'azote privée d'eau et de gaz carbonique, ou bien dans l'air privé d'eau seulement, on constate qu'en l'absence d'oxygène, la transpiration est plus faible qu'en présence de ce gaz. Si l'on stimule la respiration par l'acide ascorbique, la plante manifeste un besoin plus grand pour l'eau (102).

Franke (103), après avoir immergé des graines de *Sinapis alba* et de *Lepidium sativum* pendant 4 heures dans une solution contenant de l'acide ascorbique, les place ensuite pendant 24 heures sur du papier filtre humecté avec des solutions d'acide ascorbique de concentrations variables, et il mesure ensuite la quantité de gaz carbonique dégagé. Pour les solutions contenant de 10^{-5} à 10^{-6} d'acide ascorbique, la respiration ne diffère pas sensiblement de celle des témoins. A la concentration de 10^{-5} et à celles plus élevées, on constate l'inhibition progressive de la respiration, tandis qu'à la concentration de 10^{-6} on pouvait noter même une légère action stimulante.

Galston (104) pense pouvoir attribuer à la riboflavine un rôle de sensibilisatrice dans la réaction photochimique qui provoque la courbure phototropique des divers organes des végétaux.

On admet que cette courbure phototropique est le résultat de l'inégalité dans la distribution des hormones de croissance, ce qui provoque une inégalité dans la croissance des deux côtés d'un organe éclairé unilatéralement. On a constaté, par exemple, que sous l'influence d'un éclairage unilatéral, le côté éclairé de la coléoptile de l'Avoine contient moins d'auxine que le côté opposé resté dans l'obscurité. On a admis que la lumière provoque la migration de l'auxine du côté éclairé vers le côté non éclairé de la coléoptile, mais on peut aussi admettre que la lumière détruit l'auxine ou un enzyme producteur d'auxine.

On a admis que le pigment récepteur pour la réaction phototropique est le β -carotène, dont on a démontré l'abondance dans les organes photorécepteurs typiques ; on a démontré aussi que les caroténoïdes peuvent sensibiliser la destruction photochimique de l' α -auxine par la lumière visible (105, 107).

Galston (104) pense au contraire que ce pigment sensibilisateur est

la riboflavine ou une flavoprotéine dérivée de la riboflavine. Les spectres d'absorption de la riboflavine et du β -carotène sont très semblables dans la partie visible. En outre, bien que le β -carotène sensibilise la destruction photochimique de l' α -auxine, il ne semble pas agir sur l'acide indole-acétique-3 et, ainsi que Wildman et Bonner (106) l'ont démontré, l'auxine de la coléoptile de l'Avoine se compose en majeure partie, sinon entièrement, de l'acide indol-acétique.

Galston (108) a constaté aussi que la riboflavine peut sensibiliser l'inactivation photochimique de l'auxine diffusible de la coléoptile de l'Avoine, la vitesse de cette destruction étant très semblable à celle de la destruction de l'acide indol-acétique pur. En outre, la coléoptile est très riche en riboflavine, surtout sur sa partie apicale, longue de 0,25 mm., qui constitue la région la plus sensible à la lumière.

L'étude de l'action du méso-inositol sur la croissance des végétaux supérieurs a donné des résultats fragmentaires et inconstants. D'après Bonner et Addicott (109), l'inositol, aux concentrations de 10^{-5} et 10^{-6} , serait inactif sur la croissance des racines isolées de Pois. Robbins et Schmidt (110) ont montré que l'inositol ne peut pas remplacer le saccharose dans le milieu de culture, tandis qu'il peut être substitué partiellement à l'extrait de Levure, la croissance étant toutefois assez médiocre. Morel (111) eut recours à des mélanges d'inositol, de biotine et d'acide pantothénique pour cultiver certains tissus incapables de proliférer indéfiniment en présence d'hétéro-auxines seules. D'après cet auteur, certaines substances, comme l'acide pantothénique, stimulent considérablement la prolifération des tissus. Almestrand (112) observa que l'inositol, aux concentrations de 1 à 1.000 mg. par litre, ne modifie pas la vitesse de croissance des racines isolées d'Avoine ou d'Orge, tandis que Jacquiot (113) mit en évidence l'action favorable du méso-inositol, dans certaines conditions, sur la formation de bourgeons par le tissu cambial d'Orme cultivé *in vitro*.

