

Endurcissement des plantules de tomate industrielle

Ahmed SKIREDJ¹*, Hassan EL ATTIR¹, Noureddine CHTAÏNA² & Anas CHLYEH¹

(Reçu le 02/10/2002 ; Accepté le 23/12/2002)

تقوية المقاومة العامة لشتلات الطماطم المصنعة

إن من أكبر المشاكل التي يواجهها أرباب المشاتل المختصة بالطماطم المصنعة ببلادنا التأخير الإجباري لتوزيع الفسائل المهيأة وذلك من جراء تهطل الأمطار التي تمنع المزارعين من الغرس، فيرفض الفلاح تسليم الشتائل ويضطر صاحب المنبت لإبقائها عنده، فتفقد جودتها. لهذا يعد تهييء الشتلات لمقاومة ماينجم عن تأخير الغرس من انخفاض للجودة ذا أهمية بالغة. ويتم إنتاج الشتلات القوية فوق أحواض عائمة مغطات بمحلولات غذائية ذات ملوحة مختلفة، محفوظة في بيوت بلاستيكية. ولقد أجريت تجارب حول تقوية مقاومة فسائل الطماطم المصنعة بمنطقة اللكوس ومكنت من ربح ثلاثة إلى ثلاثة عشرة يوماً من التأخير دون تأثير سلبي على الجودة، وتمتاز هذه الشتلات القوية بنسبة كثلتها الجافة، الخضرية على الجذرية، يتراوح قدرها بين 2,5 و 2,8، ويمكن استعمال هذه النسبة كأساس لبحوث مستقبلية.

الكلمات المفتاحية : الطماطم المصنعة - التقوية - الشتلات - المنبت - التدبير - الصهاريج الطافية - اللكوس

Endurcissement des plantules de tomate industrielle

Un des problèmes de la gestion d'une pépinière de tomate industrielle est le séjour supplémentaire de quelques jours des plants, imposé par certains facteurs dont le mauvais temps, ce qui réduit de leur qualité au moment de la livraison à l'agriculteur. L'endurcissement des plants par un stress alimentaire et/ou salin a permis de réduire le problème. Il permet au pépiniériste de gagner un intervalle supplémentaire de temps, de 3 à 13 jours, selon la nature du stress, sans répercussions négatives sur la qualité morphologique ou physiologique des plants. Les plants endurcis et produits sur bassins flottants couverts par des tunnels nantais dans la région du Loukkos ont rapidement repris leur croissance après plantation. Les meilleurs plants endurcis ont présenté un rapport de biomasse sèche de la partie végétative à celle des racines de 2,5 à 2,8. Ce rapport peut servir comme base pour des études ultérieures.

Mots clés: Tomate industrielle - Endurcissement - Plants - Pépinière - Gestion - Bassins flottants - Loukkos

Hardening of processing tomato seedlings

One of the major problems in tomato nursery management is related to late delivery to growers due to bad weather for few more days. This reduces their final commercial quality. Hardening of seedlings, by nutritional and/or saline stress reduced the problem and allowed the nursery manager to gain 3 to 13 days, depending on stress nature. Hardened seedlings, produced in Loukkos area, on floating basins and under plastic tunnels, started their growth quickly after planting. The best seedlings had a vegetative to root biomass ratio of 2.5 to 2.8. This ratio can be used as basis for further investigations.

Key words: Processed tomato - Hardening - Seedlings - Nursery - Management - Floating Basins - Loukkos area

¹ Département d'Horticulture, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202 Madinat Al Irfane, 10101, Rabat, Maroc

² Département de la Protection des Plantes, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P. 6202 Madinat Al Irfane, 10101, Rabat, Maroc

* Auteur correspondant, e-mail: ahmeskir@yahoo.fr

INTRODUCTION

Au Maroc, la tomate industrielle occupe 75 à 80 % des superficies des cultures maraîchères destinées à l'agro-industrie, soit l'équivalent de 6000 à 7000 ha/an, avec une production moyenne, durant les cinq dernières années, de 200 000 à 300 000 tonnes par an (Chibane, 2001). Le rendement obtenu dans les régions productrices est faible et oscille autour de 40 t/ha (Elattir *et al.*, 2000). La mauvaise qualité des plantules, résultant d'un séjour supplémentaire en pépinière imposé par le mauvais temps, est responsable en partie de cette faiblesse de production. En effet, lorsqu'il pleut, les sols lourds du Gharb, principale région de production de la tomate industrielle au Maroc, ne s'approprient pas au travail et ne permettent pas la plantation. L'agriculteur, attendant le ressuyage de son terrain pour le travailler, se trouve contraint de refuser toute livraison de plants de la pépinière. Ces plants, prêts pour une plantation programmée à un moment donné, subissent alors un séjour qui s'étend souvent à une dizaine de jours en pépinière. Ils s'étiolent, se fragilisent et démarrent mal après plantation.

