NUTRITION MINÉRALE ET SENSIBILITÉ
A *MARSSONINA BRUNNEA* (ELL. ET EV.) P. MAGN.
DE *POPULUS x EURAMERICANA* (DODE) GUINIER, CV. « I-214 » :
ÉTUDE PRÉLIMINAIRE SUR JEUNES PLANTS
EN MILIEU CONTRÔLÉ

J. GARBAYE et J. PINON

avec la collaboration technique de G. COURRIER et Arlette SCHIFFER

*Laboratoire de Pathologie forestière,
Station de Recherches sur les Sols forestiers et la Fertilisation,
Centre national de Recherches forestières, I.N.R.A.,
Champenoux 54370 Einville*

RÉSUMÉ

Des boutures de *Populus x euramericana* (DODE) GUINIER CV I. 214 ont été cultivées au laboratoire sous éclairage artificiel sur du sable siliceux pur et arrosées avec des solutions nutritives complètes ou manquant d'un élément majeur. Après trois mois de culture, les feuilles ont été prélevées et certaines inoculées en boîtes de Pétri par *Marssonina brunnea* (ELL. et EV.) P. MAGN. Les autres ont été analysées.

Outre des différences de croissance, des différences de sensibilité au parasite ont été notées. Dans les traitements équilibrés (solution complète ou eau déminéralisée) l'infection a été faible alors qu'elle fut importante chez les plants n'ayant pas reçu les anions majeurs (NO_3 , H_2PO_4 , SO_4). Une carence en calcium ou en magnésium se traduit par une chlorose et un niveau d'infection anormalement bas par rapport au témoin sur solution complète. L'analyse foliaire n'a pas révélé de carences notables pour les autres éléments du fait des réserves de la bouture. Il semble que la composition minérale des feuilles (limitée aux éléments majeurs) ne suffise pas à rendre compte des différences de sensibilité observées, et que l'on doive mettre en cause des corps organiques ou des oligoéléments non dosés ici.

I. — INTRODUCTION

Depuis une dizaine d'années, le *Marssonina brunnea* (ELL. et EV.) P. MAGN. sévit sur les peupliers cultivés en Europe, entraînant chez les clones sensibles de fortes diminutions de croissance du fait de la chute précoce des feuilles. La multiplication du Peuplier faisant appel au bouturage, tous les sujets d'un même clone présentent génotypiquement le même

niveau de sensibilité. Néanmoins des peupleraies d'un même clone placées dans des conditions climatiques semblables ne subissent pas systématiquement des dégâts comparables. Dès lors, il est légitime de penser que les conditions édaphiques et notamment la nutrition des arbres a une incidence non négligeable sur leur état sanitaire. Les études conduites par VAN DER MEIDEN (1964), DONAUBAUER (1969) et DONAUBAUER et STEFAN (1969) étayaient cette hypothèse. Selon VAN DER MEIDEN une faible concentration en potassium dans les feuilles et un excès de calcium aggravent les dégâts. L'auteur considère que la teneur en potassium doit être supérieure à 1,3 % de la matière sèche. Une fertilisation potassique convenable provoque une diminution des attaques. Corrélativement, le rapport K/Ca qui est lié à l'alimentation en eau des arbres serait en cause. De son côté, DONAUBAUER (1969) estime qu'une fertilisation azotée est particulièrement favorable à un bon état sanitaire. Lors d'un essai de fertilisation, les parcelles recevant l'azote (seul ou en mélange avec d'autres éléments nutritifs) ont subi des attaques légères tandis que les parcelles fertilisées avec le potassium ont montré un niveau d'infection élevé et une faible teneur des feuilles en azote.

Face à ces contradictions, il est apparu nécessaire d'entreprendre une expérimentation au laboratoire permettant, plus facilement qu'au champ, d'isoler les facteurs en jeu en contrôlant la nutrition. Il a donc été décidé de cultiver les boutures sur sable chimiquement pur et d'apporter pour chaque traitement une solution nutritive dans laquelle un élément majeur faisait défaut.

