

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Etude du comportement des cultures de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) et de piment (*Capsicum annuum* L.) conduites en lignes simples et lignes jumelées sous serre

K. Ben Mbarek* & A. Boujelben

Keywords: Tomato- Red pepper- Agronomic parameters- Water efficiency

Résumé

Les cultures de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) et de piment (Capsicum annuum L.) sous serre, sont très développées en Tunisie. L'irrigation localisée au goutte-à-goutte y a permis des économies en eau. D'autres modes de conduite des cultures, entre autre la plantation en lignes jumelées combinée avec l'irrigation localisée, pourraient améliorer la gestion de l'eau d'irrigation. Dans cet objectif, nous avons réalisé un essai expérimental sur deux cultures sous serre, plantées en lignes simples et en lignes jumelées, irriguées au goutte-à-goutte avec des doses simples et des doses doubles en eau d'irrigation. Certains paramètres agronomiques, en l'occurrence la hauteur du plant, le nombre et le calibre des fruits, la production cumulée, la précocité et la productivité du mètre cube d'eau d'irrigation, ont été étudiés. La culture du piment, avec un écartement de 80 cm entre les lignes, a donné les résultats les plus performants avec des lignes simples et des simples doses d'irrigation. Par contre, la culture de tomate en rangs doubles avec un écartement de 90 cm entre les lignes et double apport d'eau, a donné la meilleure récolte en quantité, qualité et précocité. L'efficacité de l'eau d'irrigation est meilleure dans le cas des lignes jumelées qui ont reçu de simples doses.

Summary

Behaviour Study of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and Red Pepper (*Capsicum annuum* L.) Crops under Greenhouse Conditions Conducted in Single and Twinned Rows

Tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) and red pepper (Capsicum annuum L.) crops under greenhouse conditions and drip irrigation are widely developed in Tunisia. Although, it is known that drip irrigation permitted some water savings. Other cultural techniques such as single or twinned planting rows combined with drip irrigation system could improve the water management. In this aim we have conducted an experimental trial under greenhouse adopting drip irrigation with simple and double amounts of water and single and twinned planting rows. Some agronomic traits in the occurrence the height of plants, the fruit number and yield per plant, the precocity and the water efficiency were studied. The red pepper culture with a spacing of 80 cm between lines, gave the best results in the simple row and simple amount of irrigation treatment. On the other hand, tomato, in twinned rows (90 cm among rows) with double amount of water gave the best reaps in yield and more precocious. Whereas the higher water irrigation efficiency was obtained for the treatment combining the twinned planting rows and simple amount of water.

Introduction

Dans certaines régions arides et semi-arides, caractérisées par une variation spatio-temporelle de la pluviométrie, l'eau devient de plus en plus rare. En Tunisie, si d'un côté les efforts ont été déployés pour la mobilisation des ressources hydrauliques, de l'autre côté, la demande en eau est de plus en plus importante suite à un accroissement démographique

rapide, une urbanisation accélérée, une diversification des activités économiques, une intensification de l'agriculture et une extension des périmètres irrigués. L'irrigation consomme à elle seule plus de 83% des ressources en eau mobilisées (9). Une stratégie nationale d'économie en eau s'est imposée pour assurer la durabilité des ressources en eau et leur utilisation.

* Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Élevage 4042, Chott Mariem, Tunisie.
Tel. 73 348544, 73348546. Fax : 73348716. E-Mail: benmbarekkamel@yahoo.fr
Reçu le 01.10.03. et accepté pour publication le 28.01.04.

Le rationnement en eau d'irrigation s'est montré non rentable du fait qu'il entraîne une nette baisse du rendement et de la production commercialisable (7). Cependant, d'autres techniques appliquées isolément ou en combinaison, peuvent induire des économies en eau d'irrigation. Citons ainsi le choix adéquat de la technique d'irrigation permettant l'ajustement précis des doses d'arrosage, la répartition homogène de l'eau administrée, l'alimentation hydrique régulière de la plante sous un faible potentiel de l'eau dans le sol, l'application des techniques culturales, en l'occurrence la plantation en lignes jumelées pour les espèces qui s'y prêtent et le recours aux variétés tolérantes au stress hydrique.

