

INFLUENCE DU CALCIUM SUR LA CROISSANCE ET LA COLORATION DE *ANCHUSA ITALICA* RETZ.

— Stevan J. Jakovljević —

Pendant mes recherches expérimentales sur l'origine et le développement des cystolithes chez les Borraginées, j'ai constaté que les plantes cultivées dans le milieu aqueux ou sur le fond de sable, mais contenant une petite quantité seulement de nitrate de Calcium, devenaient déjà au commencement chlorotiques; par contre celles, cultivées en présence d'une quantité plus grande de ce sel, gardaient au commencement leur vert naturel, pour montrer plus tard les marques d'une chlorose progressive. En outre, les plantes, cultivées dans les milieux avec une quantité différente du nitrate de Calcium, montraient une vitesse de croissance variable.

Mon but n'étant pas alors l'étude de la chlorose, j'ai noté simplement les faits, en me décidant d'y revenir plus tard.

Le but de ce travail est: 1) d'établir le mode d'action du nitrate de Calcium sur la croissance, et 2) de voir si le nitrate de Calcium provoque la chlorose et cela dans quelle mesure.

La plante qui faisait l'objet des recherches, était *Anchusa italica*. On cultivait la plante dans les solutions aqueuses (d'après Knop) toujours sous les mêmes conditions extérieures. Toutes les expériences ont été effectuées dans l'Institut Botanique de l'Université de Beograd. Je dois exprimer ici à mon Maître, le Prof. Dr. N. Košanin, toute ma reconnaissance pour l'aide bienveillante et les conseils précieux qu' il m'a prodigués au cours de ce travail.

Historique.

Déjà en 1857, Arthur Gris avait remarqué que chez les plantes, vivant sous les conditions ordinaires, c. à d. dans l'air et dans la lumière, peuvent apparaître les feuilles d'une coloration jaune pâle. Il s'est borné à constater le fait, en définissant

la chlorose comme un état dans lequel la plante s'allonge, faiblit et change de couleur des feuilles, — mais sans parler des causes qui provoquent un pareil état.

La question de la chlorose végétale a été plus tard beaucoup travaillée, mais les différents auteurs ne sont point d'accord sur la définition de la chlorose. J. Cl. R o u x (1900), dans sa monographie détaillée sur la chlorose, expose les différentes opinions relatives à la chlorose et dont nous exposerons quelques' unes; il y donne aussi son opinion personnelle suivant laquelle la chlorose ne doit pas être considérée comme une maladie mais bien comme un état de dystrophie qui peut atteindre les Phanérogames, les Cryptogames vasculaires, les Mousses et les Thallophytes.

E m i l e M o l z (1907) considérait cependant la chlorose comme un état de maladie se manifestant dans la décoloration des feuilles et des pousses en général.

En ce qui concerne les causes provoquant la chlorose, elles sont variées, suivant les différents auteurs. Nous en prendrons ici en considération celles qui ont été démontrées expérimentalement.

M a z é, dans ses expériences sur le maïs, a trouvé que la chlorose apparait dans l'absence des composés de soufre; O. L o e w a observé que la chlorose apparait dans l'absence de l'acide phosphorique. K n o p (1863) dit que „la chlorose se manifeste grâce à des causes différentes: à la suite d'un trouble général de la nutrition, et peut-etre à la suite du manque de fer“. — J. S a c h s est plus précis et affirme que la chlorose apparait comme la suite du manque de fer. Cette même opinion est admise par beaucoup d'autres auteurs. Cependant L. R a v a z (1899) croit que la chlorose de la vigne n'apparait que lorsque le sol est calcaire. E. M o l z se place au même point de vue, au moins en ce qui concerne la vigne. Plusieurs auteurs ont généralisé cette dernière opinion et en ont tiré la conclusion qu'une trop grande quantité de carbonate de Calcium est la cause principale de la chlorose. Mais plus tard, on a observé que toutes les plantes ne se conduisent pas de la même manière par rapport au carbonate de Calcium: certaines plantes supportent ce sel, pendant que chez les autres la chlorose apparait lorsqu'elles vivent sur le sol calcaire. C'est U n g e r qui a fait le premier une classification des plantes d'après leur comportement vis à vis du carbonate de Calcium. Il a en outre constaté qu' il y a aussi des plantes qui restent indifférentes envers le carbonate de Calcium. Plus tard, *Cottjean* classe les plantes dans

les *calcicoles*, *silicicoles* et *indifférentes*. J. Cl. Roux parle des plantes *calcicoles* et *calcifuges*. Il insiste surtout sur ces dernières, en examinant le degré de chlorose de leurs feuilles lorsqu'elles poussent sur le sol calcaire.

Stahl classe les plantes calcicoles en plantes „carbonatées“ et en plantes „oxalatées“ suivant que leurs tissus contiennent du carbonate ou de l'oxalate de Calcium.

Grâce à des expériences de nombreux auteurs, on a établi que les plantes calcifuges, resp. silicicoles ne souffrent pas le sol contenant une grande quantité de carbonate de Calcium. Roux pense que ce sel rend l'acidité de suc cellulaire plus faible, et augmente son alcalinité. Il augmente également l'alcalinité du protoplasme, change ses propriétés physiologiques et son activité fonctionnelle. Tous ces changements exercent une grande influence sur la croissance de la plante, et ont comme conséquence la production des leucites et la chlorose.

Comme on le voit, la question est intéressante. Bien qu'on y ait travaillé beaucoup, il y a encore maints problèmes insuffisamment expliqués et des opinions contradictoires. C'est surtout le cas de la question de l'effet de Calcium. Je désirerais, par ce travail, contribuer dans une certaine mesure à la connaissance de l'action du Calcium sur la constitution de la plante.

Anchusa italica, que j'ai choisie comme objet des expériences suivantes, entre dans le groupe de plantes calcicoles et carbonatées, dans le sens de Stahl.

Il n'est pas sans intérêt de préciser la manière dont se comportent les plantes carbonatées envers le degré de concentration du nitrate de Calcium. Ce sel est assimilé en ions Ca^+ et NO_3^- , et le Ca libre entre, dans la feuille verte, en réaction avec H_2CO_3 pour donner le bicarbonate de Calcium. En dégageant ensuite CO_2 il se dépose dans les cellules végétales sous forme de CaCO_3 . En mettant ce sel à la disposition de la plante, en quantités différentes, il était nécessaire d'établir comment il agit 1) sur la croissance et 2) sur le développement et la coloration des chloroplastes.

Cependant, comme certains auteurs (J. Stahl et autres) ont établi expérimentalement que la chlorose apparaît aussi par suite du manque de fer dans le sol, j'ai pris également ce fait en considération. Les expériences ont été faites soit avec des quantités normales de chlorure de fer en solution, soit avec des quantités très grandes, soit enfin avec des solutions où ce sel faisait défaut.

Partie expérimentale.

