

DYNAMIQUE D'ABSORPTION DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX (Ca⁺⁺, K⁺, Mg⁺⁺ ET Na⁺) CHEZ LA TOMATE ET LE HARICOT EN MILIEU SALIN

SNOUSSI Sid Ahmed¹

1.Laboratoire de recherche
en Biotechnologie des
productions végétales,
Département des
Biotechnologies,
Université de Blida1. B.P.
270, route de Soumaa,
Blida, Algérie.
e-mail :
sisnousiah@yahoo.fr

Reçu le 12 mars 2015,
accepté le 3 mai 2015

Résumé

L'étude sur l'assimilation minérale par les cultures de tomate et de haricot a permis de distinguer en cours des différentes phases étudiées, une assimilation particulière des éléments minéraux Ca, Mg, K, Na. Cette étude a pour objet de voir comment le rythme d'assimilation des éléments minéraux étudiés et de la matière sèche est en relation avec la composition minérale des organes de la plante. Il a été constaté chez la tomate que les parties aériennes relativement riches en K et en Na et que les racines sont pauvres en magnésium, alors que chez le haricot, il se différencie de la tomate par un pourcentage relativement faible en Mg dans ses parties aériennes et des racines plus riches en sodium.

Mots clés : *Besoin hydrominéral, haricot, salinité, tomate, zones arides.*

INTRODUCTION

Les comportements physiologiques et nutritionnels des plantes sont limités par différentes conditions environnementales dans lesquelles elles se développent. L'une de ces conditions est la salinité des sols qui constitue l'un des problèmes agricoles les plus importants [1]. Dans les régions arides et semi-arides, les plantes doivent être irriguées afin de garantir les cultures et d'augmenter la production [2] [3]. Ces écosystèmes sont caractérisés par une faible et une forte irrégularité des précipitations associées à une importante évaporation favorisant l'accumulation des sels dans le sol [4] et [5].

Les besoins respectifs en eau et en chacun des éléments minéraux varient au cours de développement végétatif. Les cellules n'absorbent pas indifféremment les ions qui leur sont offerts. Cette sélectivité s'exerce à

l'encontre de certains ions, comme le sodium qui pénètre mal dans les cellules. A l'inverse les cellules accumulent certains ions comme le potassium qui s'y trouvent alors à des concentrations plus élevées que dans le milieu extérieur [6]. Aussitôt absorbés, les éléments minéraux sont entraînés par la sève brute vers les diverses parties de la plante où ils sont métabolisés [7]. La plante parvient à satisfaire ses besoins minéraux essentiellement par absorption racinaire. Une absorption foliaire est possible mais elle est exceptionnelle et toujours limitée [8]. La vitesse de franchissement des membranes des cellules par les anions est inférieure à celle des cations. Cette différence peut provoquer par rééquilibrage des charges positives et négatives entre le milieu extérieur, et intérieur entraînant une acidification ou une alcalinisation de l'environnement [9].

MATERIEL ET METHODES

L'expérience a été conduite en hydroponie. Un plant par pot a été mis en place. Deux espèces végétales : la tomate (variété Marmande) et le haricot (variété Contender) espèces moyennement sensible et sensible à la salinité ont été testés. Sept milieux nutritifs ont été utilisés. Dans cette expérimentation, 420 plantules de tomate et de haricot ont été utilisées. Après germination à 25°C, les plantules sont repiquées dans les pots et arrosées avec l'eau de Blida présentant une conductivité électrique égale à 0,59 ds.m⁻¹ et ce durant 48 heures. Puis, l'eau de Blida est remplacée par la solution nutritive témoin T₄ durant dix jours. Après ce délai, l'arrosage s'est opéré avec les différents traitements.

Le protocole d'essai adopté reposait sur des mesures destructives puisque trois prélèvements ou coupes notées C1 (30 jours après semis), C2 (45 jours après semis), et C3 (60 jours après semis) ont été effectués durant le cycle de développement des espèces testées.

T₁, T₂, T₃ représentent des eaux salines naturelles existant en Algérie. Elles ont été reconstituées sur le site expérimental avec l'eau de Blida. Ces eaux présentent des conductivités électriques de 3,45 ;

5,65 et 2,87 d.S m⁻¹ respectivement et de pH=7,8.

- T_{1C}, T_{2C}, T_{3C} représentent les eaux salines naturelles précitées mais corrigées en solutions nutritives ayant des conductivités électriques de 4,20 ; 6,68 et 3,58 d.S m⁻¹ et de pH=5,8.