A travers le monde, l'irrigation localisée au goutte-à-goutte est réputée comme étant une technique contribuant à la résolution partielle du problème de pénurie d'eau. En effet, elle est dotée d'une efficacité assez élevée (80 à 90%) en comparaison avec celle de l'irrigation traditionnelle à la raie (40 à 60%) (1). Elle limite les pertes d'eau par infiltration profonde et assure une répartition plus homogène dans le temps et dans l'espace (3). En Tunisie, sur les 360 000 ha de superficie irriguée ; 14,2% seulement sont équipés par le système goutte-à-goutte. Dans le cas des principales cultures maraîchères, ce système a permis d'enregistrer des économies en eau de 14%, 16% et 42% respectivement pour la pomme de terre, la tomate et le piment (5).

La plantation de la tomate en lignes jumelées a été signalée pour la première fois en Tunisie par Verldot H. en 1980 (10). Boujelben et Grini (2) ont montré que l'irrigation par sillons d'une culture de tomate conduite en lignes jumelées a engendré une économie en eau de 50% par rapport aux lignes simples. Osei-Bonsu (8) a cependant constaté de faibles chutes de rendement du maïs suite à l'utilisation des lignes jumelées.

La combinaison de l'irrigation localisée au goutte-à-goutte avec la plantation en lignes jumelées peut-elle induire davantage d'économie en eau sans toutefois porter atteinte à la quantité et à la qualité de la production? Quel est le comportement des espèces vis-à-vis de ce mode de conduite? Pour répondre à ces questions, un essai expérimental a été réalisé pour comparer les effets de l'utilisation des lignes simples et des lignes jumelées, avec des doses d'irrigation simples et doubles apportées par la technique localisée au goutte-à-goutte sur les paramètres agronomiques de la tomate et du piment sous abri-serre et établir l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation correspondante.

Matériel et méthode

L'essai a eu lieu dans la parcelle expérimentale du Groupement Interprofessionnel des Légumes (GIL) de Sfax (Tunisie) sur des cultures de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) et de piment (*Capsicum*

annuum L.) sous deux éléments de serre froide d'une superficie de 500 m² chacune. Les variétés utilisées sont: Amel à croissance indéterminée pour la tomate et B₂₆ pour le piment. Le sol est sablo limoneux, perméable. Sa densité apparente sur une profondeur de 40 cm est de 1,72. Pour les deux éléments de serre, le précédent cultural était une culture de pomme de terre de saison. La fumure de fond est composée de 120 tonnes/ha de fumier de ferme, 200 kg/ha de super phosphate 45% et 200 kg/ha de sulfate de potasse. La fumure d'entretien est appliquée sous forme d'engrais solubles au cours des irrigations. Les macro-éléments (N, P, K) sont apportés selon les équilibres (20-10-10) et (11-40-11) avec des quantités variables selon l'avancement des stades de développement de la culture. La plantation a eu lieu le 2 et le 3 novembre 1999 avec des distances de plantation en lignes simples de 0,4 m x 0,9 m et de 0,4 m x 0,8 m respectivement pour la tomate et le piment. Pour les lignes jumelées, les écartements sur la ligne et entre les deux lignes jumelées sont de 0,4 m pour les deux espèces; les inter-lignes sont de 1,4 m et 1,2 m respectivement pour la tomate et le piment (Figure 1).