L'expérimentation a porté sur *Populus x euramericana* (DODE) GUINIER cv. I-214. Outre son importance économique, ce clone a l'avantage de présenter au champ un comportement assez variable à l'égard du parasite, selon les stations.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. — Technique de culture

2.11. Matériel vivant.

Nous avons utilisé des boutures de « I-214 » de 10 cm de longueur et d'un poids moyen de 3,25 g, prélevées en décembre 1973 sur des pieds-mères de pépinière et conservées en chambre froide à -4°C jusqu'au début de l'expérience (22 mars 1973).

2.12. Récipients et substrat.

Chaque bouture a été plantée dans un pot cylindrique constitué par la partie inférieure d'une bouteille en matière plastique transparente de 1,5 l (hauteur : 14 cm; diamètre : 9 cm). Le substrat est un sable siliceux (granulométrie : 0,5 à 0,9 mm) lavé à l'acide chlorhydrique technique 1/5 et abondamment rincé à l'eau puis à l'eau permutée.

Le fond du pot est muni d'un trou permettant le drainage rapide de la solution nutritive. Le pot est enveloppé dans une feuille de polyéthylène noir destinée à empêcher le développement des algues.

2.13. Irrigation.

Trois arrosages par semaine suffisent à assurer l'alimentation des boutures.

Lors de chaque arrosage, le sable des pots est amené à saturation (ce qui correspond à environ 60 ml par pot); le drainage se fait en quelques minutes et les solutions percolées ne sont pas réutilisées.

2.14. Éclairage.

Les pots sont placés au laboratoire sur un plateau de $1,20 \times 1,20$ m et éclairés par sept tubes fluorescents « lumière du jour » de 40 W. Les tubes sont maintenus à environ 50 cm des bourgeons terminaux, grâce à un support réglable. A cette distance, l'éclairement est d'environ 4 000 Lux.

24 lampes à incandescences de 15 W renforcent le spectre en radiations rouges, insuffisantes sans cela.

La durée d'éclairement quotidien est de 16 heures.

215. *Humidité et température de l'air.*

L'humidité est maintenue entre 70 et 80 % au moyen de deux humidificateurs d'appartement et la température aux environs de 22 °C.

2.2. — *Traitements et dispositif expérimental*

L'expérience comporte 8 traitements correspondant à 8 solutions nutritives :

— solution complète (complet),

— sans azote (— N),

— sans phosphore (— P),

— sans soufre (— S),

— sans potassium (— K),

— sans calcium (— Ca),

— sans magnésium (— Mg),

— eau permutée seule (H₂O).

Dans ce qui suit, nous désignerons les traitements par leurs symboles (— P, — N, etc.).

La composition des solutions est indiquée dans le tableau 1 (d'après HACSKAYLO et al., 1969).

Pendant 16 jours, c'est-à-dire jusqu'au débourrement complet, tous les pots n'ont reçu que de l'eau permutée, puis la solution complète jusqu'au 49^e jour. Les différentes solutions ont ensuite été apportées jusqu'au 105^e jour, date de la fin de l'expérience.

Nous n'avons pas appliqué les solutions incomplètes dès le début afin d'obtenir des symptômes de carence sur un nombre suffisant de feuilles bien développées et de renforcer l'expression de ces symptômes par une plus grande dilution de l'élément étudié dans la masse du végétal.

Le dispositif comporte 10 blocs complets, soit en tout $10 \times 8 = 80$ pots. A l'intérieur de chaque bloc, la place des traitements est tirée au sort.

2.3. — *Test de sensibilité*

La germination des conidies de *Marssonina brunnea* suppose la présence durant quelques heures d'un film d'eau. Celui-ci doit être suffisamment mince pour éviter l'asphyxie. Des essais antérieurs destinés à la comparaison du niveau de sensibilité de clones cultivés ont montré qu'il était difficile de réaliser de telles conditions de manière strictement identique pour toutes les boutures. Afin d'éliminer ce biais, l'inoculation a porté sur des feuilles détachées, en survie, selon une méthode déjà éprouvée.