A. Effet du nitrate du calcium sur la croissance.

En étudiant autrefois (1924) l'effet du nitrate de calcium sur le développement des cystolithes, j'ai constaté que *Anchusa italica* ne peut pas croître dans un milieu sans calcium. Dans un pareil milieu, la première feuille croît d'abord jusqu'à une longueur d'un demi centimètre, puis arrête sa croissance; plus tard, la plante entière périt. Ce fait est souligné également par Mevius chez les autres plantes, et il parle „de la nécessité du calcium pour les plantes supérieures“. Même avant cet auteur, Liebenberg affirmait que le calcium est nécessaire pour la germination des graines. Cependant, dans les solutions contenant même des quantités minimales de nitrate de calcium, les plantes continuent à croître; en effet, comme cela a été établi par Hans ten, les ions *Ca* neutralisent complètement l'effet nocif des ions *K* et *Mg*. Ce n'est qu'au point de vue de la vitesse de la croissance qu'on constate les différences, suivant que la solution contient une quantité plus ou moins grande de ce sel.

Les expériences que j'ai entreprises pour expliquer ces phénomènes, m'ont donné certains résultats que j'exposerai ici.

C'est la solution de Knop qui a été prise comme base des milieux aqueux de culture. Deux solutions, *A* et *B*, contenant chacune des substances déterminées, ont été employées. On changeait la composition de la solution *B*, pendant que celle de la solution *A* restait sans changement. On mélangeait les deux solutions *A* : *B* en proportion de 10 : 4.

Le milieu de la première expérience se composait de la solution *A*, contenant :

aqua destill.	. . . . .	1000 gr.
MgSO ₄	. . . . .	1 "
KH ₂ PO ₄	. . . . .	1 "
KNO ₃	. . . . .	1 "

solution *B*, contenant :

aqua destill.	. . . . .	400 gr.
Ca (NO ₃) ₂	. . . . .	½ "
Fe ₂ Cl ₆	. . . . .	1 goutte.

La solution pour la deuxième expérience était la même que celle pour la première expérience, avec cette différence que la solution *B* contenait Ca(NO₃)₂ 10 gr.

Les graines de *Anchusa italica*, ayant déjà germé dans l'eau distillée, sont mises le même jour (25-V-1925) dans les solutions correspondantes. Les résultats sont notés tous les deux jours, comme on peut le voir dans le tableau I.

Tab. I.

Date	Composition de la solution											
	Mélange: A + B: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \frac{1}{2}$ gr., Fe_2Cl_6 -1 goutte							Mélange: A + B: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -10 gr. Fe_2Cl_6 -1 goutte				
	Apparition et grandeur des feuilles en cm.							Apparition et grandeur des feuilles en cm.				
	Coty- lédo- nes	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	Coty- lédo- nes	I.	II.	III.
25-V	écar- tés 2								fer- més 1			
27-V	2.3	0.3						1.5				
29-V	3.5	1						2	0.1			
1-VI	4	4	1					2.5	1			
3-VI	4	7	2.5					2.5	2			
5-VI	4	9.5	4	0.3				2.7	3.5			
7-VI	4	11	6.5	1				2.7	4			
9-VI	4	15	10	3				2.8	5.5			
11-VI	4	16	14	5.5				2.9	6.5	0.1		
13-VI	4	17	16	7.5	2			2.9	7	0.2		
15-VI	4	19	17.5	10	4			3	8	1		
17-VI	4	20	19	13	6	1.5		3	8.5	1.5		
19-VI	4	21	20	15	9	2		3	9	2.5		
21-VI	4	22	20	16	11	4	1	3	10.5	4		
26-VI	4	22.5	20.5	17	13	7	3	1	3	11	9	0.4
28-VI	4	22.5	21	18	15	9	3.5	1.5	3	11.3	10	1
30-VI	4	22.5	21	18.5	15.5	10	4	2	3	12	10.5	1.5

Les expériences analogues, avec les solutions de même composition, ont donné des résultats semblables.

L'inégalité de la croissance des plantes étudiés, se manifestait dans la longueur et le nombre de feuilles.

On a calculé l'accroissement moyen journalier de toutes les feuilles, nécessaire pour que la longueur constatée le 35-e jour soit atteinte. Voici les résultats de ce calcul:

a) l'accroissement moyen journalier des feuilles des plantes dans la solution contenant $\frac{1}{2}$ gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ était 2,7 cm.

b) dans la solution contenant 10 gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, ce même accroissement était 0,7 cm.

Rapport entre les deux valeurs 2,7: 0,7 égal environ 4:1. Il s'en suit que la plante mise en solution contenant $\frac{1}{2}$ gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ montrait une croissance quatre fois plus rapide que celle de la plante mise dans la solution contenant 10 gr. du même sel (0,70%). Ce même rapport de croissance se laisse voir sur la fig. 1.

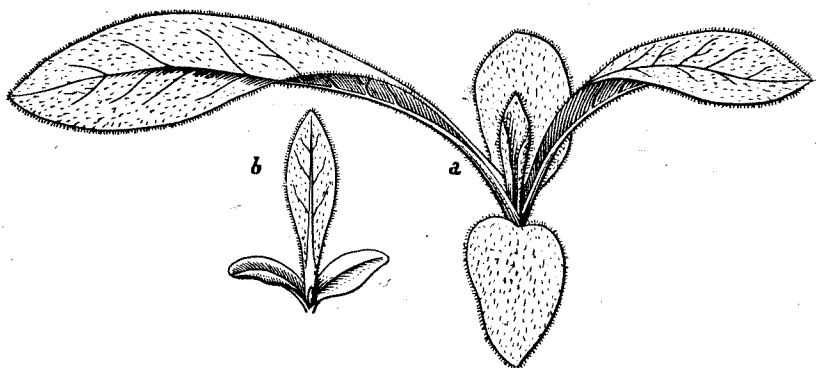


Fig. 1. *Anchusa italica*. a: Solution avec $\frac{1}{2}$ gr. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; b: Solution avec 10 gr. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. — Au bout de 17 jours.

Ensuite, dans la solution contenant 0,03% de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ les cotylédones de la plante atteignaient leur longueur maximale déjà le 7-e jour, pendant que cette même longueur, dans la solution contenant 0,70% de ce sel, n'était atteinte qu'au bout de 20 jours.

La plante, dans la première solution, avait développé au cours de 35 jours 7 feuilles, pendant que dans la deuxième solution et pour la même durée, elle ne montrait que trois feuilles développées.

Comme dans les solutions utilisées pour les expériences décrites, seulement la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ variait on doit admettre:

que l'inégalité dans le nombre et la croissance des feuilles est la suite de l'action de ce même sel.

Cependant, une question s'impose dans ces expériences : des deux ions, Ca^{+} et NO_3^{-} , lequel exerce l'action sur la croissance de la plante?

Pour éclairer cette question, on a effectué les expériences suivantes.

1) On a éliminé, dans la solution de Knop, le sel $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. L'élimination de ce sel ne met point en jeu la loi de minimum en ce qui concerne l'ion NO_3 , puisque ce même ion se trouve dans la solution comme faisant partie du sel KNO_3 . Cependant, les plantes ne pouvaient pas croître, ce qui s'explique par l'absence de l'ion Ca.

On pourrait remarquer que le minimum de NO_3 n'était peut-être point suffisamment donné dans la quantité déterminée de KNO_3 . Pour s'en convaincre, les expériences suivantes ont été effectuées.