En étudiant l'action du méso-inositol sur des graines de Pois sélectionnées, G. Deysson et M. Deysson (114) ont établi que ce corps stimule la croissance des racines et des tiges pour les concentrations comprises entre 10^{-7} et 10^{-3} , avec un optimum pour 10^{-6} , qu'il exerce ensuite un effet inhibiteur au-dessus de 10^{-3} . L'augmentation maximum de la croissance des racines, qui est de 26 % le deuxième jour, dans les conditions de ces expériences, reste de 27 % le 3^e et de 28 % le 5^e jour.

Mais les Angiospermes en général réagissent de façon très variable au méso-inositol. Certaines espèces semblent indifférentes à ce corps, tandis que chez d'autres on peut observer soit une stimulation de la croissance, soit une inhibition (115).

En terminant cette revue, nous croyons intéressant de reproduire, ci-après, dans les tableaux I et II, d'après Mme L. Randoïn (116), la classification actuelle des vitamines (I) basée sur leur solubilité dans l'eau ou les lipides et celle que propose Mme Randoïn (II), d'après le rôle joué par ces vitamines dans le métabolisme chez les animaux.

TABLEAU I

Classification actuelle des Vitamines.

Vitamines hydrosolubles du groupe C. Vitamine C (C ₁), acide ascorbique. Vitamine P (C ₂), épicatechine, etc. du groupe B. Vitamine B ₁ ou thiamine, aneurine. Vitamine B ₂ ou riboflavine. Vitamine PP ou amide nicotinique. Vitamine B ₆ ou pyridoxine, adermine. Acide pantothénique. Vitamine H ou biotine. Acide folique. Mé o-inositol. Acide p-aminobenzoïque. Choline. Vitamine B ₁₂ .	Vitamines liposolubles du groupe A. Certains } α-carotène. caroténoïdes } β-carotène, etc. Vitamine A ou axérophtol. du groupe D. Vitamine D ₂ ou calciférol. Vitamine D ₃ . du groupe E. Vitamines E { α-tocophérol. { β-tocophérol. { γ-tocophérol. du groupe K. Vitamine K ₁ ou phyloquinone. Vitamine K ₂ . Vitamine K ₃ .
---	--

TABLEAU II

Nouvelle classification des vitamines proposée par L. Randoïn.

Enzymovitamines. Thiamine ou aneurine (B ₁). Riboflavine (B ₂). Amide nicotinique (PP). Adénine. Acide pantothénique. Pyridoxine (B ₆). Biotine (H). Acide folique (Be). Inositol. Acide p-aminobenzoïque. Choline. Facteur B ₁₂ ou cobamine. Acide ascorbique (C ₁). Epicatéchine, etc. (C ₂). Esculoside.	Hormonovitamines. Certains caroténoïdes (provitamines A), Axérophtol (A). Calciférol, déhydro-7 cholestérol et certains autres térols (D). Tocophérols α, β, γ (E). Acides gras polyéthyléniques indis- pensables. Phyloquinone et certaines autres naphtoquinones (K) (?).
---	--

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. SIVADJIAN (J.), *La Chimie des Vitamines et des Hormones. I, La Chimie des Vitamines*, 3^e éd., Gauthier-Villars, édit., Paris, 1949.
2. MENTZER (C.) et FATLANOFF (O.), *Influence des méthodes culturales sur la teneur en vitamines des végétaux supérieurs*, Ann. de la Nutrition et de l'Alimentation, 1949, 3, 645.
3. SUR (S. K.), ROY (S. C.) et GUHA (B. C.), *Biosynthesis of ascorbic acid-synthesis by germinating seeds as influenced by different factors*, Abstracts of Communs. 1st intern. Congr. Biochem., 1949, 52.
4. SREENIVASAN (A.) and WANDREKAR (S. D.), *Biosynthesis of vitamin C during germination. I. Effect of various environmental and cultural factors*, Proc. Indian Acad. Sc., 1950, 32, B, 143 ; Chem. Abstr., 1951, 45, 6701.