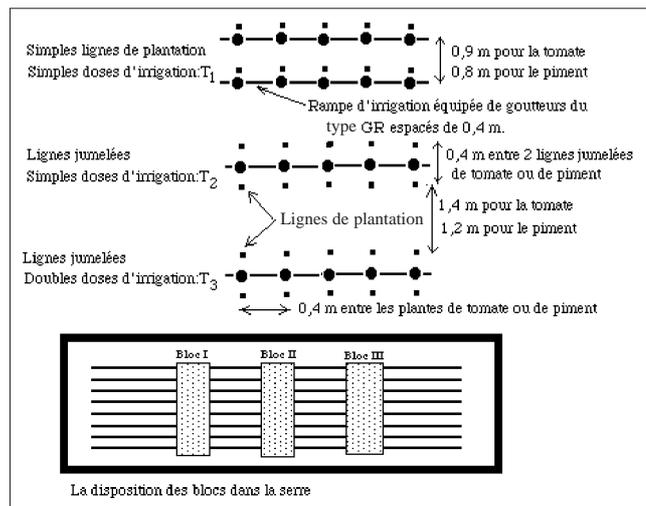


Figure 1: Disposition des lignes de plantation et des rampes d'irrigation.

Les travaux d'entretien se sont limités à la taille des bourgeons axillaires de la tomate, à l'élimination des feuilles de la base des plants et des vieilles feuilles des deux espèces et au désherbage manuel. Des traitements anti-parasitaires ont été effectués pour prévenir le développement du mildiou et de l'acariose bronzée sur la tomate et de l'oïdium sur le piment. Les deux cultures ont été arrêtées à la fin du mois de mai 2000.

L'eau d'irrigation est pompée à partir d'un puits de surface débitant 7 l/s. Elle est caractérisée par une salinité de 1,96 g/l de résidu sec et un pH de 7,35. L'irrigation est effectuée au goutte-à-goutte. Les goutteurs

intégrés sont du type GR, avec un écartement de 0,4 m et ont un débit nominal de 4 l/h chacun (Figure 1). Le test d'uniformité réalisé a montré que le débit réel moyen n'est que de 3,18 l/h. Les besoins en eau des deux cultures ont été déterminés à partir du rayonnement global externe enregistré par la station météorologique de Sfax durant les dernières huit années, de l'évapotranspiration potentielle (6) et du coefficient cultural de chacune des deux espèces. Les apports réels d'eau d'irrigation sont journaliers. Ils ont donc été déterminés en fonction des besoins de chaque espèce et de leur stade de développement (Figure 2).

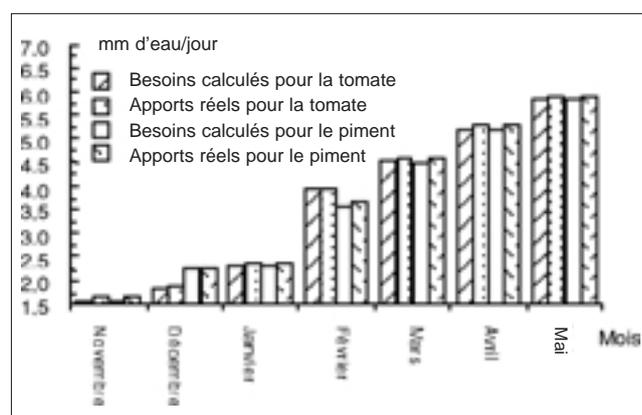


Figure 2: Apports réels et besoins calculés de l'eau d'irrigation de la tomate et du piment en culture sous abri-serre.

Le dispositif expérimental adopté est le Split bloc avec trois répétitions et trois traitements: simples lignes de plantation avec simples doses d'irrigation (T_1), lignes jumelées avec simples doses d'irrigation (T_2) et lignes jumelées avec doubles doses d'irrigation (T_3) (Figure 1). Chaque parcelle élémentaire est formée de 11 plants. Les mesures sont effectuées sur les cinq plants du milieu uniquement pour éviter les effets de bordure. Les paramètres étudiés sont: la hauteur du plant, le nombre et le poids moyen des fruits, la production totale en fruits, la précocité et la productivité du mètre cube d'eau d'irrigation apporté. Les résultats des mesures ont été traités par l'analyse de la variance et la comparaison des moyennes par le test de la plus petite différence significative (ppds).