Par ailleurs, la sauvegarde et l'amélioration de la qualité des plantules en pépinière s'imposent. Une solution pratique réside dans l'endurcissement des plants qui peut être obtenu par différentes techniques:

- Exposition des plants au froid du plein air en les sortant de la serre (technique utilisée par le gérant de la pépinière de la Compagnie Industrielle du Lukkus).
- Pulvérisation de retardants de croissance (Cornillon & Bieche, 1999).
- Exposition à un stress hydrique (Thakur & Thakur, 1993; Pillay & Beyl, 1990).
- Exposition à un stress salin (Satti & Lopez, 1994; Urrestarazu *et al.*, 1999; Wiebe & Muhyaddin, 1987; Sanchez & Azuara, 1979).
- Exposition à un stress alimentaire (Frett *et al.*, 1991; Green *et al.*, 2000; Liptay & Sikkema, 1998).
- Traitement des semences au PEG (Balibrea *et al.*, 1999; Khan *et al.*, 1992; Khang & cho, 1996; Lescover & Sims, 1987; Muhyaddin & Wiebe, 1989; Pill *et al.*, 1991).

Ces techniques exigent une compétence particulière de la part du pépiniériste pour leur utilisation. Certaines d'entre elles présentent aussi le risque de faire perdre aux plantules leur caractère attrayant à leur livraison à l'agriculteur,

jaunissement des feuilles et limbe très réduit, ce qui pose avec acuité le problème commercial de ces plantules.

Le présent travail a pour objectifs:

- d'adapter la nature et la phase d'application de l'endurcissement afin d'obtenir des plants bien endurcis de tomate industrielle, ayant une bonne reprise et une croissance rapide après plantation;
- de déterminer, en pépinière et après plantation, les rapports optima des biomasses foliaires et racinaires des meilleurs plants endurcis.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'essai a eu lieu en pépinière de la CIL (Compagnie Industrielle du Loukkos), située à Laâouamra, au Loukkos, au Nord du Maroc, en bassins flottants, de 0,2m de profondeur) couverts par des tunnels nantais, de dimensions 1,5m x 3m, dont le plastique est de 50 microns d'épaisseur. Ces tunnels ont été aérés le jour afin de permettre le renouvellement de l'air. Ils ont été fermés le soir afin d'emmagasiner la chaleur accumulée pendant la journée. La variété utilisée a été la Boss 8066 (F1), généralement distribuée aux producteurs par la CIL. Le semis a eu lieu le 08-03-2001 en plateaux alvéolés de liège blanc, de dimensions 0,4 m x 0,8 m, à 425 trous, de 35 cm³, remplis de substrat terreux, dont la composition chimique figure au tableau 1 et flottant à la surface de la solution nutritive. La composition chimique de celle-ci (Tableau 2) diffère selon la nature des traitements. Le protocole expérimental a été conçu en blocs aléatoires complets à 3 traitements et 3 répétitions. Les traitements sont définis comme suit (Tableau 3): T₁ (témoin, sans stress); T₂ (double stress, alimentaire et salin) et T₃ (stress alimentaire). Chaque bloc contenant les 3 traitements est répété 3 fois. Les variables suivies sont:

- (1) la hauteur de la tige, du collet à l'insertion de la plus jeune feuille (en cm, mesurée par un mètre ruban);
- (2) la circonférence de la tige de la plantule au niveau du collet (en cm, mesurée par un pied à coulisse);
- (3) la surface foliaire des feuilles (en cm², mesurée par un scanner spécifique);
- (4) la biomasse des racines;
- (5) la biomasse de la partie aérienne de la plante (en g MS/plant, mesurées à l'aide d'une balance de précision, après séparation des racines de la partie aérienne de la plantule);
- (6) les teneurs foliaires en éléments nutritifs (% MS): K, Ca, Mg et Na (par spectrophotométrie).

Les stades des mesures sont 23, 33, 38, 46, 67 et 77 jours après semis (JAS) pour les variables (1,2,3,4 et 5) et 33, 46 et 67 JAS pour les variables (6). Chaque variable est la moyenne de 12 mesures de plants différents choisis au hasard.