- Le traitement T₄ représente la solution nutritive témoin synthétisée avec de l'eau de Blida selon les normes définies par Brun *et al* [9], de conductivité égale à 1,56 d.Sm⁻¹ et de pH=5,8.

Une solution complémentaire d'oligo-éléments est apportée aux différents traitements à l'exception des eaux salines naturelles (T1, T2 et T3)

Après la réalisation de chacune des trois coupes ou prélèvement, les organes des plantes (feuille, tige, racine) sont séparés. Un prélèvement moyen d'échantillon se réalise à partir d'un mélange de toutes les plantes de chacune des espèces étudiées et ce par traitement et par bloc. Les organes sont pesés et mis à l'étuve à 75°C jusqu'à stabilité du poids sec.

La minéralisation de la matière sèche a été réalisée par une attaque triacides du type : HNO₃ - H₂ SO₄ - HClO₄ selon la proportion 10/1/4.

Le dosage du potassium, calcium et magnésium est réalisé par un spectrophotomètre à absorption atomique. Le dosage du sodium a été réalisé avec un spectrophotomètre à flamme.

RÉSULTATS

Selon les résultats des tableaux 1 et 2, on remarque que pendant les quatre premières semaines, les plantes de tomate et de haricot fabriquent peu de matière sèche et assimilent beaucoup de calcium. Aussi on remarque notamment chez la tomate que les plantes alimentées par les eaux salines naturelles forment des racines dont leur teneur en Ca est très élevée par rapport à celle de la partie aérienne (feuille + tige). Ceci montre bien qu'en condition de culture défavorable (salinité et déséquilibre ionique) l'activité métabolique de la tomate est ralentie et par conséquent une accumulation de Ca s'observe au niveau des racines des plantes.

L'analyse de la teneur en Ca montre que cet élément est peu mobile dans la plante. Il diminue au cours du deuxième prélèvement (45 jours après semis) au niveau des organes analysés des espèces étudiées. L'abaissement de la teneur en Ca est fortement observé chez la tomate.

Tableau 1 : Teneur de Ca dans les organes de jeunes tomates (% de matière sèche)

		T ₁	T _{1C}	T ₂	T _{2C}	T ₃	T _{3C}	T ₄
C ₁	Pa	8,78	9,60	9,92	10,02	12,19	9,32	11,74
	Pr	8,57	5,20	13,02	10,40	14,77	8,74	9,86
C ₂	Pa	1,75	1,41	1,70	0,95	1,73	1,24	1,63
	Pr	1,48	0,72	1,23	2,38	1,41	0,65	1,58
C ₃	Pa	1,88	2,42	2,90	1,92	2,42	2,88	2,21
	Pr	1,66	1,54	2,89	2,66	1,57	0,27	2,54

Pa : partie aérienne feuille + tige, Pr : partie racinaire

Tableau 2: Teneur de Ca dans les organes de jeunes haricots (% de matière sèche)

		T ₁	T ₁ C	T ₂	T ₂ C	T ₃	T ₃ C	T ₄
C ₁	Pa	1,85	2,06	1,81	2,15	2,33	2,39	2,31
	Pr	1,35	1,22	2,67	1,15	1,64	1,46	1,46
C ₂	Pa	1,95	1,28	2,16	1,57	1,34	1,40	1,61
	Pr	0,64	0,66	0,98	0,92	0,75	0,61	0,66
C ₂	Pa	0,94	0,90	0,88	0,83	1,02	0,97	1,05
	Pr	0,36	0,40	0,48	0,45	0,38	0,41	0,41

Pa : partie aérienne feuille + tige, Pr : partie racinaire

Au fur et à mesure du développement des plantes, le haricot manifeste toujours une diminution de la teneur en Ca au niveau des organes étudiés. En revanche, la tomate montre un accroissement de la teneur en l'élément considéré puisque l'on enregistre à 60 jours après semis au niveau de la partie aérienne, des teneurs légèrement

élevées en Ca.

La correction des eaux salines naturelles ne semble pas affecter grandement la teneur en Ca dans les organes étudiés. Néanmoins, on enregistre au niveau des traitements corrigés une migration du Ca de façon ralentie des racines vers les parties aériennes puisque sa teneur

diminue dans les racines et augmente dans les parties aériennes.

Selon les résultats des tableaux 3 et 4, le magnésium est représenté en assez faible teneur dans les racines des plantes ce qui confirme sa facilité d'absorption par les plantes et son transfert vers la partie aérienne.