2) On a pris deux solutions, dont l'une contenait 2 gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et l'autre une quantité égale de $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, substituant le premier sel. On a fait cette substitution par ce que les deux éléments, Ca et Sr sont très voisins et appartiennent au même groupe dans le système périodique des éléments. L'ion NO_3 se trouvait dans les deux solutions en quantités égales.

Les graines ayant germé dans l'eau distillée, ont été placées le même jour (25-V) dans les solutions correspondantes. Les rapports de croissance sont représentés dans le tableau II et la fig. 2.

Le tableau III contient les résultats au bout de 30 jours, ce qui rend la comparaison plus facile. (Les chiffres romains désignent les feuilles par ordre de leur apparition, et les chiffres arabes leur longueur en centimètres).

Les plantes avaient le même nombre de feuilles, mais celles des plantes placées dans la solution avec $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ poussaient presque quatre fois plus rapidement que celles des plantes placées dans la solution avec $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$. Ces expériences montrent que Sr ne peut pas remplacer Ca, bien que la quantité de NO_3 fut la même dans les deux solutions. Il s'en suit que les variations dans la croissance dans les expériences ultérieures du même ordre où l'on variait la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, sont à expliquer par l'effet de l'ion Ca.

Tab. II.

Date	Composition de la solution													
	Mélange: A + B: $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 = 2 \text{ gr.}$, $\text{Fe}_2 \text{Cl}_6 = 1 \text{ goutte}$						Mélange: A + B: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 2 \text{ gr.}$, $\text{Fe}_2 \text{Cl}_6 = 1 \text{ goutte}$							
	Appartion et grandeur des feuilles en cm.						Appartion et grandeur des feuilles en cm.							
	Coty lédo- nes	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	Coty lédo- nes	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
25-V	demi écar- tés							demi fer- més						
27-V	1						1							
29-V	1.3						1.3							
1-VI	2	0.1					2	0.2						
3-VI	2.5	0.4					3	1.7						
5-VI	2.5	1.2					3.5	3.1	0.1					
7-VI	2.8	1.3					3.5	4.5	1					
9-VI	2.8	2.5	0.2				3.5	7	2					
11-VI	3	3.5	0.4				4	9	3.5					
13-VI	3	4	1				4	10	5	0.2				
15-VI	3	4.2	2				4	14	9	1				
17-VI	3	4.2	2.5				4	15	12	2				
19-VI	3	4.2	3	0.1			4	16.7	13.5	4				
21-VI	3	4.5	4	0.2			4	18	15	6	1.5			
26-VI	3	4.5	4	1.5	0.3		4	19	17.5	13	6			
28-VI	3	5	4.2	2	1.2	0.1	4	20	19	15	7	1		
30-VI	3	5	4.3	2.2	1.5	1	0.3	4	21	20	16	9	2	1

Tab. III.

Solution B	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 2 \text{ gr.}$	21	20	16	9	2	1
$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 = 2 \text{ gr.}$	5	4.3	2.2	1.5	1	0.5

Bien que Sr et Ca soient des éléments très proches, ils pénètrent d'une manière inégale dans la plante. Cette inégalité de pénétration est en rapport avec leur poids atomique, comme cela a été déjà signalé par H. Golin et J. de Ruz de Lawison. Comme le poids atomique de Sr est 87, et celui de Ca 40, il est très probable que l'inégalité de la croissance des plantes

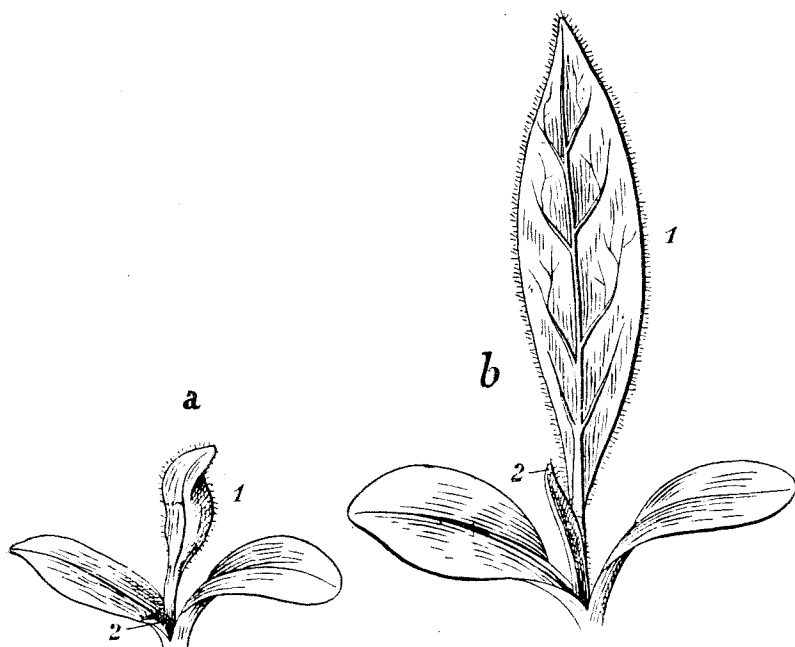


Fig 2 Croissance de *Anchusa italica*. a: Solution avec 2 gr. $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$; b: Solution avec 2 gr. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. 1 = première feuille, 2 = deuxième feuille.

(environ quatre fois plus rapide dans la solution contenant le Ca) est en rapport avec l'inégalité de pénétration de ces éléments dans la plante. Il est évident, par conséquent, que le Ca ne peut pas être remplacé par Sr, par une autre base quelconque non plus, comme cela a été confirmé aussi par Boehm et Fack.

La Fig. 3 illustre d'une manière graphique les résultats des expériences citées. Les chiffres I-VII désignent les feuilles par ordre de leur apparition chronologique; les chiffres 1-23 désignent la longueur des feuilles en centimètres. La même figure note également l'état chlorotique des premières feuilles. Ainsi, la première feuille de la solution contenant 0,03% de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ est au II degré de la chlorose, celle de la solution contenant 0,12% de

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ est au I degré de la chlorose, et enfin celle de la solution contenant 0,70% de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ est complètement verte.

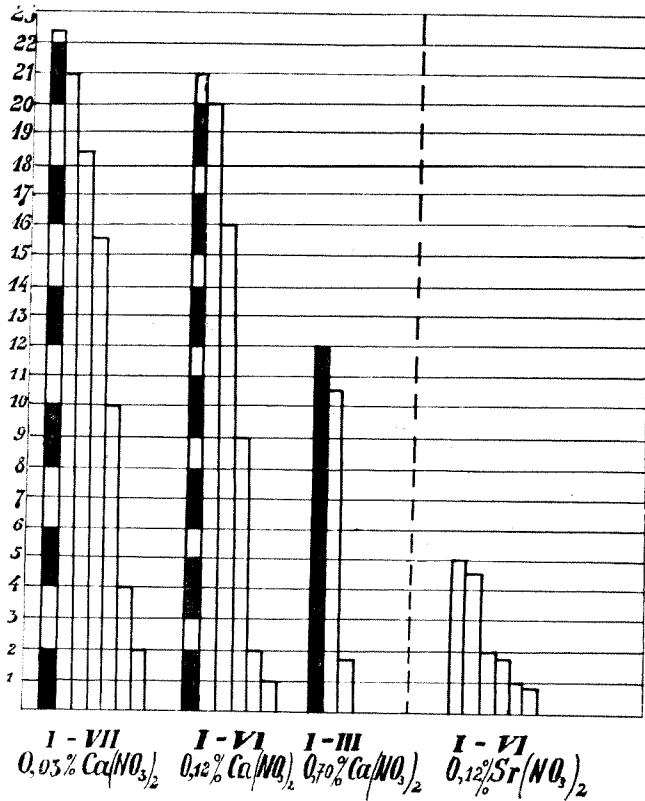


Fig. 3.