Toutes les feuilles ont été prélevées le même jour, quelle que soit leur destination : inoculation ou analyse foliaire. L'inoculation est pratiquée à l'aide d'un nébulisateur contenant une suspension de spores dans l'eau stérile, à la concentration de 50 000 spores par ml. Les spores provenaient de feuilles préalablement infectées selon la même méthode. L'estimation au champ des différences d'attaques selon le clone suppose la présence d'un nombre relativement élevé de taches sur les sujets les plus sensibles. Ceci est obtenu naturellement à la suite de plusieurs cycles d'infection répartis sur plusieurs mois. La simulation de telles conditions au laboratoire étant difficilement réalisable, il a été décidé de n'observer qu'un cycle d'infection, mais en utilisant une concentration élevée en spores, qui permet d'obtenir directement des densités de taches comparables à celles rencontrées au champ.

Les feuilles contaminées ont été mises à flotter sur de l'eau déminéralisée stérile en boîtes de Pétri. Quarante huit heures environ après l'inoculation, l'eau de pulvérisation est pratiquement évaporée. Les boîtes sont maintenues en lumière naturelle à l'abri du soleil. Après une semaine d'incubation à la température du laboratoire, des taches apparaissent et peuvent être dénombrées. Cette méthode peut être sujette à controverses, dans la mesure où certains éléments solubles de la feuille (potassium par exemple), peuvent être dilués dans l'eau déminéralisée, modifiant la composition initiale de la feuille. Nous considérons cependant que cette dilution est faible et également répartie entre tous les lots de feuilles et qu'elle n'affecte pas sensiblement la sensibilité au parasite. Compte tenu du nombre élevé des taches présenté par certaines feuilles, leur repérage a nécessité une observation des feuilles par transparence grâce à un éclairage d'appoint. Simultanément ont

TABLEAU 1

Composition des solutions nutritives
(d'après HACSKAYLO ET AL., 1969)
le pH est ajusté à 5,5 avec NaOH/0,1 %
Concentration totale des solutions : environ 1,5

Composition of nutrient solutions
(From HACSKAYLO ET AL., 1969)
pH is 5,5 (controled by NaOH 0,1 %).
Total concentration of solutions : about 1,5 g/l

Sel	Complet	— N	— P	— S	— K	— Ca	— Mg
KNO ₃	2		2	2		2	2
KH ₂ PO ₄	2	2		2		2	2
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	3		3	3	3		3
MgSO ₄ .7H ₂ O	2	2	2		2		
KCl		2	2				
CaCl ₂		3					
Na ₂ SO ₄						2	2
NaH ₂ PO ₄					2		
NaNO ₃					2		
Mg(NO ₃) ₂						3	
MgCl ₂				2			
millimoles de sel par litre							
Fe EDTA			89				
H ₃ BO ₂			37				
MnCl ₂ .4H ₂ O			7				
ZnCl ₂			0,76				
CaCl ₂ .2H ₂ O			0,31				
Mo O ₃			0,31				
micromoles de sel par litre							

été notées la longueur et la largeur des feuilles, en vue de l'estimation de leur surface, que nous avons assimilée à celle d'un triangle.

Nous avons appliqué ce test de sensibilité aux feuilles hautes et aux feuilles basses de chaque traitement. Pour cela, nous avons constitué deux échantillons de 20 à 30 feuilles par traitement, tous blocs mélangés. Seul le traitement « solution complète » n'a fait l'objet que d'un seul prélèvement (feuilles hautes et basses mélangées).

2.4. — Analyses foliaires

Chaque traitement, en fin d'expérience, a fait l'objet de deux prélèvements foliaires : tiers supérieur et tiers inférieur, tous blocs mélangés (de la même façon que pour le test de sensibilité).