Après chaque renouvellement des solutions nutritives, les bassins ont été rincés et remplis à l'eau claire pendant une demi-journée. Le 20 avril 2001, tous les plants ont reçu une pulvérisation d'un engrais foliaire à base d'acides aminés (Sipfol) afin de leur donner un aspect morphologique final attrayant à la sortie de la pépinière. Deux traitements phytosanitaires à base de Mancozèbe ont été effectués le 25 mars et le 15 avril 2001 d'une

Tableau 1. Composition chimique du substrat utilisé

Élément	Quantités
Ca ⁺⁺ (még/100 g de tourbe)	97
Mg ⁺⁺ (még/100 g de tourbe)	9
K ⁺ (még/100 g de tourbe)	5
Matière organique (%)	59
P ₂ O ₅ (ppm)	309
pH	6,6
EC (dS/m)	0,66

Tableau 2. Composition chimique des solutions utilisées en bassins flottants

Solutions nutritives (SN)	Composition chimique
Eau claire	EC: 0,6 dS/m; pH: 5,8; Ca ⁺⁺ : 2,8 még/l; Mg ⁺⁺ : 0,8 még/l; K ⁺ : 0,1 még/l; Na ⁺ : 1,9 még/l; Cl ⁻ : 2 még/l; SO ₄ ⁻ : 1 még/l; HCO ₃ ⁻ : 2,5 még/l
Eau + NaCl (EC= 1,6 dS/m)	eau claire + 0,64 g NaCl/l
SN à EC = 1 dS/m	eau claire+ 0,22 g/l KNO ₃ + 0,1 g/l CaCl ₂
SN à EC = 1,6 dS/m	eau claire+ 0,51 g/l KNO ₃ + 0,18 g/l CaCl ₂ + 0,15 g/l MgSO ₄
SN à EC = 2 dS/m	eau claire+ 0,64 g/l KNO ₃ + 0,25 g/l CaCl ₂ + 0,23 g/l MgSO ₄

Tableau 3. Définition des traitements

Période	JAS	Objectif	Traitement T ₁ (témoin, sans stress)	Traitement T ₂ (double stress +NaCl)	Traitement T ₃ (stress alim.)
Du 10 au 30 mars*	2-22 (20 j)	Détermination du stade de 1 ^{ère} application du stress	Eau claire (EC: 0,6 dS/m)	Eau claire (EC: 0,6 mmohs/cm)	Eau claire (EC: 0,6 mmohs/cm)
Du 31 mars au 9 avril	23-32 (10 j)	Endurcissement précoce	Solution nutritive (EC: 1,6 dS/m)	eau + NaCl (EC: 1,6 dS/m)	eau claire (EC: 0,6 dS/m)
Du 10 au 18 avril	33-42 (10 j)	Rétablissement progressif des plantules	Solution nutritive (EC: 2 dS/m)	Solution nutritive (EC: 1 dS/m)	Solution nutritive (EC: 1,6 dS/m)
Du 19 au 23 avril	43-46 (4 j)	Rétablissement final des plantules	Solution nutritive (EC: 2 dS/m)	Solution nutritive (EC: 2 dS/m)	Solution nutritive (EC: 2 dS/m)

* : 8 et 9 mars 2001: plants dans la chambre de germination (25°C; 95 % HR; couverture des plateaux par du plastique transparent fin (20 microns).

manière préventive contre le mildiou et l'alternaria.

Le suivi durant le premier mois après plantation a eu lieu à la ferme de la SMADA (Société Maroc-Arabe de Développement Agricole) située à Sidi Allal Tazi, sur sol lourd (superficie 0,5 ha), avec 3 répétitions par traitement, un écartement entre lignes simples de 1,6 m et un espacement dans les rangs de 0,25 m; l'irrigation était gravitaire. Le terrain a été travaillé une semaine avant la plantation à la charrue à 3 disques, avec deux passages de cover crop, un passage de la niveleuse, traceuse et billonneuse. La plantation des plants âgés de 46 jours a eu lieu le 24 avril 2001. En même temps, une irrigation copieuse de 50 mm d'eau a été entreprise.

Au stade 6 jours après plantation (JAP), un apport de 3 q/ha d'ASP (19-38-0) a été effectué lors de l'opération du premier buttage. Cet apport équivaut à 57 kg/ha de N + 114 kg/ha de P₂O₅. La 2^{ème} irrigation a eu lieu au stade 12 JAP, suite à l'émission de nouvelles racines et le départ de nouvelles jeunes feuilles. Une semaine après, la culture a reçu 3 q/ha d'ammonitrate, soit 100 kg/ha de N et un 2^{ème} buttage. Au stade 25 JAP, la culture a reçu la 3^{ème} irrigation. Ces techniques culturales sont les plus courantes dans la région (Elattir *et al.*, 2000). Les conditions climatiques entre mars et mai 2001 ont été favorables. Le tableau 4 donne les températures qui ont régné lors de l'essai. Le suivi de la culture a pris fin au stade 30 JAP.