5. SREENIVASAN (A.) et WANDREKAR (S. D.), *Biosynthesis of vitamine C in germinating legumes*, Nature, 1950, **165**, 765.
6. DE (H. N.) et BARAI (S. C.), *Study of the mechanism of biosynthesis of ascorbic acid during germination*, Indian J. Med. Research, 1949, **37**, 101.
7. BANERJEE (S.) et NANDI (N.), *Effect of certain substances on the biosynthesis of ascorbic acid by Phaseolus Mungo during germination*, Ann. Biochem. and Exptl. Med., 1949, **9**, 217 ; Chem. Abstr., 1950, **44**, 9521.
8. KATAI (K.), *The conditions of formation of ascorbic acid on germination of seeds. I. Germinated green beans. Germination in fresh water or in diluted sea water*, J. agric. chem. Soc. Japan, 1943, **19**, 837 ; Chem. Abstr., 1951, **45**, 9137.
9. MILLER (E. V.) et JABLONSKI (J. R.), *Physiological studies of the seeds of Grapefruit*, Citrus paradisi, Food Research, 1949, **14**, 492.
10. RICALDONI (J. N.), *Content, variation, and distribution of thiamine in wheat seedlings during certain germination periods*, Rev. Facultad. Cienc. Quim., 1947, **22**, 167 ; Chem. Abstr., 1950, **44**, 6485.
11. NANDI (N.) et BANERJEE (S.), *Studies on the effect of germination on the vitamin content of some cereals*, Indian J. Physiol., 1950, **4**, 104 ; Chem. Abstr., 1951, **45**, 5264.
12. KLATZKIN (C.), NORRIS (F. W.) et WOKES (F.), *The biochemistry of germination*, Abstracts Commun. 1st Intern. Congr. Biochem., 1949, **26**.
13. KLATZKIN (C.), NORRIS (F. W.) et WOKES (F.), *Nicotinic acid in cereals. I. The effect of germination*, Biochem. J., 1948, **42**, 414.
14. NASON (A.), *The distribution and biosynthesis of niacin in germinating corn*, Amer. J. Botany, 1950, **35**, 612.
15. NASON (A.), *Existence of a tryptophan-niacin relationship in corn*, Science, 1949, **109**, 170.
16. GUSTAFSON (F. G.), *Tryptophane as an intermediate in the synthesis of nicotinic acid by green plants*, Science, 1949, **110**, 279.
17. TERROINE (T.), *Le cours de la synthèse nicotinique dans la germination. Existe-il un lien tryptophane-acide nicotinique ?* C. R. Acad. Sc., 1948, **226**, 511.
18. TERROINE (T.) et DESVEAUX-CHABROL (J.), *La synthèse de l'acide nicotinique au cours de la germination*, Arch. Sc. Physiol., 1947, **1**, 117.
19. TERROINE (Th.), *Le contrôle du métabolisme des acides aminés par les vitamines du groupe B₂*, Ann. Nutrition et de l'Alimentation, 1947, **1**, 503.
20. ERKAMA (J.) et PETERSSON (N.), *Vitamin K in germinating Peas*, Acta Chem. Scand., 1950, **4**, 922.
21. DAM (H.) et GLAVIND (J.), *Vitamine K in the plant*, Biochem. J., 1938, **32**, 485.
22. DAM (H.), GLAVIND (J.) et NIELSEN (N.), *Weitere Untersuchungen über die Bildung und Bedeutung des Vitamin K im Pflanzenorganismus*, Z. physiol. Chem., 1940, **265**, 80.
23. DAM (H.), GLAVIND (J.) et GABRIELSEN (E. K.), *On the occurrence of vitamin K in plants*, Acta physiol. Scand., 1947, **13**, 9.
24. BREGETOVA (L. G.), *Ascorbic acid content of cotton plant leaves*, Botan. Zhourn., 1951, **36**, 34 ; Chem. Abstr., 1951, **45**, 5772.
25. BONETTI (D.), *Diurnal rhythm in ratio of reduced ascorbic acid to total ascorbic acid in leaves*, Bol. Soc. ital. biol. sperim., 1949, **25**, 337 ; Chem. Abstr., 1950, **44**, 10.050.
26. BUKATSCH (F.), *Ascorbinsäure-Gehalt und Atmungsintensität*, Phytion (Ann. Rei Botan.), 1952, **4**, 35.
27. BUKATSCH (F.), *Ueber den Ascorbinsäuregehalt der Coniferen Nadeln*, Vitamine u. Hormone, 1943, **4**, 192.
28. MEDAWARA (M. R.), *Notizen über Vitamin C in der Pflanze*, Phytion (Ann. rei Botan.), 1950, **2**, 200.
29. TOMBESI (L.), *Variations of ascorbic acid, reduced glutathione, and of oxidase and catalase activity in plant tissues during the day*, Ann. sper. agrar., 1951, **5**, 1021 ; Chem. Abstr., 1952, **46**, 2628.