Résultats et discussions

Cas de la tomate

Un effet «traitement» hautement significatif ($P < 1\%$) a été détecté à travers la hauteur finale du plant, le nombre total de fruits par plant, le rendement total et le poids moyen du fruit. Les coefficients de variation sont faibles et varient de 2 à 8% (Tableau 1).

La hauteur finale du plant est plus élevée pour T_1 (199 cm) et T_3 (196 cm). Elle est plus faible pour T_2 (179 cm) (Tableau 2).

Tableau 1

Résultats de l'analyse de variance, valeur et signification du F pour les différents paramètres étudiés relatifs à la culture de la tomate

Source de variation	ddl	Hauteur finale du plant (en cm)	Nombre total moyen de fruits par plant	Rendement final moyen par plant (en g)	Poids moyen du fruit (en g)
Bloc	2	218,38 ^{ns}	4,019 ^{ns}	71114,786 ^{ns}	13,105 ^{ns}
Traitement	2	330,982 ^{**}	133,578 ^{**}	1082604,81 ^{**}	162,872 ^{**}
Erreur	4	18,014	4,273	28996,56	7,212
Coefficient de variation (%)	–	2,22	5,07	7,85	5,1

Tableau 2

Comparaison des moyennes des différents paramètres relatifs à la culture de la tomate par le test de la plus petite différence significative (ppds)

Traitements	Hauteur finale du plant (en cm)	Nombre total moyen de fruits par plant	Rendement final moyen par plant (en g)	Poids moyen du fruit (en g)
T_1	199 ^a	41 ^b	2255 ^b	55 ^a
T_2	179 ^b	34 ^c	1533 ^c	45 ^b
T_3	196 ^a	47 ^a	2725 ^a	58 ^a

(a), (b), (c): Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles au seuil de 5%.

L'évolution de la hauteur en fonction du temps est similaire pour les trois traitements sauf pour la dernière date (le 22 mai) où le T₂ a enregistré une hauteur nettement plus faible (Figure 3).

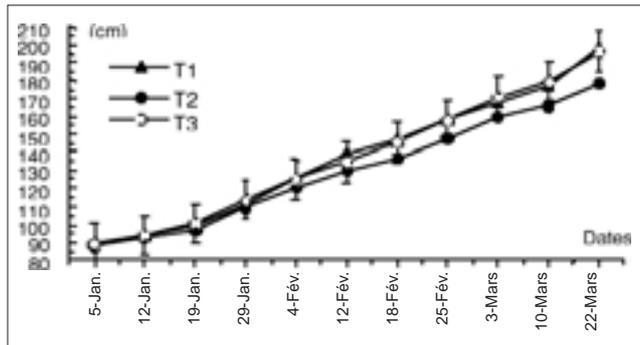


Figure 3: Evolution de la hauteur des plants de tomate (en cm) pour les différents traitements.

Le nombre total de fruits par plant varie selon les traitements. Il est le plus élevé pour T₃ (47 fruits), le plus faible pour T₂ (34 fruits) et intermédiaire pour T₁ (41 fruits) (Tableau 2). Il a évolué similairement pour T₁ et T₃. Par contre, pour T₂, une nette réduction est constatée surtout pour les quatre dernières dates de récolte (à partir du 20 avril) (Figure 4).

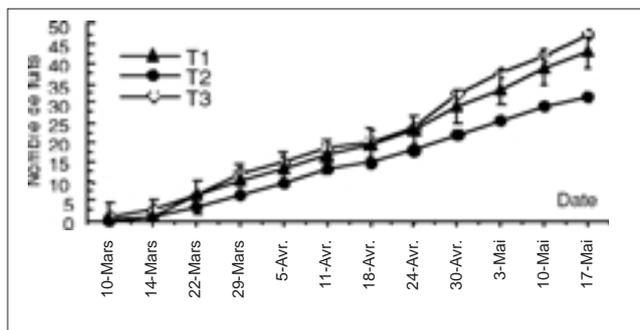


Figure 4: Nombre cumulé de fruits de tomate par plant et par récolte pour les différents traitements.

