

Influence de la salinité et de la température du substrat sur la croissance et la nutrition du piment

P CORNILLON

INRA, domaine Saint-Paul, site Agroparc, 84914 Avignon cedex, France.

A PALLOIX

INRA, domaine Saint-Maurice, BP 94, 84143 Montfavet cedex, France.

● introduction

Le piment est une espèce dont l'importance économique et alimentaire est surtout marquée dans les pays chauds, où il sert essentiellement de légume fruit, s'il est doux, mais aussi d'épice, s'il est piquant.

La Chine en est le principal producteur, avec une récolte annuelle de plus de 2 Mt et c'est en Indonésie que les surfaces cultivées sont les plus importantes, avec 213 000 ha, selon les statistiques établies par la FAO en 1990. Il y a aussi de nombreux pays méditerranéens parmi les pays producteurs : Turquie, Algérie, Tunisie, Roumanie, Espagne et, dans une moindre mesure, l'Italie (CARUSO, 1990).

Dans les zones climatiques favorables pour sa culture, le piment est souvent cultivé dans des pays où les sols salés couvrent de grandes surfaces. Aussi, le problème de l'adaptation de cette espèce à la salinité est-il majeur dans de nombreux pays à climat de types méditerranéen et intertropical. Cette adaptation permet de cultiver cette espèce en culture hors sol avec des eaux contenant une certaine concentration en chlorure de sodium (NaCl) ; ce sel peut provenir de l'eau ou résulter de son accumulation dans les systèmes de culture hors sol où la solution nutritive est recyclée en circuit fermé.

Cet article présente une étude de l'interaction entre la salinité du substrat due à la présence de NaCl et la température des racines. Quatre variétés de piment ont été étudiées pour évaluer la réaction de cette espèce à des niveaux de salinité relativement faibles et pour observer la diversité génétique révélée par cette adaptation.

● matériels et méthodes

conduite de l'essai

Quatre variétés de piment ont été étudiées : Yolo Wonder (variété américaine), HDA 103 et HDA 174 (haploïdes doublés, sélectionnés par l'INRA, Montfavet, France) et SC 81 (lignée de l'Institut L Dimitrova, Minag, Cuba).

Leurs racines ont été soumises à trois concentrations en chlorure de sodium (0, 50 et 100 mM), ajouté à la solution nutritive et à deux régimes de température (22 et 32 °C).

Les graines ont été semées le 28 mars dans du sable quartzueux, un milieu chimiquement inerte. La levée s'est effectuée entre le 9 et le 14 avril et le repiquage a été réalisé le 2 mai.

Les plantes ont alors été élevées en culture hydroponique avec une solution nutritive comprenant, par litre : 6,5 mM de NO₃⁻, 0,5 mM de H₂PO₄⁻, 0,5 mM de SO₄⁻, 3,5 mM de K⁺, 1,5 mM de Ca⁺⁺, 0,5 mM de Mg⁺⁺ et 0,5 mM de NH₄⁺. Cette solution a été complétée avec les oligo-éléments essentiels pour la croissance des plantes : B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo et Zn. L'essai s'est déroulé entre le 5 et le 25 mai.

Les plantes ont alors été élevées en culture hydroponique avec une solution nutritive comprenant, par litre : 6,5 mM de NO₃⁻, 0,5 mM de H₂PO₄⁻, 0,5 mM de SO₄⁻, 3,5 mM de K⁺, 1,5 mM de Ca⁺⁺, 0,5 mM de Mg⁺⁺ et 0,5 mM de NH₄⁺. Cette solution a été complétée avec les oligo-éléments essentiels pour la croissance des plantes : B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo et Zn. L'essai s'est déroulé entre le 5 et le 25 mai.

dispositif expérimental

Deux plantes ont été mises en place par traitement, chacune dans un pot de 1 litre en matière plastique. Les pots ont été placés selon un dispositif split-plot avec deux facteurs étudiés, la variété et la concentration en NaCl, et deux répétitions par facteur étudié ; la température des racines a constitué le sous-facteur.

analyses

À la fin de l'essai, la masse de matière sèche de chaque organe a été déterminée après séparation des racines, de la tige, des pétioles et des limbes, et leur séchage à l'étuve à 80 °C pendant 48 heures. Auparavant, les racines ont été rincées deux fois à l'eau permutée pour éliminer les sels encore présents sur ces organes.