20. TOMBESI (L.), *Content of glutathione and ascorbic acid, and oxidase and catalase activity as functions of soil moisture on the leaves of Nicotiana Tabacum var. Virginia Bright Leaf during the vegetative cycle and the subsequent curing*, Ann. staz. chim.-agrar. sper. Roma (3), 1950, **44**, 11 p.; Il Tabacco, 1951, **55**, 15; Chem. Abstr., 1951, **45**, 8606.
31. LONA (F.) et GIOVANOLA (E. P.), *Ricerche sulla fisiologia dell'acido ascorbico. VII. Contenuto in acido ascorbico delle piante in relazione al fattore termoperiodico*, Nuov. G. bot. ital., 1951, **58**, 462.
32. BONNER (J.), *Experiments on photoperiod in relation to the vegetative growth of plants*, Plant Physiol., 1940, **15**, 319.
33. REID (M. E.), *Effect of variation in light intensity, length of photoperiod, and availability of nitrogen upon accumulation of ascorbic acid in Cow pea plants*, Bull. Torrey Bot. Club, 1942, **69**, 204.
34. HAMNER (K. C.), BERNSTEIN (L.) et MAYNARD (J. A.), *Effects of light intensity, day length, temperature, and other environmental factors on the ascorbic acid content of tomato*, Journ. Nutrit., 1944, **29**, 85.
35. GUSTAFSON (F. G.), *Influence of photoperiod on thiamine, riboflavin and niacin content of green plants*, Amer. J. Bot., 1953, **40**, 256.
36. GUSTAFSON (F. G.), *Distribution of thiamin and riboflavin in the tomato plant*, Plant Physiol., 1947, **22**, 620.
37. GUSTAFSON (F. G.), *Influence of light intensity upon the concentration of thiamin and riboflavin in plants*, Plant Physiol., 1948, **23**, 373.
38. GUSTAFSON (F. G.), *Influence of temperature in the vitamin content of green plants*, Plant physiol., 1950, **25**, 150.
39. WINTER (E.), *Ascorbinsäure-synthese in Gewebeschnitten*, Planta, 1952, **41**, 52; Z. Lebensmittel-Untersuchung u. Forschung, 1952, **94**, 414.
40. SUGAWARA (T.), *Studies on the formation of ascorbic acid in plants. IV. Daily variation of ascorbic acid content and the concentration of carbohydrate in the leaves of plants*, Japan. J. Botany, 1941, **11**, 344; Chem. Abstr., 1950, **44**, 10.060.