Le rendement final moyen par plant pour chaque traitement est de 2725 g pour T₃, 2255 g pour T₁ et

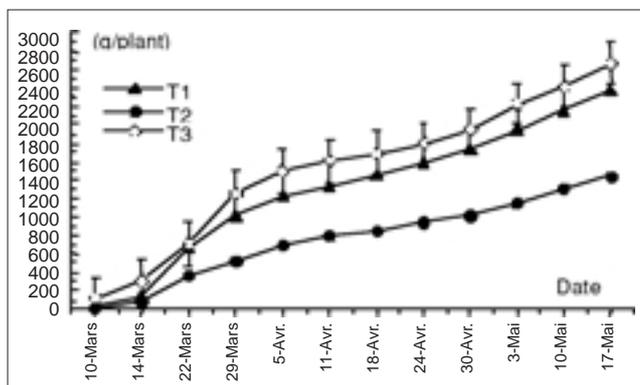


Figure 5: Production cumulée de la tomate (en g/plant) pour les différents traitements.

1533 g pour T₂ (Tableau 2). La progression de la production cumulée par plant en fonction des dates de récolte est comparable pour T₁ et T₃. Elle est clairement plus faible pour T₂ à partir de la troisième récolte (du 22 mai) (Figure 5).

Concernant le poids moyen du fruit, il s'est avéré qu'il est le plus élevé pour T₃ (58 g) et le plus faible pour T₂ (45 g). Le traitement T₁ a donné une valeur intermédiaire (55 g) jugée comparable à celle de T₃ (Tableau 2).

D'après ces résultats, il apparaît que le T₂ où l'alimentation hydrique est relativement limitée par rapport aux deux autres traitements n'a entravé le développement végétatif de la plante (la hauteur) que vers la fin du cycle cultural lorsque la demande atmosphérique est devenue vraisemblablement importante et les réserves en eau facilement utilisables du sol se sont avérées limitées. Ceci pourrait être expliqué par le fait que la tomate a un système racinaire à développement latéral important lui permettant d'atteindre les bulbes de sol humide formés par les goutteurs grâce au phénomène d'hydrotropisme (11).

Le rendement final et le poids moyen du fruit sont significativement plus élevés pour T₁ et T₃ par rapport à T₂. Ceci peut indiquer qu'un phénomène de stress hydrique a affecté la culture au niveau de T₂ et s'est répercuté sur ces paramètres. Le gain de production sur le plan quantitatif et qualitatif pour T₃ a été obtenu au détriment de la productivité de l'eau administrée (Figure 9). En effet, l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation la plus élevée est au niveau de T₂ avec 19,430 kg/m³ et la plus faible est au niveau de T₁ avec 14,272 kg/m³. Celle au niveau de T₃ est intermédiaire avec 17,247 kg/m³. Bien que les quantités d'eau administrées par plant au niveau de T₁ et T₃ soient égales (un goutteur avec simple dose par plant au niveau de T₁ et un goutteur avec double dose pour deux plants au niveau de T₃), il paraît que les plants de tomate ont mieux valorisé cette eau dans le second cas (T₃).

Cas du piment

Un effet « traitement » hautement significatif (P < 1%) pour la hauteur moyenne du plant, le nombre de fruits par plant et le rendement moyen par plant et non significatif pour le poids moyen du fruit a été décelé. Par contre, l'effet bloc est non significatif pour tous ces paramètres. Les coefficients de variation sont faibles et varient de 3 à 11% (Tableau 3).