La détermination des cations : K, Ca, Mg et Na a été effectuée dans les tissus végétaux en utilisant la minéralisation par voie sèche (CORNILLON, 1984).

Une analyse de variance et un test de Newman-Keuls ont été appliqués aux résultats de l'essai en utilisant le programme d'analyses statistiques développé par l'Institut technique des céréales et des fourrages (ITCF) : STAT-ITCF.

● résultats

croissance

La production de matière sèche dépend de la salinité et de la variété avec une interaction significative au seuil de 5% (fig 1).

La température des racines n'a pas eu d'influence sur la synthèse de matière végétale.

En l'absence de chlorure de sodium, la meilleure croissance a été notée pour les variétés Yolo Wonder et HDA 103 ; HDA 174 a présenté la plus faible accumulation de matière sèche lorsque le rayonnement global était relativement faible ; SC 81 a eu un comportement intermédiaire. En présence de 100 mM de NaCl, HDA 103 possède la meilleure croissance avec une accumulation de matière sèche égale à 40% de celle du témoin représenté par les plants cultivés sans chlorure de sodium. Yolo Wonder et SC 81 présentent la croissance la plus réduite puisque l'accumulation de matière sèche ne correspond qu'à 31% et à 33% de celle observée en l'absence de NaCl. HDA 174 montre le comportement le plus intéressant, car sa croissance est égale à 50% de celle du témoin.

composition minérale

Le tableau I présente la teneur en éléments minéraux des différents organes des quatre variétés de piment.

La teneur en potassium, en calcium et en magnésium diminue dans les organes quand la concentration en sodium du milieu de culture croît, à l'exception du taux de magnésium des organes conducteurs (tiges et pétioles) de HDA 103 et de HDA 174 qui augmente.

Naturellement, le taux de sodium des organes augmente avec la concentration de sodium de la solution nutritive. Cependant, les quatre variétés ont un comportement différent vis-à-vis de cet élément : Yolo Wonder et SC 81 accumulent peu de sodium dans les racines et les limbes, tandis que HDA 103 et HDA 174 possèdent des concentrations élevées dans ces deux organes. En revanche, les organes conducteurs se comportent différemment. En présence de sodium dans la solution nutritive, les taux de sodium sont élevés dans le cas des variétés Yolo Wonder et SC 81 et ils sont relativement faibles pour HDA 103 et HDA 174.

Les relations qui existent entre la teneur en sodium du limbe et les autres caractéristiques de la plante révèlent des évolutions divergentes. Ainsi, il n'existe pas de corrélation entre la teneur en sodium du limbe et la croissance du végétal qui est exprimée par la synthèse de matière sèche totale mesurée à la fin de l'essai (fig 2). Si les meilleures croissances sont obtenues en l'absence de sodium dans les organes quelle que soit la variété, les plus faibles croissances sont

notées lorsque les pourcentages de sodium varient, selon la variété, de 0,5% à plus de 4,0% de la matière sèche dans le limbe.

Parallèlement, l'évolution des teneurs en potassium et en sodium du limbe dépend de la variété (fig 3). Pour Yolo Wonder et SC 81, l'accumulation de sodium est réduite, et la variation de la teneur en potassium est faible ; en revanche, pour HDA 103 et HDA 174, l'accumulation de sodium est importante et la réduction du pourcentage de potassium est particulièrement marquée dans le limbe. Cette accumulation de sodium dans la feuille ne provoque pas de phénomène de toxicité bien marquée chez ces deux dernières variétés, puisque leur croissance est moins affectée que celles des variétés qui accumulent de faibles quantités de sodium. Par ailleurs, aucun symptôme visuel de toxicité liée à l'accumulation de sodium n'apparaît dans le limbe de ces deux variétés, HDA 103 et HDA 174.

L'évolution de la somme des teneurs en potassium et en sodium présentes dans le limbe n'est pas la même selon la variété. Elle augmente très peu dans la feuille de Yolo Wonder, reste relativement constante pour SC 81, mais augmente sensiblement pour HDA 103 et pour HDA 174. Ce sont les variétés chez lesquelles la pression osmotique augmente le plus qui possèdent le comportement le plus intéressant : meilleur taux d'accumulation de matière sèche dans la plante, en présence de la plus forte concentration en NaCl dans la solution nutritive.

Pour une même teneur en sodium des racines, les relations entre cette teneur et celle du limbe varient selon deux modèles (fig 4). Le modèle est linéaire pour les variétés Yolo Wonder et SC 81 et quadratique pour HDA 103 et HDA 174. Pour une même plage de concentrations en Na⁺ dans les racines, celle du limbe varie entre 0,5 et 1,0% d'une part et entre 3,0 et 4,5%, d'autre part.