Tableau 4. Température de l'air ambiant (1) et sous tunnels (2) entre mars et mai 2001 (°C)

Données	Mars (1)	Mars (2)	Avril (1)	Avril (2)	Mai (1)	Mai (2)
Décade 1	15	17	16	18	22	24
Décade 2	14	15,5	17	19	24	26
Décade 3	19	22	18	20	26	28
Moy. mensuelle	16	17,5	17	19	24	26

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Caractérisation morphologique des plantules

Au stade 23 JAS, juste avant le changement de l'eau claire des bassins flottants par les solutions nutritives qui correspondent aux traitements étudiés, tous les essais sont encore identiques (eau claire); les plantules n'ont pas encore subi de stress, bien qu'il y ait apparition d'un léger jaunissement des feuilles montrant que les réserves alimentaires du substrat ont été assez épuisées. Pendant la première phase des plantules (0-22 JAP), celles-ci se nourrissent des réserves du substrat de semis. Dès le 23^{ème} JAP, les besoins alimentaires commencent à se manifester et il faut faire les premiers apports de fumure. *Green et al.*, (2000) ont aussi commencé à apporter des engrais à leurs plantules en pépinière au stade 23 JAS. Par contre, dans la pépinière de la CIL, en dehors de nos essais, aucun apport de fumures n'est effectué après celui du mélange du substrat de semis.

Au stade 33 JAS, c'est-à-dire après 10 jours de traitement de stress alimentaire (T₃) ou du double stress, alimentaire et salin (T₂), la croissance s'est bien ralentie au niveau des plantules stressées: stagnation de l'élongation et de l'épaississement des tiges ainsi que du développement du limbe des feuilles. Par contre, au niveau des témoins nourris par les réserves du substrat de semis, complétées par une solution nutritive relativement équilibrée, à EC de 1,6 dS/m (T₁), la croissance a été normale et rapide, ce qui témoigne de l'adaptation de la composition chimique de cette solution nutritive utilisée (Tableau 5). Liptay & Sikkema (1998), travaillant dans les conditions californiennes, ont aussi adapté la solution nutritive aux réserves alimentaires du substrat utilisé et à la composition chimique de l'eau d'irrigation. Les plants du traitement T₁, malgré leur précocité, n'ont pas pu être distribués aux producteurs à cause de leur faible teneur en matière sèche (Tableau 6); ils ont dû rester encore quelques jours en pépinière afin d'atteindre le stade de livraison.

Au stade 38 JAS, soit après 5 jours de rétablissement et de correction du stress par des solutions nutritives à EC progressivement croissante pour éviter le choc salin, ce sont les plants du traitement T₃ (stress alimentaire) qui se sont rétablis les premiers, bien avant les plants du traitement T₂ et sont arrivés à avoir la qualité souhaitée par les agriculteurs: hauteur moyenne

Tableau 5. Mesures morphologiques

Stade (JAS)	Traitements	Hauteur (cm/plant)	Circ.tige au collet	Surface (cm ² /plant)
23	T ₁ (témoin)	9,2	0,8	1,9
	T ₂ (double stress)	9,0	0,7	1,8
	T ₃ (stress aliment.)	9,1	0,7	1,9
	Moyenne	9,1	0,7	1,8
	% CV	2	1	3
33	T ₁ (témoin)	14,7 a	1,1 a	4,9 a
	T ₂ (double stress)	9,1 b	0,7 b	1,8 b
	T ₃ (stress aliment.)	9,2 b	0,7 b	2,0 b
	Moyenne	11	0,83	3,23
	% CV	15,2	13,5	10,1
38	T ₁ (témoin)	18 a	1,1 b	13,0 a
	T ₂ (double stress)	10 c	1,1 b	8,5 c
	T ₃ (stress aliment.)	12 b	1,3 a	11,5 b
	Moyenne	13,33	1,16	11,0
	% CV	9,1	3,1	0,9
46	T ₁ (témoin)	30,0 a	1,2 b	18,4 a
	T ₂ (double stress)	12,1 c	1,3 b	12,2 c
	T ₃ (stress aliment.)	18,0 b	1,5 a	16,4 b
	Moyenne	20,03	1,33	15,66
	% CV	8,5	4,5	4,6
67	T ₁ (témoin)	31,1 a	1,2 b	19,4 a
	T ₂ (double stress)	15,8 c	1,3 b	12,2 b
	T ₃ (stress aliment.)	19,3 b	1,5 a	18,4 a
	Moyenne	22,06	1,33	16,66
	% CV	7,6	2,2	9,7
77	T ₁ (témoin)	32,0 a	1,4 b	20,0 a
	T ₂ (double stress)	16,0 c	1,5 b	13,3 b
	T ₃ (stress aliment.)	20,0 b	1,8 a	19,6 a
	Moyenne	22,66	1,56	17,63
	% CV	5,4	3,5	8,2