Tableau 3

Résultats de l'analyse de variance, valeur et signification du F pour les différents paramètres étudiés relatifs à la culture du piment

Source de variation	ddl	Hauteur finale du plant (en cm)	Nombre total moyen de fruits par plant	Rendement final moyen par plant (en g)	Poids moyen du fruit (en g)
Bloc	2	13,782 ^{ns}	26,22 ^{ns}	8119,375 ^{ns}	13,667 ^{ns}
Traitement	2	409,742 ^{**}	542,882 ^{**}	479932,526 ^{**}	4,186 ^{ns}
Erreur	4	11,295	0,925	5715,608	10,735
Coefficient de variation (%)	–	6,8	2,82	7,49	10,9

Tableau 4

Comparaison des moyennes des différents paramètres relatifs à la culture du piment par le test de la plus petite différence significative (ppds)

Traitements	Hauteur finale du plant (en cm)	Nombre total moyen de fruits par plant	Rendement final moyen par plant (en g)	Poids moyen du fruit (en g)
T ₁	62 ^a	49 ^a	1465 ^a	29.9 ^a
T ₂	39 ^b	24 ^c	716 ^b	29.8 ^a
T ₃	47 ^b	28 ^b	847 ^b	30.2 ^a

(a), (b), (c): Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles au seuil de 5%.

La hauteur finale du plant est élevée pour T₁ (62 cm). Elle est plus faible pour T₂ et T₃ avec des valeurs respectives de 39 cm et 47 cm, jugées statistiquement similaires (Tableau 4).

L'évolution de la hauteur en fonction du temps s'est montrée nettement plus élevée pour T₁. Pour T₂ et T₃, elle est plus faible et a suivi la même progression (Figure 6).

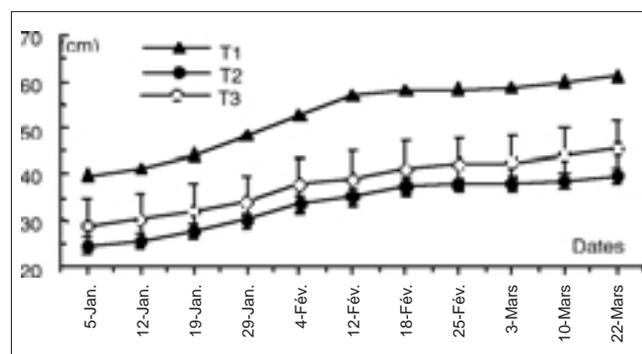


Figure 6: Evolution de la hauteur des plants de piment (en cm) pour les différents traitements.

Le nombre final de fruits de piment récoltés par plant est variable selon les traitements. Il est le plus élevé pour T₁ (49 fruits), le plus faible pour T₂ (24 fruits) et intermédiaire pour T₃ (28 fruits). Par opposition, le poids moyen des fruits est similaire au seuil de 5%

pour les trois traitements (Tableau 4). Pour les deux premières récoltes, le nombre de fruits est identique pour les trois traitements. A partir du 10 mars, T₁ s'est caractérisé par des récoltes plus importantes en nombre de fruits par plant par rapport aux deux autres traitements. Au niveau de T₂ et T₃, les récoltes ne sont pas significativement différentes (Figure 7).

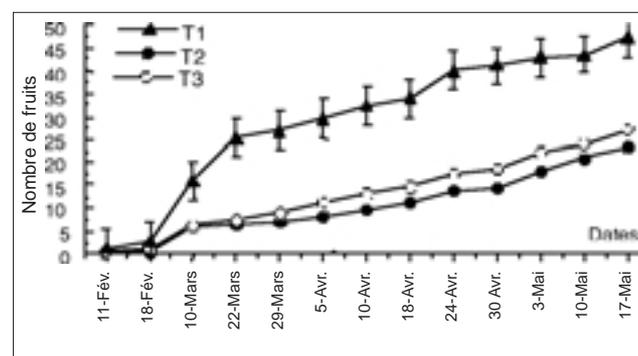


Figure 7: Nombre cumulé de fruits par plant de piment pour les différents traitements.

Le traitement T₁ a donné le rendement final par plant le plus élevé (1465 g) par comparaison à T₂ (716 g) et T₃ (847 g). Les différences entre T₂ et T₃ sont jugées non significatives au seuil de 5% (Tableau 4). Pour les deux premières récoltes, le rendement par plant est analogue au niveau des trois traitements. A partir de la

récolte du 10 mars, T_1 a donné les récoltes les plus élevées. T_2 et T_3 ont donné des récoltes moins importantes et comparables (Figure 8).