La même figure montre également que la croissance des plantes étudiées est en proportion inverse avec la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. La vitesse de croissance et le degré de la chlorose sont plus grands chez les plantes mises dans la solution avec une quantité plus petite de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; par contre, la croissance est plus lente et le degré de la chlorose est moins élevé chez les plante mises dans la solution contenant une quantité plus grande de ce même sel.

Comme dans toutes les expériences citées, les plantes poussaient simultanément et sous les mêmes conditions, on doit se demander lequel des deux cas de la croissance est normal pour la plante.

On ne peut répondre à cette question qu'après avoir examiné les autres phénomènes se manifestant au cours de la croissance, notamment celui de la chlorose. On a constaté que les feuilles des plantes deviennent, au cours de la croissance, plus ou moins chlorotiques. Cependant, le degré de la chlorose n'était pas le même dans tout les cas, et cette dernière ne se manifestait pas au même moment dans les différents cas. Comme toutes les conditions vitales, — exception faite de la quantité variable de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ — étaient les mêmes pour toutes les plantes, on peut admettre que c'est bien $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dont une quantité déterminée provoque l'état chlorotique chez les plantes étudiées.

B. Effet du $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ sur la coloration des feuilles.

Le degré de l'état chlorotique se manifeste par des signes extérieurs. Suivant ces signes, on peut distinguer les degrés suivants de la chlorose, établis par Roux (1900):

Le I degré de la chlorose est caractérisé par une légère diminution de la teinte verte des feuilles;

Le degré II se caractérise par ce que les feuilles présentent, par places, entre les nervures, une teinte vert pâle ou vert jaunâtre, et souvent même tout à fait jaunâtre;

Au III degré de la chlorose, les espaces internerviens sont franchement jaunes, avec des parties verdâtres suivant les nervures seulement. Ce degré de la chlorose est déjà très grave pour la plante.

Le degré IV de la chlorose se caractérise par les feuilles complètement jaunes, même au niveau des nervures. Les feuilles prennent parfois une teinte jaune pâle, ou blanc crémeux; c'est la phase de la mort. Ce degré de la chlorose est le plus grave pour la plante.

Dans les expériences exposées plus loin, on mettait les graines, ayant déjà germé dans l'eau distillée, dans la solution de Knop.

1. Expérience

La solution B contenait, à côté des autres substances, $\frac{1}{2}$ gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et une goutte de chlorure de Fer. La plante a été mise dans la solution le 23-V-1925.

Résultat:

Première feuille — Au stade plus jeune, ayant une longueur de 7 cm., la feuille se trouve au I degré de la chlorose. Mais

au fur et à mesure de la croissance, les signes du II degré de la chlorose se manifestaient de plus en plus, d'abord à la base du limbe; au bout de 37 jours la feuille a atteint la longueur de 22 cm. et se trouvait, toute entière, au II degré de la chlorose.

Deuxième feuille — Se trouve, au bout de 37 jours, au II degré de la chlorose.

Troisième feuille — Atteint au bout de 11 jours la longueur de 2,5 cm. et se trouve alors au I degré de la chlorose, passant par places au II degré. Ayant atteint la longueur de 19 cm. la feuille se trouve entièrement au II degré de la chlorose, passant par places au III degré.

Quatrième feuille — Déjà au commencement de sa croissance, cette feuille montre les signes visibles de la chlorose au III degré: la feuille est jaune, et ce n'est qu'au niveau des nervures qu'on observe la teinte verdâtre. Elle était la même au bout de 37 jours, ayant atteint la longueur de 18 cm.

Cinquième feuille — Montre des signes uniformes de la chlorose au IV degré; la feuille est entièrement jaune.

Sixième feuille — Au bout de 37 jours se trouve au IV degré extrême de la chlorose; sa teinte est jaune-blanchâtre.

Huitième feuille — Complètement blanche.

Neuvième feuille — A cause de la forte pubescence de la feuille, il n'était pas possible de déterminer le degré de la chlorose.

Pendant toute la durée de la croissance, la plante se trouvait dans la même solution qu'on ne renouvelait pas. Il est fort probable que les changements dans la proportion quantitative des différents composés de la solution par suite de la nutrition de la plante pendant sa croissance, exerçaient une influence considérable à la teinte des feuilles.

C'est pourquoi, au bout de 37 jours, la plante fut mise dans une solution fraîche, ayant d'ailleurs la même composition que la première.

Au bout de 10 jours, on constatait que les quatre premières feuilles sont devenues légèrement plus grandes, mais en conservant leur teinte ancienne. La cinquième feuille, qui se trouvait auparavant au IV degré de la chlorose, revient au III degré puisqu'on observe, au niveau des nervures, notamment au niveau de la nervure médiane, la teinte verte qui revient. La sixième feuille qui auparavant avait la teinte blanchâtre, montre maintenant une teinte verte claire, plus foncée au niveau des nervures.

La septième feuille se trouve au II degré de la chlorose, bien qu'elle fût au moment de la mise dans la solution fraîche, au IV degré. La huitième feuille, qui auparavant ne mesurait que 4 mm. et montrait des signes du IV degré de la chlorose, a atteint maintenant 4 cm. de longueur et se trouve au II degré de la chlorose. La neuvième feuille mesurait avant 1 mm. seulement; au bout de 10 jours du séjour de la plante dans la solution fraîche, mesure la longueur de 3,5 cm. et se trouve également au II degré de la chlorose.

Résumé. — On constate que les premières feuilles sont moins chlorotiques que les suivantes. On pourrait admettre que ce fait montre un certain rapport avec la disparition du sel de la solution dont le défaut provoque la chlorose. Il est important de constater que les deux premières feuilles se trouvent au II degré de la chlorose. — En changeant la solution, la chlorose diminue, d'abord dans les feuilles les plus jeunes, mais cette diminution de la chlorose devient moins visible en observant les feuilles plus âgées, chez lesquelles on ne constate point un changement particulier de la teinte.

En mettant la plante dans la nouvelle solution de même composition, les feuilles les plus jeunes passent du degré IV au degré II de la chlorose, pour y rester. On pourrait en conclure que la solution contenant $\frac{1}{2}$ gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et une goutte de chlorure de fer provoque principalement le II degré de la chlorose.

2. Expérience

Cette expérience sert comme contrôle de la première.

La solution de Knop avait la même composition que celle de la première expérience. La plante a été mise dans la solution le 26-V-1925.

Les résultats de cette expérience étaient presque identiques à ceux de la première expérience.

Ici aussi, on a renouvelé la solution, mais en changeant sa composition, à savoir: la solution fraîche B contenait au lieu de $\frac{1}{2}$ gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 5 gr. de ce sel, et point de Fe_2Cl_6 qu'on éliminait. La solution a été renouvelée le 9-VII. Voici les résultats au bout de 10 jours (19-V).