41. SOMERS (G. F.), HAMNER (K. C.) et NELSON (W. L.), *Field illumination and commercial handling as factors in determining the ascorbic acid content of tomatoes received at the cannery*, J. Nutrition, 1945, **30**, 425.
42. WEBER (F.), *Vitamin-C-Gehalt Röntgen-bestrahlter Keimlinge*, Phytion (Ann. rei Botan.), 1952, **4**, 144.
43. COOKE (A. R.), *Effect of gamma irradiation on the ascorbic acid content of green plants*, Science, 1953, **117**, 588.
44. HIVON (K. J.), DOTY (D. M.) et QUACKENBUSH (F. W.), *Ascorbic acid and ascorbic acid oxidizing enzymes of green bean plants deficient in manganese*, Plant Physiol., 1951, **26**, 832.
45. HIVON (K. J.), DOTY (D. M.) et QUACKENBUSH (F. W.), *Ascorbic acid and ascorbic acid oxidizing enzymes of manganese-deficient soybean plants grown in the field*, Soil. Sci., 1951, **71**, 353.
46. TOMBESI (A.), BAROCCIO (A.), CERVIGNI (T.), FORTINI (S.), M. TARENTOLA (M.) et VENEZIAN (M. E.), *Oxydase, catalase, carbonic anhydrase and peroxidase activity, and content of reduced glutathion and of ascorbic acid during the maturation of fruits and seeds*, Ann. sper. agrar., 1952, **6**, 857; Chem. Abstr., 1953, **47**, 2835.
47. DAMANSKI (A. F.) et TOPALEVIC-AVRAMOV (R.), *Vitamin C in figs during the vegetative period*, Acta Pharm. Jugosl., 1951, **1**, 37; Chem. Abstr., 1952, **46**, 4610.
48. SOMERS (C. F.), KELLY (W. C.) et HAMNER (K. C.), *Changes in ascorbic acid content of turnip-leaf discs as influenced by light, temperature and carbon dioxide concentration*, Arch. Biochem., 1948, **18**, 59.
49. MEKHAJIK (F. Y.), *Factors that affect the content of ascorbic acid in leaves*, Botan. Zhur., 1952, **37**, 71; Chem. Abstr., 1952, **46**, 7185.
50. ABERG (B.), *Effect of light and temperature on ascorbic acid content of green plants*, Ann. Roy. agric. Coll. Sweden, 1946, **15**, 239.
51. HAMNER (K. C.), LYON (C. B.) et HAMNER (C. L.), *Effect of mineral nutrition on the ascorbic acid content of tomato*, Bot. Gaz., 1942, **103**, 586.