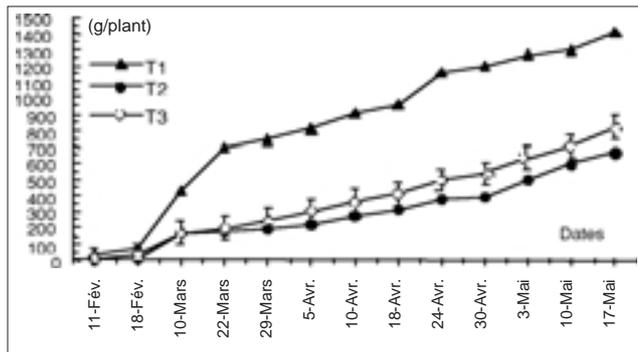


Figure 8: Production cumulée de pimette en g/plant pour les différents traitements.

Il apparaît que les plants au niveau de T_1 sont mieux alimentés en eau. La photosynthèse est plus active. L'accumulation des réserves est plus importante. Cependant, le poids moyen des fruits analogues au niveau des trois traitements peut nous indiquer que le calibre du fruit est contrôlé par des facteurs autres que l'eau.

Les quantités d'eau administrées par plant, au niveau des traitements: T_1 et T_3 sont les mêmes (un goutteur par plant avec une simple dose au niveau de T_1 et un goutteur par plant avec une dose double au niveau de T_3).

En tenant compte de la nature pivotante du système racinaire du piment (4), il semble qu'au niveau de T_3 le système racinaire n'a pas pu explorer convenablement le volume du sol humecté à partir d'un seul goutteur placé entre deux plants jumelés écartés de 0,4 m. Ceci n'a pas permis de satisfaire les besoins hydriques des plants. Par contre, dans le cas de T_1 , le goutteur placé au pied du plant a permis d'humidifier un bulbe facilement exploité par le système racinaire.

L'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation paraît la plus élevée au niveau de T_1 qui n'est pas significativement différent de T_2 avec $9,5 \text{ kg/m}^3$ contre $5,5 \text{ kg/m}^3$ au niveau de T_3 (Figure 9).

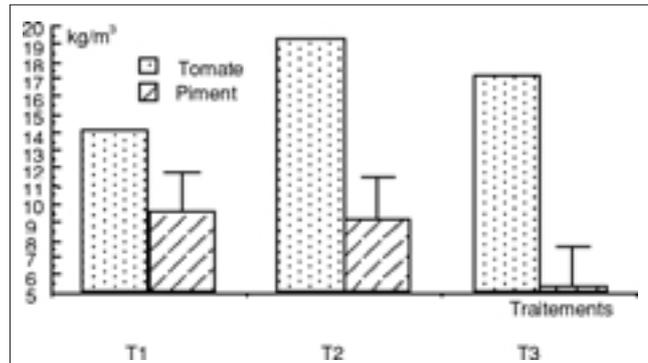


Figure 9: Comparaison de la productivité du mètre cube d'eau d'irrigation en fonction des espèces et des types de traitements.

Conclusion

L'efficacité du type de conduite culturale dépend de l'espèce végétale et de l'objectif recherché: la précocité, la quantité de la production et sa qualité et l'économie en eau d'irrigation. En effet, pour le piment, l'usage des lignes simples avec simple dose paraît le plus performant pour avoir une bonne production précoce avec une bonne efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation. Pour la tomate, la plantation en lignes jumelées et l'irrigation avec une double dose donnent une production élevée de gros calibre mais sans économie d'eau. La conduite en lignes jumelées avec simple dose permet une meilleure productivité de l'eau et du matériel d'irrigation mais elle donne une plus faible production et un calibre réduit des fruits. Il est utile d'effectuer d'autres travaux en ajustant les écartements entre les lignes de plantation pour optimiser la production en quantité et en qualité d'un côté et l'économie en eau et en matériel d'irrigation de l'autre. En plus, une étude technico-économique s'impose pour vérifier l'intérêt des différents modes de conduite.