Tableau 3: Teneur de Mg dans les organes de jeunes tomates (% de matière sèche)

		T ₁	T ₁ C	T ₂	T ₂ C	T ₃	T ₃ C	T ₄
C ₁	Pa	3,66	3,86	3,81	2,28	4,62	4,34	3,48
	Pr	1,24	1,14	1,57	1,74	1,20	0,08	1,14
C ₂	Pa	1,46	0,85	1,30	1,19	1,25	0,91	0,74
	Pr	1,23	0,74	1,00	0,57	1,12	0,76	0,71
C ₃	Pa	1,24	1,82	1,82	1,69	1,85	1,84	1,16
	Pr	1,13	1,14	1,57	1,24	1,20	0,08	0,94

Pa : partie aérienne feuille + tige, Pr : partie racinaire

Tableau 4: Teneur de Mg dans les organes de jeunes haricots (% de matière sèche)

		T ₁	T ₁ C	T ₂	T ₂ C	T ₃	T ₃ C	T ₄
C ₁	Pa	1,16	1,41	1,15	1,54	1,20	1,25	0,62
	Pr	1,46	1,69	1,50	1,82	1,49	1,44	0,87
C ₂	Pa	0,69	0,27	0,42	0,30	0,36	0,34	0,34
	Pr	0,89	0,30	0,42	0,32	0,62	0,51	0,39
C ₃	Pa	1,57	1,27	0,64	0,73	1,66	0,94	0,97
	Pr	1,93	2,16	1,17	1,12	1,68	1,86	1,17

Pa : partie aérienne feuille + tige, Pr : partie racinaire

Cette observation est similaire à celle de Heller [6], qui signale qu'à l'opposé du Ca^{++} , le Mg^{++} est un élément mobile, dans la mesure où il migre facilement dans les différentes parties de la plante.

Après 30 jours de culture, l'accumulation du Mg^{++} semble être plus importante au niveau des racines de haricot irriguées par les eaux salines naturelles T_1 et T_3 . La correction des eaux salines facilite le transfert du Mg des racines vers la partie aérienne en permettant une meilleure assimilation notamment chez le haricot. Au fur et à mesure du développement des plantes, on

remarque après 45 jours de culture, une diminution de teneur en Mg^{++} au niveau des organes étudiés pour chacun des traitements analysés. Ceci est probablement lié aux besoins des plantes qui ne sont pas élevés durant cette phase de développement. Par contre les besoins se font ressentir à 60 jours après semis où l'on enregistre une migration appréciable de Mg^{++} des racines vers les tiges et les feuilles des plantes coïncidant avec la période de floraison chez la tomate et de début nouaison chez le haricot.

L'analyse des tableaux 5 et 6 montre que la composition en potassium

des organes de la tomate 30 jours après semis est inférieure à celle du haricot. Par rapport aux plantes témoins (Traitement T_4) les plantes ont une plus forte proportion de K dans les organes analysés. Il est important de constater l'extrême pauvreté des organes des plantes de tomate irriguées par le traitement naturel le plus salé T_2 ; ceci peut s'expliquer par la difficulté d'assimilation du K par les racines et son transfert vers la partie aérienne suite à la pression osmotique élevée et le déséquilibre ionique du milieu alimentaire.

Tableau 5: Teneur de K dans les organes de jeunes tomates (% de matière sèche)

		T_1	T_{1C}	T_2	T_{2C}	T_3	T_{3C}	T_4
C_1	Pa	6,90	7,53	2,18	7,56	6,28	7,66	5,12
	Pr	2,18	3,15	2,18	3,17	1,67	3,28	2,31
C_2	Pa	6,96	15,75	4,58	12,60	9,73	13,59	8,58
	Pr	6,19	5,55	5,88	8,36	4,74	4,96	4,50
C_3	Pa	11,82	16,43	7,90	15,38	12,73	15,34	12,09
	Pr	5,04	5,06	2,14	7,54	5,08	1,91	3,57

Pa : partie aérienne feuille + tige, Pr : partie racinaire

Tableau 6: Teneur de K dans les organes de jeunes haricots (% de matière sèche)

		T_1	T_{1C}	T_2	T_{2C}	T_3	T_{3C}	T_4
C_1	Pa	10,50	16,50	10,0	8,25	8,25	13,50	9,25
	Pr	06,0	7,75	4,50	4,25	3,0	05,0	2,75
C_2	Pa	6,75	10,75	9,75	10,75	6,25	09,0	4,0
	Pr	5,25	4,75	4,75	5,50	5,75	5,50	1,50
C_3	Pa	9,50	13,53	15,0	13,50	8,0	10,60	5,75
	Pr	5,50	3,0	3,0	3,0	5,50	2,25	1,50

Pa : partie aérienne feuille + tige, Pr : partie racinaire

La correction des eaux salines naturelles accroît les prélèvements de K par les plantes ainsi que les teneurs. La partie aérienne des plantes présente une teneur en K supérieure à celle des racines, ce qui peut dire que l'élément analysé présente une grande mobilité à

l'échelle de la cellule, des organes, et de la plante comme le signale Coïc et Lesaint [10].