Les feuilles plus âgées étaient fraîches, mais leur teinte n'était pas changée. Ce n'est que les feuilles 6 et 7 qui montraient de légers changements. La sixième feuille a pris la teinte verte à la base seulement du limbe, pendant que le reste était

sans changement. La septième feuille a pris une teinte légèrement verte suivant toute sa longueur, en passant ainsi du IV degré au III degré de la chlorose. Pendant ce temps une nouvelle feuille, huitième, complètement verte et mesurant 1 cm., s'est développée.

Résumé. — Dans la première partie de l'expérience, pendant que la solution contenait $\frac{1}{2}$ gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et une goutte de Fe_2Cl_6 , les résultats, en ce qui concerne la teinte des feuilles, étaient presque complètement identiques à ceux de la première expérience.

Dans la deuxième partie de l'expérience, avec la solution renouvelée, mais dans laquelle on éliminait le Fe_2Cl_6 et augmentait la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ à 5 gr., on constate les faits suivants :

a) Les nouvelles feuilles, de même que les anciennes en s'accroissant, prennent une teinte plus verte, bien que le Fe_2Cl_6 fasse défaut dans la solution. Il est très probable que les réserves de Fer, conservées dans la plante de la première partie de l'expérience, se faisaient sentir.

b) L'accroissement journalier de la nouvelle feuille fait 1 mm. seulement, ce qu'on pourrait expliquer par la quantité plus grande de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ contenue dans la solution renouvelée.

3. Expérience. —

La solution B contenait $\frac{1}{2}$ gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et 6 gouttes de Fe_2Cl_6 . La plante a été mise dans la solution le 23-V.

Résultats le 30-VI.

Première feuille mesurant 1,3 cm. sans chlorose.

Deuxième " " 1 " se trouve au degré I de la chlorose

Troisième " " 1,2 " " " " " I " " "

Quatrième " " 1,2 " " " " " I " " "

Résumé. — La croissance est réduite au minimum, ce qui provient sans doute de la grande quantité de Fe_2Cl_6 qui a provoqué les grands changements dans l'aspect et dans la croissance de la plante. Il est important à souligner le fait que les feuilles montrent le I degré de la chlorose, bien que la solution contienne une grande quantité de Fe_2Cl_6 .

4. Expérience. —

Cette expérience est l'inverse de la troisième. Pendant que dans cette dernière $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ se trouvait au minimum, et Fe_2Cl_6

en quantité augmentée, ici on augmentait la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et on réduisait la quantité de Fe_2Cl_6 au minimum.

La solution B contenait 2 gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et une goutte de Fe_2Cl_6 . La plante était mise dans la solution le 28-V.

Résultats le 11-VII

Première feuille	mesure	16 cm.,	et se trouve au degré I	de la chlorose.
Deuxième	"	"	18 " " " " " "	I " " "
Troisième	"	"	19 " " " " " "	II " " "
Quatrième	"	"	11 " " " " " "	II " " "
Cinquième	"	"	6 " " " " " "	III " " "
Sixième	"	"	3 " " " " " "	IV " " "

Résumé. — Par rapport à la première expérience, où la solution contenait seulement $\frac{1}{2}$ gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, on constate ici une amélioration quant au degré de la chlorose. Bien que la quantité de Fe_2Cl_6 fût la même dans les deux expériences, les premières feuilles de la première expérience se trouvent au II degré de la chlorose, pendant qu'elles sont ici au I degré. Comme la différence entre les deux expériences consistait dans la quantité différente de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, on peut affirmer avec assez de certitude que l'amélioration de l'état chlorotique de la plante dans la dernière expérience est due à la quantité plus grande de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, contenue dans la solution de cette expérience.

5. Expérience. —

Dans la deuxième expérience, pendant la renouvellement de la solution, on éliminait Fe_2Cl_6 et on augmentait la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Les nouvelles feuilles étaient vertes, ce qui venait probablement de la présence dans la plante des réserves de Fer provenant de la solution de la première partie de l'expérience.

Dans cette expérience, la solution B avait au commencement 5 gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ mais point de Fe_2Cl_6 . La plante a été mise dans la solution le 25-V-1925.

Résultats le 6-VII.

La première feuille mesure 16 cm., sans chlorose.

La deuxième feuille mesure 15 cm., sans chlorose, sauf dans la partie inférieure de la moitié droite du limbe, qui montre les signes du I degré de la chlorose.

La troisième feuille est chlorotique au III degré.

La quatrième " " " " IV "

Les feuilles cinquième, sixième et septième se trouvent également au IV degré de la chlorose.

On constate ici que les premières feuilles de la plante sont complètement vertes bien que la solution ne contienne point de Fe_2Cl_6 .

Ce même jour (6-VII), la plante fut mise dans une nouvelle solution, de même composition que la première.

Résultats :

Au bout de trois jours, on constate les changements de la teinte. La première et la deuxième feuilles restent sans changement.

Troisième feuille: sa moitié gauche devient complètement verte, pendant que la moitié droite reste toujours au III degré de la chlorose.

Quatrième feuille: devient complètement verte.

Les feuilles cinquième, sixième et septième reviennent au II degré de la chlorose.

Observations le 17-VII:

Toutes les feuilles gardent la même teinte qu'elles avaient auparavant. Pendant ce temps une nouvelle feuille, huitième, apparaît, longue 2,5 cm., complètement verte.

Résumé: La plante, bien qu'elle poussait dans une solution sans Fe, possédait la teinte verte, surtout les deux premières feuilles lesquelles ne montraient point les signes de la chlorose. Par suite de la nutrition de la plante, la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ diminuait au cours de l'expérience, et cette diminution avait sans doute comme conséquence l'apparition de la chlorose chez les feuilles plus jeunes. En renouvelant la solution, la chlorose diminuait sans toutefois disparaître, et les feuilles montraient une teinte plus verte. Cela s'observait surtout chez les feuilles qui se trouvaient au IV stade extrême de la chlorose, et qui revenaient au II degré.

Ici on doit tenir compte des réserves des sels de Fe contenues dans le germe. Etant donné que la chlorophylle ne contient point de Fe, (Benecke, Molisch, Gautier), et que l'action des sels de Fe est plutôt catalytique, on peut concevoir que même la petite quantité de Fe contenue dans le germe, puisse exercer une certaine influence sur la teinte, à la condition toutefois que la solution contienne une quantité suffisante de composés de Ca.

6. *Expérience*: —

La solution B contenait 10 gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et une goutte de Fe_2Cl_6 . La plante fut mise dans la solution le 23-V-1925.

Résultats le 17-VII

Première feuille mesure 11 cm., sans chlorose.

Deuxième „ „ 13 cm., „ „

Troisième feuille „ 16 cm., et se trouve au II degré de la chlorose. Il est à signaler que dans les endroits chlorotiques $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ne se précipite point à la base, — ce qui se laisse voir même à l'oeil nu, — mais seulement dans les endroits verts.

Quatrième feuille mesure 11 cm. est envahie par le dernier stade du II degré de la chlorose.

Cinquième feuille 8 cm., et se trouve au III degré de la chlorose.