Références bibliographiques

- Bos M.G. & Nugteren J., 1983, On irrigation efficiencies. International Institute for Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 19, 138 p.
- Boujelben A. & Grini N., 1997, L'irrigation à la raie: utilisation des lignes jumelées pour une meilleure économie en eau. In: International conference on water management, salinity and pollution control towards sustainable irrigation. In: Mediterranean region. 22-26/9/1997, Valenzano (Barry), Italy. Vol. 3, 149-160.
- Boujelben A., Ben Mbarek K. & Belaid A., 2001, Etude comparative de l'irrigation au goutte-à-goutte et à la raie sur une culture de pomme de terre de saison, Tropicultura 19, 3, 110-115.
- Chaux C., 1972, Productions légumières. Collection d'enseignement horticole. Editions J.B. Baillièrre Paris., 415 p.
- Hamdane A., 2001, Les ressources naturelles: évaluation des programmes nationaux de l'économie en eau d'irrigation, Revue de l'agriculture N° 50, 15-22 (en arabe).
- Letard M., Erard P. & Jeannequin B., 1995, Maîtrise de l'irrigation fertilisante, tomate sous serre et abris en sol et hors sol. Centre Technique Interprofessionnel des fruits et légumes. 220 p.
- Ministère de l'Agriculture, 1999, Etude du secteur de l'eau. DGRE Tunis, 6 volumes.
- Osei-Bonsu P., 1998, On farm trials of *Mucuna* spp. in Ghana. Crops Researcher Institute, Ghana. Edité par Centre de Recherche pour le Développement International / IITA / SG 2000. Ottawa, Canada, 318 p.

9. Rabeh S., 2001, Les ressources naturelles - Les ressources en eau en Tunisie: Stratégie de mobilisation et d'exploitation, Revue de l'agriculture N°49: 25-39 (en arabe).
Symposium on production of tomatoes for processing. 1/12/1980, Portugal, ISHS Acta Horticulturae N° 100, Vol. 1.
10. Verlodt H., 1980, Historique de la culture de tomate pour l'industrie en Afrique du nord avec des références particulières à la Tunisie. *In*:
11. Wacquart C., Zuang H., Baille A., Dumoulin J. & Trapateau M., 1995, Maîtrise de l'irrigation fertilisante, tomate sous serre et abris en sol et hors sol. Centre Technique Interprofessionnel des fruits et légumes, 220 p.

K. Ben Mbarek, Tunisien, Ingénieur spécialisé en phytotechnie, amélioration des plantes, 3^{ème} cycle, Enseignant-chercheur.

A. Boujelben, Tunisien, Doctorat ès Sciences en hydraulique appliquée, Directeur du département de génie agricole et du milieu naturel, Maître de conférences, Enseignant-chercheur.

**AVIS DE CHANGEMENT D'ADRESSE
CHANGING OF ADDRESS
ADRESVERANDERING
CAMBIO DE DIRECCION**

Tropicultura vous intéresse! Dès lors signalez-nous, à temps, votre changement d'adresse faute de quoi votre numéro nous reviendra avec la mention « N'habite plus à l'adresse indiquée » et votre nom sera rayé de notre liste.

You are interested in Tropicultura! Make sure to inform us any change of your address in advance. Otherwise your issue will be sent back to us with the postal remarks "Adresse not traceable on this address" and then you risk that your name is struck-off from our mailing list.

U bent in Tropicultura geïnteresseerd! Stuur ons dan uw adresverandering tijdig door, anders riskeert U dat uw nummer ons teruggezonden wordt met de vermelding «Woont niet meer op dit adres» en uw naam wordt dan automatisch van de adressenlijst geschrapt.

Si Tropicultura se interesa, comuniquenos a tiempo cualquier cambio de dirección. De lo contrario la publicación que Ud. recibe nos será devuelta con la mención "No reside en la dirección indicada" y su nombre será suprimido de la lista de abonados.