L'analyse à 45 jours après semis de la teneur en K en cours de la croissance végétative des cultures montre que la teneur de ce dernier diminue progressivement chez le

haricot à l'exception du T_{2C} . Inversement, la teneur de K^+ croît chez la tomate dans les organes des plantes (phase de développement correspondante au stade de début floraison où la teneur en K des feuilles est importante).

Comme on le constate dans les tableaux 7 et 8, les valeurs observées au niveau des organes des plantes témoins (T_4) en comparaison avec celles des autres traitements ne diffèrent pas significativement des valeurs

supposées standard. Ceci permet de dire que quelle que soit la teneur en Na dans les milieux, ce dernier reste peu mobile à l'exception des traitements les plus salés T_2 et T_2C qui manifestent les teneurs les plus élevées et qui semblent être en

relation avec la teneur de cet élément ($30,45 \text{ cmol}^l$) dans les solutions nutritives. L'assimilation du Na chez la tomate est plus importante que chez le haricot.

Tableau 7: Teneur de Na^+ dans les organes de jeunes tomates (% de matière sèche)

		T_1	T_1C	T_2	T_2C	T_3	T_3C	T_4
C_1	Pa	3,84	4,72	5,94	6,11	5,23	3,88	4,44
	Pr	3,22	3,37	3,63	3,53	2,22	3,20	2,77
C_2	Pa	3,94	5,27	8,88	5,82	5,44	4,44	4,16
	Pr	2,77	3,61	3,05	4,16	2,50	3,33	2,77
C_3	Pa	5,27	6,38	11,38	6,11	5,27	6,11	5,55
	Pr	2,50	4,72	4,72	5,00	2,77	4,16	3,33

Pa : partie aérienne feuille + tige, Pr : partie racinaire

Tableau 8: Teneur de Na^+ dans les organes de jeunes haricots (% de matière sèche)

		T_1	T_1C	T_2	T_2C	T_3	T_3C	T_4
C_1	Pa	1,80	2,05	2,20	2,20	2,00	2,00	2,05
	Pr	2,75	3,00	3,80	3,70	2,70	3,00	3,65
C_2	Pa	0,70	1,00	0,65	1,20	0,60	0,70	0,85
	Pr	1,85	2,90	2,60	3,15	1,30	2,35	2,85
C_3	Pa	0,25	2,25	0,75	3,35	0,20	1,85	1,25
	Pr	1,70	3,50	2,50	3,00	1,15	1,85	2,20

Pa : partie aérienne feuille + tige, Pr : partie racinaire

Les racines de haricot sont plus chargées en Na que la partie aérienne en raison de la forte rétention de ce dernier dans les tissus conducteurs ou vasculaires. D'une manière générale, il semble, que les feuilles de haricot soient moins chargées en Na, comparées aux racines. Nos résultats sont conformes à ceux de Morard [11], Wallace [12], Hamza [13], Slama [14], qui observèrent que chez le haricot (plante glycophyte), la plus sensible au NaCl, l'accumulation du Na décroît des racines, tiges, aux feuilles. Au fur et à mesure du développement des plantes, la teneur en Na des organes analysés diminue chez le haricot et augmente chez la tomate. A 60 jours après

semis, les racines des plantes étudiées révèlent une accumulation de Na^+ dans les racines en limitant son transfert en grande quantité dans les parties aériennes tout en créant ainsi une forme d'adaptation des plantes en milieu salé. La correction des eaux salines accroît la teneur en Na^+ dans les plantes en stimulant ainsi son absorption par les racines et son acheminement vers les tiges puis les feuilles. Cet effet est plus important chez la tomate que chez le haricot.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Compte tenu des résultats obtenus, la notion de sélectivité chez une plante apparaît comme une

fonction des besoins de chacune des phases physiologiques. On a remarqué une inégalité dans l'absorption du K et du Na. L'absorption du K est supérieure à celle du Na. Selon Slama [14], la grande majorité des cellules possède un système de répulsion active du sodium et un système d'absorption active du potassium en faisant intervenir des mécanismes cellulaires de la «pompe à sodium». Le K^+ et Na^+ se présentent comme des ions antagonistes ou inhibiteurs mutuels. Les teneurs de K dans les organes analysés dépassent largement les autres éléments dosés en raison de leur présence en quantité importante et absolument indispensables.