Sixième „ 6 cm., „ „ „ „ III „ „ „ „

Septième „ 5 cm., „ „ „ „ III „ „ „ „

Huitième „ 2 cm., „ „ „ „ III „ „ „ „

Neuvième „ 1 cm., mais à cause de sa forte pubescence il est difficile de déterminer le degré de son état chlorotique.

Résumé. — Racine ramifiée mais massive. Ceci concorde avec les expériences effectuées par H a n s t e e n qui a établi que la racine de la plante dans une solution contenant assez de sels de Ca, „est de consistance ferme“. H a n s t e e n attribue ce développement de la racine au rapport favorable de K et Ca dans la solution.

La deuxième et la troisième feuilles s'accroissent plus rapidement que la première, ce qui se laisse expliquer par la diminution de la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dans la solution. Au fur et à mesure de cette diminution des sels nutritifs dans la solution, la teinte verte des feuilles devenait de plus en plus claire, mais la chlorose se maintenait au III degré, sans arriver au dernier degré pendant que les deux premières feuilles restaient complètement vertes.

Si nous comparons cette expérience avec la première, dans laquelle la solution ne contenait que $\frac{1}{2}$ gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et une goutte de Fe_2Cl_6 nous constaterons les différences bien nettes. Pendant que dans la première expérience les premières feuilles se trouvent au II degré de la chlorose, et les autres au III et IV degrés, dans la dernière expérience les deux premières feuilles sont complètement vertes, et l'état chlorotique des autres feuilles se maintient au III degré.

7. Expérience. —

Parallèlement à la 6. expérience, on a effectué une autre, dont la solution avait la même composition que la précédente, à savoir, la solution B contenait 10 gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et une goutte de Fe_2Cl_6 . La plante a été mise dans la solution le 25-V-1925.

Observations le 17-VII.

Première feuille mesure	12 cm.,	sans chlorosé.
Deuxième " "	15 cm.,	" "
Troisième " "	12,5 cm.,	" "
Quatrième " "	1,5 cm.,	" "

Résumé. — La croissance est plus lente que chez les plantes qui ont été mises dans les solutions avec une quantité plus petite de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. La racine est massive. La plante est complètement verte, sans chlorose. Comme c'est une plante „carbonatée“, on constate dans ses feuilles la précipitation nette de CaCO_3 sous forme de points blancs à la base des poils.

Pour voir si le CaCO_3 , précipité sous forme solide, peut être de nouveau utilisé, j'ai transporté la même plante de la solution contenant 10 gr. (0,70%) de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, dans la solution avec 2 gr. de même sel. Cela a été fait le 26-VII-1925; la plante y restait 5 jours, pour être de nouveau transportée dans une solution qui ne contenait point de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Le jour où la plante fut mise dans la nouvelle solution, l'état de ses feuilles était le suivant:

Première feuille longue 14 cm., sans chlorose. A la base des poils on observe, à l'oeil nu, des points blancs, cystolithes remplis de CaCO_3 . Deuxième feuille mesure 16 cm., sans chlorose, avec les points blancs à la base des poils. La troisième feuille mesure 14 cm., sans chlorose. Les points blancs à la base des poils sont également visibles.

Quatrième feuille mesure 5,5 cm., sans chlorose, mais aussi sans points blancs à la base des poils, ce qui signifie que la feuille contient CaCO_3 à l'état dissous seulement.

La cinquième feuille mesure 1 cm.; l'état de sa teinte ne se laisse point constater à cause de la forte pubescence. On n'y observe des points blancs non plus.

Observations le 5-VIII-1925.

Première, deuxième et troisième feuilles complètement vertes. A la base de leurs poils les points blancs persistent.

Quatrième feuille mesure 6,5 cm., et montre les signes de la chlorose au II degré. Les points blancs à la base des poils ne sont pas visibles. Cinquième feuille mesure 7 cm., et se trouve au III degré de la chlorose. Points blancs non visibles.

Sixième feuille mesure 4,5 cm., et se trouve au III degré de la chlorose; points blancs non visibles.

Septième feuille mesure 1 cm.; le degré de son état chlorotique ne se laisse point constater à cause de la forte pubescence. Points blancs non visibles.

Résumé. — Avec la diminution de la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dans la solution, les nouvelles feuilles plus jeunes sont devenues chlorotiques. Cependant cette diminution de la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ reste sans aucun effet sur la teinte des feuilles déjà formées (première, deuxième, troisième).

Le 5-VIII, la plante a été mise dans la solution ne contenant point de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Observations le 15-VIII.

Première, deuxième et troisième feuilles conservent leur teinte d'avant, mais sont fanées. A la base des poils on observe des points blancs nets.

Quatrième feuille est au III degré de la chlorose; elle mesure 6,5 cm., sans points blancs.

Cinquième feuille est au IV degré de la chlorose, mesure 8 cm., sans points blancs.

Sixième feuille est au IV degré de la chlorose, mesure 5 cm., sans points blancs.

Septième feuille est au IV degré de la chlorose, mesure 1,5 cm., sans points blancs.

Résumé. — Avec la diminution de la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dans la solution, le degré de la chlorose augmente, bien que la quantité de Fe_2Cl_6 dans la solution restait la même. Dans la solution aqueuse, sans $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ la croissance s'arrête, et la plante dépérit. *CaCO_3 précipité sous forme solide dans les feuilles plus âgés n'est pas utilisé chez An. italica.*

Considérations générales.

Tous les degrés de la chlorose ne se laissent point constater sur une seule et même feuille, mais seulement en suivant le développement de la plante entière. Ainsi la feuille, qui montre déjà au commencement le degré II de la chlorose, reste

toujours à ce même degré, sans l'augmenter. Cependant la feuille suivante, montre un degré plus avancé de la chlorose; enfin les feuilles qui apparaissent à la suite, se trouvent au dernier degré de la chlorose. Par conséquent la chlorose est progressive et se manifeste de plus en plus au cours du développement de la plante.

Ce fait peut être expliqué de la manière suivante. D'après B. J. Seissl (Biochemie der Pflanzen — F. Czapek), au cours de la croissance, la quantité des sels de Ca dans les feuilles augmente constamment. Ainsi Grandeau et Fliche ont constaté pour *Robinia* que la quantité des sels de Ca dans les feuilles, pendant la période du 2. mai au 7. septembre, augmente constamment, de 20,82% à 72,97%. Lorsqu' on tient compte de ce fait que les plantes dans les expériences poussaient dans les solutions qu' on ne changeait pas pendant un certain temps, on peut comprendre pourquoi le degré de la chlorose augmente. Plus la feuille est âgée, plus la quantité de Ca qu' elle contient augmente, resp. plus la quantité de Ca dans la solution diminue. Par suite de la diminution de la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dans la solution, le degré de la chlorose chez les feuilles plus jeunes augmente.

On est le plus près de la réalité si on ne considère que les premières feuilles, pendant que la solution est encore complète. On constate alors:

A) Première feuille de la plante mise dans solution avec $\frac{1}{2}$ gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et une goutte de Fe_2Cl_6 montre le degré II de la chlorose;

Première feuille de la plante mise dans la solution avec 2 gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et une goutte de Fe_2Cl_6 montre le degré I de la chlorose;

Première feuille de la plante mise dans la solution avec 5 gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ mais sans Fe_2Cl_6 n'est pas chlorotique, et enfin.