● discussion et conclusion

Cette étude confirme la sensibilité du piment à la salinité ; des différences significatives avaient déjà été notées par d'autres auteurs (LESSANI et MARSCHNER, 1978). En revanche, YANEZ *et al* (1992) avaient montré que le piment est beaucoup plus sensible aux modifications du potentiel hydrique du sol qu'à celles de sa salinité.

Des différences variétales importantes existent : la variété HDA 103 possède la meilleure croissance, quelles que soient les concentrations en NaCl utilisées, tandis que Yolo Wonder a la meilleure croissance en l'absence de NaCl et la plus faible en présence de 100 mM de chlorure de sodium. Les deux autres variétés ont un comportement intermédiaire.

Deux types de comportements opposés caractérisent les teneurs en éléments minéraux. D'une part, les variétés Yolo Wonder et SC 81 réagissent comme des plantes non halophytes ; d'autre part, HDA 103 et HDA 174 ont un comportement de plantes halophytes (GREENWAY et MUNNS, 1980). En effet, Yolo Wonder et SC 81 n'accumulent pas de sodium dans les racines et les limbes,

et HDA 103 et HDA 174 accumulent Na dans les racines et surtout dans les limbes. Cette accumulation de sodium, la forte modification du rapport K^+/Na^+ et l'augmentation de la pression osmotique s'accompagnent d'une meilleure croissance de ces variétés quand le milieu nutritif contient 100 mM de NaCl.

TERMAAT *et al* (1985) avaient montré, sur des plantules de blé et d'orge, que la pression de 0,48 MPa appliquée au niveau des racines n'avait pas d'influence sur la croissance des plantules. Ils en déduisaient que la pression de turgescence n'avait pas d'effet sur la croissance des cellules.

Le sodium se substitue en partie au potassium chez les variétés HDA 103 et HDA 174, tandis que ce phénomène est négligeable chez les deux autres variétés. Un phénomène de compétition existe entre K et Na pour leur absorption par la plante et diffère selon la variété. Yolo Wonder et SC 81 semblent avoir un fort pouvoir sélectif au niveau de l'absorption du potassium par rapport au sodium, tandis que ce pouvoir est plus faible chez HDA 103 et HDA 174.

Dans les organes conducteurs, la teneur en sodium est plus importante pour Yolo Wonder et SC 81, ce qui suggérerait que les racines ne jouent pas un rôle de barrière dans la migration du Na vers la partie aérienne. Il semble que le sodium soit continuellement soumis à un transfert des parties aériennes vers les racines pour maintenir une très faible teneur en Na dans les limbes des variétés qui n'accumulent pas de sodium dans cet organe.

D'après DURAND et LACAN (1994), les tiges de soja retiennent fortement le sodium, puisque sa concentration diminue dans le flux xylémique à proximité de l'apex. Les vieilles feuilles auraient un rôle essentiel dans l'appauvrissement en sodium de la sève brute. Mais ces observations peuvent être liées à la circulation ascendante et descendante du sodium dans la plante, ce qui favorise l'enrichissement en cet élément à l'approche du collet.

En conclusion, le comportement des quatre variétés de piment étudiées dans le cadre de cette étude varie quand la teneur en sodium de la solution nutritive augmente moyennement. Yolo Wonder et SC 81 ont une forte affinité pour l'absorption du potassium, tandis que HDA 103 et HDA 174 absorbent moins de potassium, mais, en contrepartie, ils accumulent des quantités relativement importantes de sodium. Cette différence se traduit par une meilleure croissance relative des variétés qui accumulent le sodium dans le limbe en présence de fortes concentrations en NaCl de la solution nutritive. Une teneur élevée en sodium dans les organes conducteurs des variétés qui ont une faible teneur en cet élément dans le limbe (Yolo Wonder et SC 81) suggère l'existence d'un transfert de sodium non seulement des racines vers le limbe, mais aussi un retour du limbe vers les racines.

La croissance réduite observée, surtout pour Yolo Wonder, à la concentration de 100 mM de NaCl, pourrait résulter d'une plus forte activité métabolique, qui serait nécessaire à la plante pour assurer le transfert du sodium de la partie aérienne vers les racines.

Bibliographie, tableau et figures : voir version anglaise p 421-426