Les feuilles, avec leur pétiole, ont été séchées 24 heures à 65 °C, broyées finement et ont subi deux minéralisations différentes :

— par l'eau oxygénée en milieu sulfurique, pour le dosage de l'azote par colorimétrie à l'auto-analyseur Technicon,

— par l'eau oxygénée en milieu perchlorique pour le dosage du phosphore (colorimétrie à l'autoanalyseur Technicon), du soufre (turbidimétrie au sulfate de baryum), du calcium, du magnésium et du potassium (photométrie de flamme).

3. — RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

3.1. — *Croissance en hauteur et aspect des plants*

Le tableau 2 donne les hauteurs moyennes pour chaque traitement, en fin d'expérience. Les traitements sont rangés dans l'ordre des hauteurs décroissantes. L'analyse de la variance du dispositif en blocs complets montre que l'effet traitement est globalement significatif au seuil de 5 %, mais que seuls les traitements H₂O et — N présentent des hauteurs significativement inférieures à celles des autres traitements.

TABLEAU 2

Hauteur en fin d'expérience (moyenne des 10 blocs)
Height at the end of experiment (mean value of the 10 blocs)

Traitement	— S	— P	complet	— Ca	— Mg	— K	H ₂ O	— N
Hauteur en cm	86,0	82,3	79,5	75,9	74,0	72,5	59,3	58,2

plus petite différence significative au seuil de 5 % : 13,7 cm

Il est donc évident que les carences en soufre, phosphore, potassium, calcium et magnésium que nous avons pu induire ici ont été insuffisantes pour affecter la croissance. L'étude des symptômes de carence montre qu'ils sont très modérément développés.

Durant toute l'expérience, les feuilles du traitement complet ont présenté une couleur verte moins intense que celle observée au champ, et sans rougissement caractéristique des pétioles. Sous l'éclairage artificiel précisé ci-dessus, les feuilles sont moins épaisses et moins rigides mais ce phénomène s'est révélé constant entre toutes les boutures des divers traitements. Lors de leur récolte les feuilles présentaient, selon leur traitement, les symptômes suivants :

— eau déminéralisée : brunissement (très limité en surface) près des nervures principales, à partir de la base de la feuille, essentiellement sur les feuilles du milieu de la pousse. Une légère chlorose en étoile est visible par transparence sur les mêmes feuilles. Les feuilles inférieures tombent précocement,

— traitement complet : un brunissement identique au précédent a été noté à plusieurs reprises. Aucune chlorose ne l'accompagne,

— traitement — N : même brunissement, défeuillaison du bas de la pousse,

— traitement — P : brunissement près des nervures, plus intense sur les feuilles du bas, prêtes à tomber,

— traitement — S : brunissement des feuilles inférieures et médianes, parfois sur une surface plus importante du limbe,

— traitement — K : symptômes identiques à ceux du traitement eau déminéralisée,

— traitement — Ca : les feuilles du tiers supérieur de la pousse ont été progressivement atteintes d'une chlorose généralisée très nette. Cette dépigmentation est suivie par un brunissement large et internervaire du Limbe, à partir de la pointe de la feuille. Dans les cas extrêmes, les bords du limbe s'enroulent à partir de la pointe de la feuille,

— traitement — Mg : les feuilles du tiers supérieur présentent une chlorose généralisée.

3.2. — Sensibilité à *Marssonina brunnea*

Les résultats du test de sensibilité sont rassemblés dans le tableau 3, où les valeurs supérieures à la moyenne sont imprimées en italique.

TABLEAU 3

Nombre de taches par cm² de feuille

Number of spots by cm²

Niveau de prélèvement	complet	— N	— P	— S	— K	— Ca	— Mg	H ₂ O	moyenne
Haut		<i>12,0*</i>	<i>14,4*</i>	<i>15,6*</i>	<i>9,8*</i>	<i>3,8*</i>	<i>8,2*</i>	<i>8,7*</i>	<i>9,9*</i>
Bas		<i>18,9</i>	<i>11,3</i>	<i>7,0</i>	<i>5,2</i>	<i>8,6</i>	<i>11,4</i>	<i>11,0</i>	<i>9,9</i>
Moyenne des deux niveaux	6,5	<i>15,4</i>	<i>12,8</i>	<i>11,3</i>	<i>7,5</i>	<i>6,2</i>	<i>9,8</i>	<i>9,8</i>	<i>9,9</i>

ppds 5 % haut : 5,2

ppds 5 % bas : 4,8

* : différence significative au seuil de 5 % entre deux niveaux.