52. LECAT (P.), *Acides ascorbiques oxydé et réduit*, Ann. de Botanique, 1949, (11), 10, 71.
53. KELLERMAN (H.), *Studien über den Vitamin C-Gehalt der Pflanzen*. Phyton (Ann. rei Botan.), 1949, 1, 178.
54. LECAT (P.), *Distribution and variations in the ascorbic acid system in plants*, Plant and soil, 1951, 3, 267; Chem. Abstr., 1952, 46, 3124.
55. DAMANSKY (A. F.) et STANIMIROVIC (S.), *Rapport entre vitamine C et cellulose dans la Noix*, Bull. Soc. Chim. biol., 1952, 34, 821.
56. KONDO (K.), MITSUDA (I.) et IWAI (K.), *Thiamine synthesis in leaves of cereal crops*. J. agr. Chem. Soc. Japan, 1950-1, 24, 128; Chem. Abstr., 1952, 46, 10.305.
57. BUCHBERGER (W.), *Aneurin im Auf-une Absteigenden Pflanzensaft*, Phyton (Ann. rei Botan.), 1952, 4, 101.
58. WITSCH (H. v.) et FLÜGEL (A.), *Untersuchungen über den Aneurin gehalt höherer Pflanzen. I. Der Einfluss innerer und äusserer Bedingungen auf den Aneurin gehalt beim Weizen*, Ber. deutseh. Bot. Geselsch., 1951, 64, 107.
59. RICHEY (F. D.) et DAWSON (R. F.), *Experiments on the inheritance of niacin in corn (maize)*, Plant Physiol., 1951, 26, 475.
60. TEAS (H. J.) et NEWTON (A. C.), *Tryptophan, niacin and indoleacetic acid in several endosperm mutants and standard lines of maize*, Plant Physiol., 1951, 26, 494.
61. DITZLER (L.), HUNT (C. H.) et BETHKE (R. M.), *Effect of heredity on the niacin and pantothenic acid content of corn*, Cereal Chem., 1948, 25, 273.
62. HUNT (C. H.), DITZLER (L.) et BETHKE (R. M.), *Niacin and pantothenic acid content of corn hybrids*, Cereal Chem., 1947, 24, 355.
63. LONG (E. R.), CURTIS (J. J.) et SHEKLETON (M. C.), *Niacin content of waxy, sugary, and dent F₂ segregating kernels in corn*, Science, 1950, 111, 665.
64. MATHER (K.) et BARTON-WRIGHT (E. C.), *Nicotinic acid in sugary and starchy maize*, Nature, 1946, 157, 109.
65. RICHEY (F. D.) et DAWSON (R. F.), *A survey of the possibilities and methods of breeding high-niacin corn (maize)*, Plant Physiol., 1948, 23, 238.
66. JONES (W. W.), VAN HORN (C. W.), FINCH (A. H.), SMITH (M. C.) et CALDWILL (E.), *A note on ascorbic acid: nitrogen relationships in grapefruit*, Science, 1944, 99, 103.
67. GEDDES (W. F.) et LEVINE (M. N.), *The distribution of thiamin in the wheat plant at successive stages of kernel development*, Cereal Chemistry, 1942, 19, 547.
68. PETIT (L.), *Etude biochimique de la formation du grain de blé. II. Evolution des vitamines du groupe B et leur répartition dans l'ensemble de la plante*, Industries agricoles et alimentaires, 1950, 67, 43.
69. PETIT (L.) et PINON (H.), *Evolutor des vitamines B₁, B₂ et PP dans le Blé au cours de la croissance et de la maturation*, Bull. Ecole Meunerie Belge, 1950, 12, 51.
70. BURRELL (R. C.), BROWN (H. D.) et EBRIGHT (V. R.), *Ascorbic acid content of cabbage as influenced by variety, season, and soil fertility*, Food Res., 1940, 5, 247.
71. HANSEN (E.) et WALDO (G. F.), *Ascorbic acid content of small fruits in relation to genetic and environmental factors*, Food Res., 1944, 9, 453.
72. MAYNARD (L. A.) et BEESON (K. C.), *Some causes of variation in the vitamin content of plants grown for food*, Nutr. Abstr. Rev., 1943, 13, 154.
73. POOLE (C. F.), GRIMBALL (P. C.) et KANAPAUX (M. S.), *Factors affecting the ascorbic acid content of cabbage lines*, Journ. agric. Res., 1944, 68, 325.
74. COOPERMAN (J. M.) et ELVEHJEM (C. A.), *The B vitamin content of groats and rolled oats*, J. Nutrit., 1944, 27, 329.
75. DITZLER (L.), HUNT (C. H.) et BETHKE (R. M.), *Effect of heredity on the niacin and pantothenic acid content of corn*, Cereal Chem., 1948, 25, 273.
76. DOWNS (D. E.) et CATHCARY (W. H.), *Thiamine content of commercial wheats of the 1940 crop.*, Cereal Chem., 1941, 18, 796.