Circ.tige: Circonférence de la tige ; % CV = coefficient de variation
Les valeurs par colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newmann & Keuls à 5 %.

de 12 cm, épaisseur de la tige de 1,3 cm et limbe réduit. Les plants témoins T₁ ont été, à 38 JAP, à la limite de la bonne qualité morphologique: léger étiolement, 18 cm de haut. Ces plants témoins, âgés de 38 jours, devaient sortir de la pépinière au stade 35 JAP afin d'éviter leur étiolement, mais pour le besoin de l'essai, ils sont restés en place et ont continué à subir le traitement T₁. Par contre, les plants du traitement T₂, double stress, alimentaire et NaCl, n'étaient pas encore prêts à la plantation et offraient, à 38 JAP, une mauvaise apparence et particulièrement un limbe de petite taille et peu attrayant. Wiebe & Muhyaddin (1987), Urrestarazu *et al.* (1999) et Satti & Lopez (1994) ont aussi trouvé que le NaCl provoque des dégâts morphologiques aux plantules qui nécessitent un rétablissement de quelques jours en pépinière pour retrouver leur aspect normal.

Tableau 6. Biomasse des plantules (mg MS/plant)

Stade (JAS)	Traitements	Racines	P.a.	RPa/racines
23	T ₁ (témoin)	43	86	2
	T ₂ (double stress)	43	86	2
	T ₃ (stress aliment.)	43	86	2
	Moyenne	43	86	2
	% CV	8	11	-
33	T ₁ (témoin)	55 a	153 a	2,78
	T ₂ (double stress)	48 c	87 c	1,81
	T ₃ (stress aliment.)	52 b	121 b	2,32
	Moyenne	51,66	120,33	2,33
	% CV	11,1	19,8	-
38	T ₁ (témoin)	196 a	610 a	3,11
	T ₂ (double stress)	133 c	350 c	2,63
	T ₃ (stress aliment.)	174 b	453 b	2,6
	Moyenne	167,66	471	2,8
	% CV	12,3	20,7	-
46	T ₁ (témoin)	586 a	2911 a	4,96
	T ₂ (double stress)	392 c	1105 c	2,82
	T ₃ (stress aliment.)	535 b	1780 b	3,32
	Moyenne	504,33	1932	3,83
	% CV	17,7	28,7	-
67	T ₁ (témoin)	613 b	2922 a	4,77
	T ₂ (double stress)	411 c	1122 c	2,73
	T ₃ (stress aliment.)	703 a	1806 b	2,57
	Moyenne	575,66	1950	3,39
	% CV	22,8	19,5	-
77	T ₁ (témoin)	615 b	2988 a	4,86
	T ₂ (double stress)	425 c	1158 c	2,72
	T ₃ (stress aliment.)	733 a	1977 b	2,70
	Moyenne	591	2041	3,45
	% CV	25,6	26,7	-

P.a. : Partie aérienne ; R: Rapport ; % CV = coefficient de variation
Les valeurs par colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newmann & Keuls à 5.

Au stade 46 JAS, jour de distribution des plants aux agriculteurs, les plants témoins sont devenus étioles après 8 jours de séjour supplémentaire en pépinière. Les plants du traitement T₂ ont eu besoin de plus de temps en pépinière pour se rétablir du stress et avoir la bonne qualité morphologique souhaitée. Avec ces plants, le pépiniériste a gagné les 13 jours qui correspondent au retard de leur croissance sans répercussion négative sur la qualité. Les plants du traitement T₃ (stress alimentaire), passant aussi un séjour supplémentaire en pépinière de 8 jours, conservent, par contre, leur bonne qualité morphologique, mais ne peuvent pas tolérer un autre séjour en pépinière au risque de perdre leur bonne apparence.

Ainsi, les plants issus d'un semis effectué en un même jour, le 8 avril 2002, ont été prêts pour la plantation à différents stades: 35-38 JAS (plants témoins T₁); 38-46 JAS (plants T₃, en stress alimentaire) et 46-48 JAS (plants T₂, en stress alimentaire et salin). Un séjour supplémentaire des plants en pépinière a donc été obtenu avec différentes durées pouvant s'adapter à la période que le mauvais temps impose au pépiniériste (3 jours pour les plants T₁; 11 jours pour les plants T₃ et 13 jours pour les plants T₂).