Le facteur niveau n'a pas d'effet sur la moyenne des traitements, mais il est significatif (seuil de 5 %) dans tous les traitements pris isolément, dans un sens différent suivant le traitement.

On observe les plus grandes sensibilités pour les traitements — N, — P, et — S, et les plus faibles pour — K, — Ca, — Mg complet et H₂O.

Les fortes sensibilités sont donc liées à un défaut d'anion (NO₃⁻, H₂PO₄⁻ ou SO₄⁻⁻) dans la solution nutritive, alors qu'un défaut en un cation (K⁺, Ca⁺⁺ ou Mg⁺⁺) n'augmente pas significativement la sensibilité par rapport à la solution complète, et la réduit même dans le cas du calcium.

Quant au traitement H₂O, qui entraîne un déficit de tous les éléments, il ne renforce pas significativement la sensibilité par rapport à la solution complète.

3.3. — *Sensibilité et composition chimique des feuilles*

Le tableau 4 donne les résultats des analyses foliaires. Dès le premier abord, on constate que les traitements n'entraînent qu'une baisse généralement modérée de la concentration de l'élément considéré, ce qui peut expliquer les faibles différences de croissance précédemment observées. Deux causes principales peuvent être invoquées : un trop long séjour avec apport de solution complète ou les réserves minérales contenues dans la bouture. Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable que les boutures ayant poussé sur l'eau déminéralisée n'avaient pas un aspect particulièrement déficient. Pour nos expériences futures, nous essaierons de réduire ces réserves (bouturage herbacé, boutures réduites à un seul nœud, par exemple) et nous écourterons le temps d'application de la solution complète.

La confrontation des tableaux 3 et 4 ne permet pas, sur l'ensemble des traitements, de mettre en évidence d'éventuelles relations entre la sensibilité à *Marssonina brunnea* et la composition des feuilles. En particulier, le calcul montre que ni les pourcentages de chaque élément, ni leurs rapports, ni le rapport de la somme des cations sur la somme des anions ne sont corrélés à la sensibilité.

Cependant, l'analyse des résultats traitement par traitement permet des remarques intéressantes.

TABLEAU 4

Résultats des analyses foliaires
(résultats en p. cent de matière sèche)

Results of foliar analysis
(p. cent of dry weight)

Traitement	Niveau de prélèvement	N	P	S	K	Ca	Mg
Complet	Haut	3,85	0,85	0,96	4,25	1,09	0,47
	Bas	2,78	0,37	0,28	1,73	0,65	0,29
— N	Haut	2,65	0,95	0,70	4,33	0,98	0,48
	Bas	2,05	1,17	0,68	3,93	1,34	0,52
— P	Haut	4,00	0,56	0,77	4,32	0,83	0,48
	Bas	2,50	0,51	0,69	4,14	2,62	0,66
— S	Haut	2,55	0,99	1,09	4,91	0,78	0,54
	Bas	2,44	0,91	0,66	4,45	2,50	0,57
— K	Haut	4,05	0,89	0,96	3,25	1,21	0,55
	Bas	2,60	0,85	0,69	3,37	3,02	0,60
— Ca	Haut	3,98	0,92	0,93	6,44	0,22	0,69
	Bas	2,55	0,92	0,68	4,45	2,51	0,58
— Mg	Haut	3,90	1,12	1,00	6,11	1,09	0,21
	Bas	2,75	0,95	0,69	4,38	2,95	0,48
H ₂ O	Haut	2,73	0,61	0,68	3,09	0,58	0,61
	Bas	1,96	0,64	0,55	3,09	0,55	0,64