77. NORDGREN (R.) et ANDREWS (J. S.), *The thiamine content of cereal grains*, Cereal Chem., 1941, **18**, 802.
78. WHITESIDE (A. G. O.) et JACKSON (S. H.), *The thiamine content of Canadian hard red spring wheat varieties*, Cereal Chem., 1943, **20**, 540.
79. HUNT (Ch. H.), RODRIGUEZ (L. D.) et BETHKE (R. M.), *The environmental and agronomical factors influencing the thiamine, riboflavin, niacin, and pantothenic acid content of wheat, corn and oats*, Cereal Chem., 1950, **27**, 79.
80. EARLEY (E. B.), CARTER (J. N.) et JOHNSON (B. C.), *Nicotinic acid, thiamine, and carotene content of kernels of medium and high protein corn*, Agron. J., 1952, **44**, 326; Chem. Abstr., 1952, **46**, 9666.
81. LANGSTON (R.), *Effects of different concentrations of nitrate on the growth and vitamin content of oat plants*, Plant Physiol., 1951, **26**, 115.
82. MCCOY (T. A.), BOSTWICK (D. G.) and DEVICH (A. C.), *Some effects of phosphorus on the development, the B vitamin content, and the inorganic composition of oats*, Plant Physiol., 1951, **26**, 784.
83. PFÜTZER (G.), PFAFF (C.) et ROTH (H.), *The formation of vitamins by the higher plant in dependence on its nutrition*, Landwirtsch. Forsch. 1952, **4**, 105; Chem. Abstr., 1952, **46**, 11.334.
84. LOUIS (R.), *Recherches sur la biogenèse de l'acide pantothénique chez le Pisum sativum*, Experimentia, 1952, **8**, 388.
85. MCCOY (T. A.), FREE (S. M.), LANGSTON (R. G.) et SNYDER (J. Q.), *Effect of major elements on the niacin, carotene, and inorganic content of young oats*, Soil. Sc., 1949, **68**, 375.
86. MITRA (J.) et DATTA (Ch.), *Role of ascorbic acid on the growth of excised embryos of jute*, Science and Culture, 1951, **16**, 428; Chem. Abstr., 1952, **46**, 3621.
87. MURAKAMI (R.), *Effects of hormones and vitamins on crops. V. Effects of heterauxin, naphthalene acetic acid, vitamin B₁, and vitamin C on the growth and yield of rice, by the waterculture method*, J. agr. Soc. Japan, 1943, **19**, 583; Chem. Abstr., 1951, **45**, 9136.
88. SATHE (V.), VENKITASUBRAMANIAN (T. A.) et DE (S. S.), *Effect of fertilizers on the thiamine content of rice*, Science and Culture, 1952, **18**, 33; Chem. Abstr., 1953, **47**, 2918.
89. ANSORENA Y SAENZ DE JUBERA (A. de) et NAUNDOFF (G.), *Influence of vegetale hormones and growth-promoting substances on the primary development of rice*, Bol. Inst. nacl. invest. agron. (Madrid), n° 16, 1947, p. 125; Chem. Abstr., 1950, **44**, 10.237.
90. LEVINE (M.) et RICE (S. A.), *Effect of folic acid, aminopterin and vitamin K on growth of roots of Allium Cepa*. Proc. Soc. exp. biol. med., 1950, **74**, 310.
91. SCHOPFER (W. H.) et GROB (E. C.), *Vitamine K₂, acide nicotinique et photosynthèse*. Arch. Sc., Genève, 1949, **2**, 577.
92. GALSTON (A. W.), *Synergism between indoleacetic and nicotinic acids in a plant growth inhibition*. J. Biol. Chem., 1947, **169**, 465.
93. GALSTON (A. W.), *Indoleacetic-nicotinic acid interactions in the etiolated pea plant*. Plant Physiol., 1949, **24**, 577.
94. MAGGIO (G. di), *Esperienze e rilievi sull' antagonismo tra bioregolatori. I. Vitamine del gruppo B: aneurina-riboflavina*, Acta Vitaminol., 1952, **6**, 159.
95. TSAO (D. P. N.) et YOUNGKEN (H. W.), *The effects of cobalt, acetates, ascorbic acid, and cholesterol on growth and glycoside biosynthesis in Digitalis purpurea*. J. amer. pharm. assoc., 1952, **41**, 407.
96. TONZIG (S.) et TREZZI (F.), *Physiology of ascorbic acid. II. Ascorbic acid and structural viscosity of plasma*, Nuovo Giorn. ital., 1950, **57**, 515; Chem. Abstr., 1952, **46**, 9671.
97. SCHEUERMANN (R.), *The effect of water soluble vitamins on the activity of hetero auxin (indoleacetic acid), in the growth process of higher plants*, Planta, 1952, **40**, 265.