2. Caractérisation physiologique des plantules (biomasse)

Bien que le critère morphologique des plants à la livraison (bonne apparence) attire l'agriculteur, le critère physiologique " biomasse sèche " des plants est le plus important dans la réussite de la reprise après plantation (Cornillon & Biech, 1999; Satti & Alyahyai, 1995). Toutes les mesures (Tableau 6) montrent qu'à un stade donné, en pépinière (0-46 JAS), la biomasse des racines et de la partie aérienne des plants a été la plus élevée chez les plants témoins T₁, intermédiaire chez les plants T₃ (stress alimentaire) et relativement faible chez les plants T₂ doublement stressés.

Au stade 38 JAS, les plants qui pouvaient être distribués aux agriculteurs étaient:

- (1) les plants du traitement T₁, caractérisés par un poids racinaire de 196 mg/plant et une biomasse aérienne de 610 mg/plant (rapport R= biomasse végétative (BV)/ biomasse racinaire (BR)=3,11);
- (2) les plants T₃ (BR=174 mg/plant; BV=453 mg/plant; R=2,6). Ces derniers présentaient un rapport (R = 2,6) plus faible que celui des plants T₁ (3,11), signifiant que l'enracinement est plus important. L'enracinement constitue le principal critère pour juger la qualité des plantules (Lee & Kwang, 1999).

Au stade 46 JAS, les plants T₁ ont perdu leur qualité morphologique, par étiolement, et physiologique (rapport élevé: R=4,96 au lieu de 2,5-3,5). Les plants ayant subi le stress sont de meilleure qualité (Urrestarazu *et al.*, 1999): équilibre entre partie aérienne et partie souterraine; R= 3,5 pour les plants T₃ et 2,8 pour les plants T₂. Ces derniers, doublement stressés, peuvent supporter encore un séjour de 3-4 jours puisque leur biomasse peut augmenter et atteindre celle des plants T₃.

En ce qui concerne le suivi des plants après plantation, trois semaines après celle-ci, la reprise, déterminée par la formation de nouvelles racines est encore faible pour les plants T₁ (rapport élevé: R= 4,7-4,8).

La reprise est relativement améliorée pour les plants T₂, mais nettement meilleure pour les plants T₃ avec une augmentation de la BR de 535 à 703 mg/plant et de la BV de 1780 à 1806 mg/plant. Ces variations de biomasses correspondent à une diminution du rapport R de 3,32 à 2,57, montrant que l'enracinement a été meilleur pour les plants T₃. Un mois après plantation, les plants T₂ et T₃ ont bien démarré alors que les plants témoins T₁ ont à peine connu un début de bonne reprise et ont nécessité deux buttages en plus des autres plants (coût d'installation relativement plus élevé et retard de démarrage de croissance).

Les plants qui ont subi le stress ont été bien endurcis et ont bien repris et rapidement démarré, comme l'ont confirmé d'autres chercheurs (Cornillon & Biech, 1999; Urrestarazu *et al.*, 1999; Chloupek & Rod, 1992).

3. Caractérisation alimentaire des plantules (teneurs en éléments minéraux)

Du stade 33 JAS (dernier jour de stress) au stade 46 JAS (dernier jour de séjour en pépinière), les teneurs de la partie aérienne des plantules en calcium, magnésium et potassium ont connu une légère augmentation au niveau des plants témoins T₁. Par contre, au niveau des plants stressés T₂ et T₃, l'augmentation a été forte et rapide. En plein champ, après plantation, il y a stabilisation des teneurs en Ca et Mg au niveau des trois traitements, une stagnation de la teneur en K chez les plants témoins T₁, mais une forte augmentation de la teneur potassique chez les plants stressés, conformément aux résultats de Di Candilo *et al.* (1994); Di Candilo & Silvestri (1993); Mitchell *et al.* (2000); Satti *et al.* (1995). Le potassium, connu pour son rôle anti-stressant (Kang & cho, 1996) s'est distingué au stade 67 JAP des autres éléments minéraux par sa forte absorption par les plants stressés. En ce qui concerne le sodium, la teneur foliaire est constante (0,1 % MS) chez les plants témoins T₁ et les plants stressés T₃. Par contre, elle est la plus élevée chez les plants T₂ en présence du milieu salin à base de NaCl. Cette teneur va en diminuant progressivement avec la disparition du stress.