Cette importance réside dans son rôle fondamental qu'est la régulation des fonctions de la plante, en favorisant la synthèse des sucres et participe à leur transfert vers les organes de réserve, tout en intervenant dans l'assimilation chlorophyllienne. Aussi les teneurs en calcium à 30 jours après semis chez la tomate sont très élevées par rapport au haricot. Nos résultats sont comparables à ceux d'Al-rawahy *et al.* [15] qui indiquent que

le Na⁺ s'accumule en premier lieu au niveau des racines ensuite, il migre vers les feuilles. Le passage du sodium des racines vers les feuilles est un mécanisme de résistance à la salinité puisque la tomate espèce moyennement sensible à la salinité libère facilement le Na des racines vers la partie aérienne. Inversement le haricot espèce sensible à la salinité migre très lentement le Na vers les tiges et les feuilles.

Mais le fait qui mérite d'être tout

particulièrement souligné est la différence entre les équilibres cationiques racinaires et foliaire des espèces étudiées. C'est ainsi que la tomate caractérisée par des parties aériennes relativement riches en K et en Na a des racines pauvres en magnésium ; par contre le haricot, qui se différencie de la tomate par un pourcentage relativement faible de Mg dans ses parties aériennes, a des racines plus riches en sodium.

RÉFÉRENCES

- [1]. Laradj Zazou R. (2013). Effet de la salinité sur le comportement hydrique et minéral du haricot (*Paseolus vulgaris L.*). Mémoire de Magister, Université d'Oran, Algérie, 123 P.
- [2]. Snoussi S.A. (2001). Valorisation des eaux salines pour la nutrition des plantes cultivées. Thèse Doctorat. d'Etat en Sciences Agronomiques I.N.A El- Harrach .Alger. Algérie. 152 p
- [3]. Besri M. (1990). Effet de la salinité sur le développement des maladies des plantes, Institut Technique et Vétérinaire Hassan II, Maroc, 9-11 pp.
- [4]. Djerroudi Zidane O., Belhoudja M., Hadjadj S. & Bissati S. (2010). Effect of Salt Stress on the Proline Accumulation in Young Plants of *Atriplex Halimus L.* and *Atriplex Canescens* (Pursh) Nutt, *European Journal of Scientific Research*, 249-260 pp.
- [5]. Lachhab I., Louahlia S., Laamarti M., & Hammani K. (2013). Effet d'un stress salin sur la germination et l'activité enzymatique chez deux génotypes de *Medicago sativa*, Vol. 3 (2) : 511-516.
- [6]. Heller R. (1981). *Physiologie végétale, nutrition*, 2^e édition, Ed. Masson. Paris. 244P.
- [7]. Guignard J.L. (1974) . *Abrégé de biochimie végétale*. Ed Masson. 173p.
- [8]. Vilain M. (1993). *La production végétale*. Deuxième édition. Vol 1. Les composantes de la production. Ed. J.B. Baillièrè. 438p.
- [10]. Coïc Y. & Lesaint C. (1983). *Culture hydroponique, technique d'avenir*. Ed. Maison Rustique. Paris. 300 p.
- [11]. Morard P. (1995). *Les cultures végétales en Hors-sol*. Pub. Agri. Paris. 301p.
- [12]. Wallace A. (1963). *Solute uptake by intact plants*. U.S.A. Ed Edwards Brothers. 178p.
- [13]. Hamza M. (1979). Réponse des végétaux à la salinité. *Rev. Physiol. Vég.* 18(1): 69-81.
- [14]. Slama F. (1982). Effet du chlorure de sodium sur la croissance et la nutrition minérale : Etude comparative de 6 espèces cultivées. Thèse Doc. D'état, Tunis : 214p.
- [15]. Al-rawahy S.A. , Stoehein J.L., & Pessaraki M. (1992). Dry-mater yield and nitrogen-, Na⁺, Cl⁻ and K⁺ content of tomatoes under sodium chloride stress. *Journal of plant nutrition*. 15 (3): 341-359.