Première feuille de la plante mise dans la solution avec 10 gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et une goutte de Fe_2Cl_6 , n'est pas chlorotique.

Il s'en suit qu'avec l'augmentation de la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, le degré de la chlorose devient moins fort, même alors que la solution ne contient point de Fe_2Cl_6 .

B) Dans la solution contenant une quantité de Fe_2Cl_6 plus grande que la normale, la plante rabougrit; cependant dans le milieu sans ce dernier sel, la plante se développe normalement. La cause de ce que la plante ne peut pas pousser dans un milieu contenant beaucoup de Fe, sera exposée plus loin. Cepen-

dant, dans la solution sans $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ la plante ne peut pas se développer. Contentons nous pour le moment de constater simplement ce fait.

C) Lorsqu' on place la plante avec les feuilles chlorotiques dans une solution fraîche, de même composition que la précédente, le degré à l'état chlorotique diminue, chez les feuilles plus jeunes. Cependant, lorsqu' on transporte successivement une plante avec les feuilles complètement vertes dans les solutions avec la quantité décroissante de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ et avec une quantité fixe de Fe_2Cl_6 , le degré de l'état chlorotique augmente dans les feuilles nouvelles.

Par conséquent, lorsque les plantes se développent sous les mêmes conditions de l'éclairage et de la température, dans les solutions contenant la même quantité des matières nutritives mais une quantité variable de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, il est permis d'admettre que les changements dans la teinte des feuilles sont provoqués par les quantités différentes de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dans les solutions.

D) Pendant que chez les plantes se développant dans les solutions avec une petite quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, la chlorose au I degré se manifestait déjà sur la première feuille; chez les plantes qui ont poussé dans la solution avec une grande quantité de ce même sel, le I degré de la chlorose se manifeste sur la troisième feuille seulement. Ce fait nous force à admettre que la chlorose dans ce dernier cas s'est manifestée par suite de la diminution de la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dans la solution.

Il convient maintenant d'examiner la question si le $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ exerce une action quelconque sur la structure des chloroplastes.

Action du nitrate de calcium sur les chloroplastes.

Fig. 3 montre les chloroplastes des feuilles normales et de celles envahies par les degrés différents de la chlorose. Les chloroplastes des feuilles vertes sont bien visibles, ronds ou elliptiques, rangés le long des parois latérales des cellules palissadiques. Leur teinte est un vert intense (a).

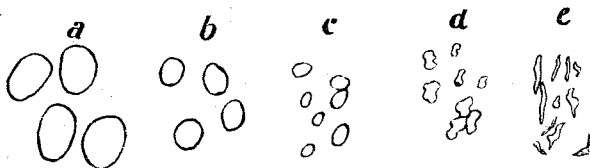


Fig 4 (712 X).

Les chloroplastes des feuilles au I degré de la chlorose sont un peu plus petits, mais ils conservent la même forme, ronde ou elliptique. Leur vert est un peu plus clair. (b).

Les chloroplastes des feuilles au II degré de la chlorose sont visiblement plus petits, mais conservent toujours la même forme que précédemment. Leur teinte est changée puisque le ton jaune domine. Au niveau des nervures de ces feuilles on trouve encore des chloroplastes possédant la teinte vert-clair, qui contraste avec celle des chloroplastes au II degré de la chlorose (c).

Les chloroplastes des feuilles au III degré de la chlorose sont de même teinte que précédemment, mais leur forme est modifiée. Ils ne sont plus ronds ou elliptiques, mais d'une forme irrégulière analogue à ce que l'on observe chez les grains d'amidon corrodés. Certains d'entre eux montrent la teinte d'un jaune clair (d).

Les chloroplastes des feuilles au IV degré de la chlorose n'existent pour ainsi dire point. Ils ont complètement perdu leur forme normale, sont allongés fusiformes ou irréguliers, rangés le long des parois latérales (e).

Il s'en suit de ces observations que le développement normal des chloroplastes dépend de la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dans la solution. La même opinion est soutenue par Reed, à savoir que le Ca a une grande signification pour l'activité et la croissance des chloroplastes. — O. Loew pose la théorie que le noyau cellulaire et les chloroplastes des plantes tirent leur origine des composés de Ca et des protéines. Si la cellule ne possède pas les composés de Ca en quantité suffisante, le noyau et les chloroplastes sont détruits par l'action combinée des oxalates et des sels de Magnésium.

Wieler, en se basant sur les observations de Loew, parle du „facteur calcaire“, comprenant sous ce terme le „rapport optimal entre CaO et MgO“. Ce „facteur calcaire“ est différent pour les nombreuses plantes. Warthiadi parle de ce même facteur dans une étude spéciale. D'après les conclusions de Faak, pour paralyser l'effet nocif des sels de K et Na, des traces des composés de Ca sont suffisantes. Cependant, pour la neutralisation de la nocivité des sels de Mg et de Al, les quantités plus grandes de Ca sont indispensables. Si on tient compte de l'état optimal dans lequel se trouve la plante, sous le rapport de la teinte de ses feuilles, surtout premières, la quantité

de 10 gr. de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dans la solution est la meilleure. Par conséquent, le facteur calcaire pour *Anchusa italica* serait 8-10:1.

Nous pouvons revenir maintenant à la question que nous avons posée dans la première partie de ce travail: la teinte des feuilles des plantes se développant dans la solution avec une quantité plus grande de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, pourquoi est-elle plus intense? Cette teinte est plus intense parce que les feuilles possèdent les chloroplastes normalement développés.

Dans ce cas, le développement normal des chloroplastes dépend de la quantité de Ca, et, partant, l'assimilation. Il est clair maintenant pourquoi les plantes sont d'un vert plus intense lorsqu'elles se trouvent dans une solution avec la quantité suffisante de Ca.

Etant donné que le Fe a une signification pour la teinte verte des feuilles, et Ca pour la constitution des chloroplastes, une question se pose: la teinte verte des feuilles des plantes mises dans la solution sans traces de Fe_2Cl_6 , par quoi est-elle déterminée? Ici sont à prendre en considération les réserves en Fe contenues dans la graine. Et comme le Fe exerce une action catalytique sur la teinte, on doit admettre que même les quantités minimales de Fe sont suffisantes pour que la teinte verte apparaisse, — sous la condition toutefois que la quantité des composés de Ca soit suffisante.

Conclusions.

1) *Anchusa italica* ne peut pas croître dans un milieu sans $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Les deux constituants de ce composé sont Ca et NO_3 . Comme NO_3 était mis à la disposition de la plante, sous forme de nitrate de K dans nos solutions, on ne peut pas parler de son absence mais seulement de celui de Ca. Il s'en suit donc que c'est à cause de l'absence de Ca que la plante en question ne peut pas croître.

L'absence de Ca entraîne plusieurs phénomènes, notamment:

a) Par suite de son absence, les phénomènes antagonistes peuvent apparaître, c. à d. les autres matières contenues dans la solution peuvent exercer une action nocive. Ainsi L o e w affirme que l'effet nocif des sels de Magnésium est empêché par l'addition de Ca.

b) L'absence de Ca entraîne les changements dans la constitution de la plante, notamment celle des plastides. Ce fait

est confirmé par les observations de Reed, Loew et Konowalow, et les miennes. En diminuant la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dans la solution, les plastides de *Anchusa italica* se désorganisent petit à petit, pour perdre à la fin leur forme normale.