Tout d'abord, pour la majorité des éléments, les analyses foliaires montrent qu'il n'y a pas de carence. Ainsi, pour le potassium le niveau de carence proposé par VAN DER MEIDEN (1,3 p. 100) est toujours dépassé. Dans ces conditions, il est impossible de vérifier les résultats de l'auteur. Font nettement exception les traitements — Ca et — Mg pour lesquels les feuilles hautes étaient nettement carencées à en juger par les symptômes exprimés et les résultats de l'analyse foliaire. Aux fortes teneurs en calcium, VAN DER MEIDEN associe un faible rapport K/Ca et une grande sensibilité. Pour une forte valeur du rapport K/Ca, nous notons ici une très faible sensibilité. Sur ce point nos résultats confirment donc ceux de VAN DER MEIDEN.

En ce qui concerne l'azote les plus basses concentrations sont obtenues dans le traitement sans azote qui correspond aussi à l'infection la plus forte. Ceci s'accorde bien avec les résultats de DONAUBAUER. Il semble toutefois que des valeurs très élevées (4 %) qui correspondent à une forte valeur du rapport azote sur phosphore augmentent la sensibilité. Ces valeurs exceptionnelles n'ayant pas été atteintes dans l'expérience de DONAUBAUER, la comparaison avec le terrain est impossible.

Mais les teneurs en éléments données par l'analyse foliaire constituent une approche grossière des besoins nutritifs du parasite. La plupart des champignons ont des exigences très précises en acides aminés et en vitamines (et, éventuellement en oligoéléments, domaine que nous n'abordons pas ici). Celles-ci sont peu connues pour *Marssonina brunnea*, dont la croissance sur les milieux gélosés classiques (malt, pomme-de-terre, etc.) est faible. On peut penser que, sous l'effet des divers traitements, des différences ont pu apparaître au niveau des acides aminés et des vitamines foliaires conditionnant la réaction de l'hôte sans que les teneurs globales en éléments majeurs soient profondément modifiées. Nous avons d'ailleurs tenté de cultiver le parasite sur un milieu gélosé auquel nous avons ajouté une solution minérale dont les proportions respectaient celles connues classiquement dans les feuilles de Peuplier. La croissance fut infime, montrant que certaines substances organiques indispensables faisaient défaut. Le problème de la qualité du milieu est complexe puisque BOCCONE (1972), analysant les teneurs des divers clones en acides aminés, n'a pu établir de corrélation entre celles-ci et le niveau de sensibilité des clones.

4. — CONCLUSIONS PRATIQUES

Sur le plan purement technique et économique, il n'en reste pas moins que les dégâts occasionnés par *Marssonina brunnea* peuvent être limités par une fertilisation adaptée destinée à assurer dans les feuilles une forte teneur en azote et un rapport potassium sur calcium élevé, tout en restant dans les limites compatibles avec une croissance convenable.

Il reste à déterminer, par des enquêtes et des expériences de terrain, quelle est la fertilisation qui répond à ces impératifs, compte tenu de la nature des sols et d'éventuels effets de dilution ou de concentration des éléments minéraux dans le feuillage.

Reçu pour publication en novembre 1973.

SUMMARY

MINERAL NUTRITION AND SUSCEPTIBILITY TO *MARSSONINA BRUNNEA* (ELL. ET EV.) P. MAGN OF *POPULUS* × *EURAMÉRICA* (DODE) GUINIER, CV — « I-214 ». PRELIMINARY STUDY ON YOUNG CUTTINGS UNDER CONTROLLED CONDITIONS.

Cuttings of *Populus x euramericana* (DODE) GUINIER, CV. 'I.214' were grown in laboratory under artificial light on silico-quartz sand and watered with nutrient solutions (complete or without one macronutrient). Culture was carried out during three months; then, leaves was sampled. Some were infected with *Marssonina brunnea* (ELL. et Ev) P. MAGN in Petri dishes. Others were analyzed.