Tableau 7. Teneurs foliaires en bases échangeables (% MS)

Stade	Traitements	Ca	Na	Mg	K	(S)	R*
33	T ₁ (témoin)	0,5	0,1	0,3	0,7	1,6	0,43
	T ₂ (double stress)	0,2	0,8	0,1	0,3	1,4	0,21
	T ₃ (stress aliment.)	0,3	0,1	0,1	0,2	0,7	0,28
	Moyenne	0,33	0,33	0,16	0,4	1,22	0,33
46	T ₁ (témoin)	0,6	0,1	0,4	1,0	2,1	0,47
	T ₂ (double stress)	0,5	0,6	0,3	0,7	2,1	0,33
	T ₃ (stress aliment.)	0,6	0,1	0,4	0,8	1,9	0,42
	Moyenne	0,57	0,27	0,37	0,83	2,04	0,4
67	T ₁ (témoin)	0,6	0,1	0,4	1,0	2,1	0,47
	T ₂ (double stress)	0,5	0,5	0,3	1,2	2,5	0,48
	T ₃ (stress aliment.)	0,6	0,1	0,4	1,3	2,4	0,54
	Moyenne	0,57	0,23	0,37	1,16	2,33	0,49

* R = rapport K à la somme des bases échangeables (S).
S = K+Ca+Na+ Mg

Le rapport du potassium foliaire des plantules aux bases échangeables totales foliaires (Ca+Na+Mg+K) est constant (0,43-0,47) pour les plants témoins T₁, durant les périodes de rétablissement en pépinière et de la reprise en plein champ.

Pour les plants stressés T₂, ce rapport passe rapidement de 0,21 à 0,33 en pépinière puis à 0,48 en plein champ.

Pour les plants T₃, ce rapport passe, en pépinière, de 0,28 à 0,42 et après plantation à 0,54.

Le potassium a donc déplacé le sodium pour les plants T₂. Il a été relativement mieux absorbé par les plants endurcis T₃. Satti *et al.* (1995) ont, eux aussi, trouvé que le potassium et le calcium corrigent le problème de salinité en s'accumulant dans les plantules, et en rendant celles-ci plus tolérantes à la salinité.

Le potassium améliore la croissance de la tomate en présence de forte dose de NaCl (Satti & Lopez, 1994). Le calcium retarde la sénescence et maintient la structure de la paroi cellulaire et l'intégrité de la membrane (Poovaiah, 1979). Le calcium trouve sa supériorité au NaCl dans l'endurcissement des plants, même à des EC élevées (Mitchell *et al.*, 2000), sans provoquer de dégâts morphologiques de jaunissement du limbe de la plantule comme le fait le chlorure de sodium.

CONCLUSION

L'endurcissement des plants de tomate industrielle en pépinière a été obtenu en jouant sur la composition du milieu nutritif. La technique des bassins flottants a facilité la modification des solutions nutritives d'un traitement à l'autre. En conduisant les plants sur de l'eau claire, le stade de l'épuisement des réserves alimentaires du substrat de semis a été déterminé dès l'apparition des premiers symptômes de carence alimentaire. Ce stade correspond, dans les conditions de l'essai, au 22^{ème} JAP.

En appliquant le stress alimentaire et/ou salin, à base de NaCl, pendant une dizaine de jours, à partir du 23^{ème} jour après semis, la croissance a nettement été ralentie et l'accumulation ionique dans les plantules a été différente selon la nature de ces ions. Le degré d'endurcissement des plants a aussi été différent selon la nature du stress:

- Les plants témoins sont précoces et ne supportent pas de séjour supplémentaire en pépinière.
- Les plants stressés par une carence alimentaire ont supporté une semaine supplémentaire en pépinière sans effet négatif sur leur qualité.
- Les plants doublement stressés par NaCl et par une carence nutritive ont supporté la plus longue période de 13 jours en pépinière. Cette durée est très bénéfique pour la gestion de la distribution des plants en période pluvieuse pendant laquelle les agriculteurs attendent le ressuyage de leur terrain pour pouvoir le travailler et planter.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Balibrea ME, Parra M, Bolarin MC & Perez AF (1999) PEG-osmotic treatment in tomato seedlings induces salt-adaptation in adult plants. *Australian Journal of Plant Physiology* 26 (8): 781-786
- Chibane A (2001) Les cultures maraîchères de l'agro-industrie au Maroc. Bulletin annuel de la division d'horticulture au ministère d'agriculture et de développement rural
- Chloupek O & Rod J (1992) The root system as a selection criterion. *Plant Breeding Abstracts* 62 (12): 1337-1341
- Cornillon P & Bieche BJ (1999) Fertirrigation and transplant production. Proceedings of the Sixth International ISHS Symposium on the Processing Tomato and the Workshop on Irrigation and Fertigation of Processing Tomato, Pamplona, Spain, 25-29 May. *Acta Horticulturae* (487): 133-137
- di Candilo M & Sil vestri GP (1993) Calcium and magnesium fertilization of processing tomatoes. *Advances in Horticultural Science* 7(1): 3-6
- di Candilo M, Silvestri GP & Bieche BJ (1994) Sulphur, calcium and magnesium in processing tomatoes grown in sub-alkaline or sub-acid soils. Fifth international symposium on the processing tomato, Sorrento, Italy, 23-27 Nov. *Acta Horticulturae* (376): 207-214
- Elattir H, Skiredj A & Chtaïna N (2000) Rapport de synthèse de la convention "Tomate industrielle" entre l'IAV Hassan II et les industriels, CIL et LCM
- Frett JJ, Pill WG & Morneau DC (1991) A comparison of priming agents for tomato and asparagus seeds. *HortScience : a publication of the American Society for Horticultural Science* 26 (9): 1158-1159
- Green JL, Blackburn B, Kelly S, Albahou M, Sonneveld C & Berhoyen MNJ (2000) Efficient fertilization of nursery crops - plant controlled uptake. Proceedings of the XXV International Horticultural Congress. Part 1. Culture techniques with special emphasis on environmental implications, nutrient management, Brussels, Belgium, 2-7 August, *Acta Horticulturae* (511): 59-64
- Kang JS & Cho JL (1996) Effect of optimal priming conditions on seed germination and seedling growth of tomato. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* 37(5): 645-651
- Khan AA, Maguire JD, Abawi GS & Ilyas S (1992) Matricconditioning of vegetable seeds to improve stand establishment in early field plantings. *Journal of the American Society for Horticultural Science* (USA), 117 (1): 41-47
- Lee JW & Kim KY (1999) Tomato seedling quality and yield following raising seedlings with different cell sizes and pretransplant nutritional regimes. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* 40 (4): 407-411
- Leskovar DI & Sims WL (1987) Emergence and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in response to presowing treatments. *Acta Horticulturae* (200): 145-152
- Liptay A & Sikkema P (1998) Varying fertigation volume modifies growth of processing tomato transplants produced in the greenhouse and affects leaching from plug trays. *HortTechnology* 8 (3): 378-380
- Mitchell JP, Shennan C, Singer MJ, Peters DW, Miller RO, Prichard T, Grattan SR, Rhoades JD, May DM & Munk DS (2000) Impacts of gypsum and winter cover crops on soil physical properties and crop productivity when irrigated with saline water. *Agricultural Water Management* 45(1):55-71

- Muhyaddin T & Wiebe HJ (1989) Effects of seed treatments with polyethyleneglycol (PEG) on emergence of vegetable crops. *Seed Science and Technology* 17 (1): 49-56
- Pill WG, Frett JJ & Morneau DC (1991) Germination and seedling emergence of primed tomato and asparagus seeds under adverse conditions. *Horticultural Science* 26 (9): 1160-1162
- Pill WG & Stubbolo MR (1986) Tomato seedling growth in peat and peat-lite blocks amended with hydrophilic polymer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 17 (1): 45-61
- Pillay I & Beyl C (1990) Early responses of drought-resistant and -susceptible tomato plants subjected to water stress. *Journal of Plant Growth Regulation* 9 (4): 213-219
- Poovaiah BW (1979) Role of calcium in ripening and senescence. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 10 (1-2): 83-88
- Sanchez MP & Azuara P (1979) [Effect on the mineral content in tomato plants (*Lycopersicum Esculentum*) of solutions of iso-osmotic concentration of NaCl or PEG-4000]. *Agrochimica* 23 (5-6): 377-386
- Satti SME & Alyahyai RA (1995) Salinity tolerance in tomato: implications of potassium, calcium, and phosphorus. *Communications in soil science and plant analysis* 26 (17-18): 2749-2760
- Satti SME, Lopez M & Alrawahy SA (1995) Effects of saline nutrient solutions on the growth and accumulation of mineral elements in some tomato cultivars. *Communications in soil science and plant analysis* 26(13-14): 2097-2106
- Satti SME & Lopez M (1994) Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25 (15-16): 2807-2823
- Thakur PS & Thakur A (1993) Influence of triacontanol and mixtalol during plant moisture stress in *Lycopersicon esculentum* cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry* 31 (3): 433-439
- Urrestarazu M, Guzman M, Sanchez A, Salas MC, Lorente FA & BiecheBJ (1999) Effect of evolution in the increase of nutrient solution E.C. on quality parameters of tomato seedlings. Proceedings of the Sixth International ISHS Symposium on the Processing Tomato and the Workshop on Irrigation and Fertigation of Processing Tomato, Pamplona, Spain, 25-29 May. *Acta Horticulturae* 487): 213-218
- Wiebe HJ & Muhyaddin T (1987) Improvement of emergence by osmotic seed treatments in soil of high salinity. *Acta Horticulturae* (198): 91-100