2) Dans la solution, où l'on remplaçait $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ par $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, la plante rabougrit. Sr n'est donc pas capable de remplacer Ca, bien que la solution contienne NO_3 en quantité suffisante.

3) Dans la solution contenant une grande quantité de Fe_2Cl_6 la plante rabougrit également. On sait du reste que les sels des métaux lourds exercent une action défavorable sur la plante, surtout en concentration plus forte.

4) Même en quantités minimales, Ca provoque une croissance active (il s'agit des plantes carbonatées). Cependant, la croissance ralentit si on augmente la quantité de Ca dans la solution. La croissance de la plante est donc en proportion inverse avec la quantité de nitrate de Ca dans la solution, jusqu'à une certaine concentration.

5) Le degré de l'état chlorotique est également en proportion inverse avec la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, c'est à dire avec l'augmentation de cette quantité dans la solution, la chlorose diminue.

6) Nous revenons à la question posée précédemment: de tous les cas de la croissance observés, lequel est normal pour la plante? Nous avons vu que *Anchusa italica* s'accroît d'une façon inégale dans les solutions avec la quantité variable de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Les expériences montrent que cette plante s'accroît le plus rapidement dans la solution avec une petite quantité de ce sel, et que l'accroissement est d'autant plus petit que la quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ est plus grande.

7) Si on compare la croissance de la plante dans les solutions contenant différentes quantités de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ avec les manifestations de la chlorose, on constate que ces deux phénomènes sont inverses. Dans la solution contenant une petite quantité de ce sel, les premières feuilles sont chlorotiques pendant que dans la solution avec une quantité plus grande de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ les premières feuilles sont normalement vertes.

8) E. Moltz (1907) dit que la chlorose est un état pathologique de la plante, se manifestant par la décoloration des feuilles et des pousses en général.

En tenant compte de ce fait, on peut constater :

a) les feuilles fortement allongées et chlorotiques des plantes mises dans la solution avec une petite quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, ne représentent pas un état normal, l'organisme étant privé des parties si importantes que sont les chloroplastes ;

b) pour la constitution des chloroplastes de *Anchusa italica*, comme nous avons eu l'occasion de le voir, Ca est d'une très grande importance. C'est pourquoi

c) chez les plantes qui croissent dans une solution avec une quantité plus grande de Ca les premières feuilles sont d'un vert normal. On peut alors tirer pour *Anchusa italica* les conclusions suivantes :

9) Les feuilles fortement allongées dans les solutions contenant une petite quantité de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ représentent un état pathologique, pendant que les plantes mises dans les solutions avec une plus grande quantité de ce sel, bien qu'avec une croissance plus lente, sont normalement développées, étant complètes au point de vue constitutionnel. C'est pourquoi :

10) *Anchusa italica*, comme une plante carbonatée, supporte de grandes quantités de sels de Ca ; elle devient chlorotique si la quantité de ces sels devient plus petite.

(Institut de Botanique de la Faculté des Sciences, Beograd)

LITTERATURE

- Arrhenius O.*: Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum (1926).
Benecke W.: Die zur Ernährung der Schimmelpilze nothwendigen Metalle (Jahrh. wiss. Bot. XXVIII p. 487.-1895).
Benecke W. u. *Jost L.*: Pflanzenphysiologie (1924).
Boehm J.: Über den vegetabilischen Nährwerth der Kalksalze (Sitzb. Akad. Wiss. Wien, math. - nat. Kl. LXXI Bd., I Abt., S. 287.-1875).
Bois F. u. *Merkenschlager F.*: Die Lupine als Objekt der Pflanzenforschung (1923).
Colin H. et *Lavison J. de Ruzf de.*: Absorbition comparée des Sels de Barium, de Strontium et de Calcium (Rev. gén. de Bot. 23, p. 337.-1910).
Czapek F.: Biochemie der Pflanzen (Bd. I, II, III).
Faack K.: Beitrag zur Frage der Funktionen des Kalzium in der Pflanze (Mittelungen d. landw. Lehrk. d. k. k. Hochsch. f. Bodenk. in Wien-1913).
Hansteen B.: Über das Verhalten der Kulturpflanzen zu den Bodensalzen (Jahr. f. wiss. Bot., Bd. 47, S. 289.-1910).
Lavison, Jean de Ruzf de.: Recherches sur la penetration des sels dans le protoplasme et sur la nature de leur action toxique (Ann. sc. nat. Bot. sér. 9, T. 14, p. 97, -1911).

- Liebenberg A. Ritter*: Untersuchungen über die Rolle des Kalkes bei der Keimung von Samen (Sitzb. Akad. Wiss. Wien, math. - nat. Kl. LXXXIV Bd., I Abt. S. 405, 1881).
- Loew O.*: Über die physiologischen Functionen der Calcium- und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus (Flora, 1892, S. 374-385).
- : Über die Wirkung von Strontiumsalzen auf Algen (Flora, 1911, S. 96).
- : Zur physiologischen Funktion des Calciums (Flora, 1913, S. 447).
- : Über das Kalkbedürfniss von Algen und Pilzen (Biol. Zentrbl. Bd. 45, S. 122. 1925).
- Mazé P.*: Chlorose expérimentale du maïs (Compt. Ren. Tome CLIII, 1912, p. 902).
- Mevius W.*: Kalzium-Jon und Wurzelwachstum (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 66. S. 183.- 1927).
- Molisch H.*: Die Ernährung der Algen (Sitzungsb. d. kais. Akad. d. wiss. in Wien Bd. CIV, Abt. I, 1895).
- : Mikrochemie der Pflanze (1913).
- Molz E.*: Untersuchungen über die Chlorose der Reben (Diss. 1907. Jena).
- Niklewski B.*: Über den Austritt von Calcium- und Magnesiumionen aus der Pflanzenzelle (Ber. deutsch. Bot. Gesellsch, XXVII, p. 224).
- Ritter L. v. Portheim* und *Samec M.*: Über die Verbreitung der unentbehrlichen anorganischen Nährstoffe in Keimlingen von Vas. vulg. (Flora, 99 Bd., 1909).
- Roux J.-A. Cl.*: Rapports des Plantes avec le sol et de la Chlorose végétale (1900).
- Roux M. E.*: Recherches sur la chlorose végétale provoquée par le carbonate de calcium. Note de MM: P. Mazé, Buot et Lemoigne (C. R. Ac. Sc. Paris, T. CLV, 1912, p. 435).
- Sachs J.*: Lehrbuch der Botanik, Leipzig 1924).
- Warthiadi D.*: Veränderungen der Pflanze, unter dem Einfluß von Kalk und Magnesia. München 1911.
- Wassermann F., Hoppf H.*: Grundriss der Anorganischen Chemie (1922)
- Wieler A.*: Pflanzenwachstum u. Kalkmangel im Boden (Berlin 1912).
- Willstätter R.* u. *Stoll A.*: Untersuchungen über die Assimilation d. Kohlensäure (1913).
-