Besides growth differences, susceptibility differences were observed. On balanced solutions (complete or deionized water), disease incidence was low; on the contrary, lacking major anions (NO_3^- , H_2PO_4^- , SO_4^{2-}) cuttings were severely infected. Calcium or magnesium deficient leaves were chlorotic and showed unusually low susceptibility level compared with the complete solution treatment. No severe deficiencies were revealed by foliar analyses, as due to cutting reserves.

It seems that leaves mineral content (macronutrients only) does not entirely account for susceptibility differences. Attention should be paid to organic substances or micronutrient what we have not studied here.

ZUSAMMENFASSUNG

MINERALERNÄHRUNG UND AUFALLIGKEIT GEGENÜBER *MARSSONINA BRUNNEA* (ELL. ET EV.) P. MAGN BEI *POPULUS* × *EURAMÉRICA* (DODE) GUINIER, CV « I-214 » : VORVERSUCHE AUF JUNGE STECKLINGE UNTER KONTROLLIERTEN BEDINGUNGEN.

Stecklinge von *Populus x euramericana* (DODE) GUINIER, C.V. « I 214 », wurden im Labor auf reinem Quarzsand bei künstlicher Beleuchtung herangezogen und mit vollständigen Nährlösungen oder mit Nährlösungen denen eines der Hauptelemente fehlte, begossen. Nach drei Monaten wurde ein Teil der Blätter auf ihren Mineralnährstoffgehalt untersucht und eine Anzahl von Blättern wurden in Petrischalen mit *Marssonina brunnea* (ELL. et Ev.) P. MAGN. beimpft.

Sowohl die Unterschiede im Wachstum als auch die Anfälligkeit gegenüber *Marssonina* wurden untersucht. In den Behandlungen mit vollständiger Nährlösung und mit entmineralisiertem Wasser zeigte sich nur eine geringe Infektion, während bei Stecklingen welche die Hauptanionen (NO_3^- , H_2PO_4^- , SO_4^{2-}) nicht zugesetzt bekamen, eine sehr hohe Infektionsrate festgestellt werden konnte.

Eine Karez an Ca oder Mg führt zu Chloroseerscheinungen und einer abnormal geringen Infektionsrate im Verhältnis zur vollständigen Nährlösung. Die Nadelanalyse zeigte bei den übrigen Elementen keine bemerkenswerten Karez, was wohl auf die Reserven in den Stecklingen zurückzuführen ist.

Es scheint, dass die auf die Hauptelemente beschränkte Analyse der Blätter nicht ausreichend ist, um die Unterschiede der Infektionsanfälligkeit zu erklären und es müssen organische Verbindungen oder die hier nicht dosierten Oligoelemente dafür verantwortlich gemacht werden.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOCCONE A., 1972 Ricerca di elementi per la diagnosi precoce del comportamento dei cloni di pioppo nei confronti della *Marssonina brunnea* I Differenzi nel contenuto in amino acidi liberi e proteici. *Cellulosa e Carta*, XXIII, 11, 59-65.
- DONAUBAUER E., 1969 The influence of fertilizing on the attack by *Marssonina brunnea* (Ell. et Ev.) P. Magn. *Working group on diseases I.P.C./F.A.O.*, 8-12th september, Vienna.
- DONAUBAUER E. et K. STEFAN., 1969 The influence of fertilizing on the attack by *Melampsora allii-populina* and *Marssonina brunnea* on four poplar clones. *Working group on diseases I.P.C./F.A.O.*, 8-12th september, Vienna.
- HACKSKAYLO J., FINN R. F., et VIMMERSTEDT J. P., 1969 Deficiency symptoms of some forest trees. *Ohio agri. res. and devel. cent.*, Wooster, Ohio. *Research Bulletin* n° 1015, 68.
- MEIDEN H. A. VAN DER, 1964 Die Bedeutung von einigen Blattkrankheiten für die Pappelwirtschaft. *Der Forst. u. Holzw.* 19, 12, 1-4.