98. WHALEY (W. G.), RABIDEAU (G. S.) et MOORE (E. J.), *The growth and metabolism of excised roots in culture. I. The measurement of growth and the role of certain vitamins*. Plant Physiol., 1950, **25**, 322.
99. MAGROU (J.) et MARIAT (F.), *Action des sucres et des vitamines sur le mode de végétation du Poa annua L. en culture aseptique*, C. R. Acad. Sc., 1950, **231**, 742.
100. VIRTANEN (A. I.) et SAUBERT (S.), *The effect on plant growth of substances which lower the oxidation-reduction potential*, Z. Pflanzenernähr. Düngung u. Bodenkunde, 1949, **45**, 11; Chem. Abstr., 1950, **44**, 6921.
101. TONZIG (S.), TREZZI (F.) et NAVA (E.), *Influenza dell' acido ascorbico e dell' acido indolacetico sul ricambio idrico della pianta*, Nuovo G. bot. ital., 1952, **59**, 171.
102. BOLLI (M.), *Vitamins. V. Effects of ascorbic acid on transpiration of higher plants; relation between respiration and transpiration*, Ann. Facolta agrar Univ. Perugia, 1949, **6**, 138; Chem. Abstr., 1952, **46**, 2627.
103. FRANKE (W.), *Die Wirkung des Vitamins C auf die Atmung von Keimlingen*, Planta, 1952, **41**, 197.
104. GALSTON (A. W.), *Riboflavin, light, and the growth of plants*, Science, 1950, **111**, 619.
105. KÖGL (F.) et SCHURINGA (G. J.), *Ueber die Inaktivierung von Auxin- α -lacton bei verschiedenen Wellenlängen und den Einfluss von Carotinoiden auf die Lichtreaktion*, Z. physiol. Chem., 1944, **281**, 148.
106. WILLMAN (S. G.) et BONNER (J.), *Observations on the chemical nature and formation of auxin in the Avena coleoptile*, Amer. J. Bot., 1948, **35**, 740.
107. REINERT (R.), *Ueber die Bedeutung von Carotin und Riboflavin für die Lichtreizaufnahme bei Pflanzen*, Naturwiss., 1952, **39**, 47.
108. GALSTON (A. W.) et BAKER (R. S.), *Studies on the physiology of light action. II. The photodynamic action of riboflavin*, Amer. J. Bot., 1949, **36**, 773.
109. BONNER (J.) et ADDICOTT (F.), *Cultivation in vitro of excised Pea roots*, Bot. Gaz., 1937, **99**, 144.
110. ROBBINS (W.) et SCHMIDT (M. B.), *Growth of excised roots of the Tomato*, Bot. Gaz., 1938, **99**, 671.
111. MOREL (G.), *Recherches sur la culture associée de parasites obligatoires et de tissus végétaux*, Ann. des Epiphyties, 1948, **14**, Série pathologie végétale, Mémoire N° 5.
112. ALMESTRAND (A.), *Studies on the growth of isolated roots of barley and oats*, Physiol. Plant, 1949, **2**, 372.
113. JACQUIET (C.), *Action du méso-inositol et de l'adénine sur la formation de bourgeons par le tissu cambial d'Ulmus campestris cultivé in vitro*, C. R. Acad. Sc., 1951, **244**, 815.
114. DEYSSON (G.) et DEYSSON (M.), *Méso-inositol et division cellulaire. I. Action du méso-inositol sur la croissance et la mitose des végétaux supérieurs*, Bull. Soc. Chim. biol., 1950, **32**, 268.
115. DEYSSON (G.) et DEYSSON (M.), *Action du méso-inositol sur la germination et la croissance de diverses Angiospermes*, Bull. Soc. bot. Fr., Mémoires, 1952, p. 143.
116. RANDOIN (L.), *Pouvoirs de synthèse, vitamines, équilibre alimentaire et équilibre fonctionnel*, Revue des docteurs en pharm. France, 1952, **41**, 106, 133.