

Effets de la chaleur nocturne fournie par un capteur solaire à air sur la production de tomate sous serre.

Douja Sellami #1, Sihem Ouerghi #2, Salwa Bouadila*3, Asma Ben Salem-Fnayou*4, Abdelwehed Ghorbel#5

#laboratoire de physiologie moléculaire des plantes, Centre de Biotechnologie de Borj-Cedria, Tunisie

Technopole de Borj-Cedria, BP: Hammam-Lif 2050, Tunisie

1sellami.douja@gmail.com

swahidghorbel@yahoo.fr

*laboratoire de plantes aromatiques et médicinales, laboratoire des procédés thermiques, laboratoire de physiologie moléculaire des plantes

Technopole de Borj-Cedria, BP: Hammam-Lif 2050, Tunisie

2 ouerghi_sihem@yahoo.fr

3 bouadilasalwa@yahoo.fr

4 bensalem_f@yahoo.com

Abstract— La température agit fondamentalement sur le taux de croissance de la plante, la qualité de fruit et la rentabilité. Dans cette recherche, nous avons étudié les réponses de tomates cultivées hors saison sous trois serres différentes: l'une est transparente, les deux autres sont thermiquement isolées dont une est équipée d'un système de chauffage solaire. Ce système est un capteur solaire à air avec stockage latent dont le principe de fonctionnement est de capter l'excès de chaleur diurne et le restituer pour le chauffage nocturne.

Ce travail vise à étudier les effets de l'énergie fournie par le capteur solaire à air sur les paramètres de croissance des plantes. L'évolution des conditions climatiques avec ce système avait affecté positivement le processus de croissance des plantes conduisant à une fructification précoce, une quantité meilleure avec un grand calibre de fruit par rapport à la serre isolée et la serre transparente.

Mots clés— tomate, croissance, rendement, capteur solaire à air

I. INTRODUCTION

La tomate "*Lycopersicon esculentum* Mill" appartient à la famille des solanacées, d'origine tropicale (Amérique latine). Elle a des exigences particulières: sensible au froid, craint beaucoup le gel et les vents chauds et très exigeante en température. La température est le facteur le plus déterminant dans la production de la tomate.

En Tunisie, presque durant toute la mauvaise saison, à la fois la température de l'air (T) et l'humidité relative (HR) n'atteignent pas l'optimum pour la tomate. En fait, la moyenne quotidienne de la température de l'air, mentionnée pour être optimale pour les tomates, est dans l'intervalle de 21-27°C (Abdul-Baki et Stommel, 1995; Sato et al. 2000) et d'environ 60% pour l'HR (Peet et al 2003). La contrainte majeure pour la production de légumes dans les régions méditerranéennes est la basse température de nuit, en particulier en combinaison avec des niveaux élevés de RH. Il est bien connu que la basse température de nuit a un effet défavorable sur la croissance

végétative et générative des plantes de tomate. Jusqu'à ce jour, il n'y a pas de système de chauffage commercial approprié disponible qui est efficace le long de la nuit de la mauvaise saison. En outre, il a été signalé que l'HR au-delà de l'optimum de croissance des plantes inhibe la transpiration (Dorais et al., 2004), la pollinisation et la nouaison (Peet et al., 2003) et est présumé se détériorer la qualité du fruit de tomate selon Banuelos et al. (1985).

La tomate est une culture neutre à la photopériode. Cependant, elle est exigeante en énergie lumineuse dont un manque peut inhiber l'induction florale. La réduction de la lumière baisse le pourcentage de germination du pollen.

La culture de tomate de primeurs, produit leader à l'exportation, a connu de fortes tentatives d'amélioration technologiques au cours des dix dernières années pour s'adapter aux exigences de qualité imposés par les marchés, et permettre de relever le défi de la compétitivité par rapport aux autres origines concurrentielles. Ces tentatives se sont manifestées sur le plan de la production, notamment par l'amélioration de la température nocturne.

Par conséquent, l'objectif principal de cette étude était d'étudier les effets d'un moyen de chauffage présenté par un nouveau capteur solaire à air avec stockage latent par rapport à un microclimat naturel et son influence sur le rendement de la tomate en Tunisie.

II. MATERIELS ET METHODES

A. Serres d'expérimentations

Trois prototypes de serres ont été construits et installés au Laboratoire des Procédés Thermiques au Centre de Recherche et des Technologies de l'Énergie. Une étude expérimentale a été menée sur ces trois serres durant la période de croissance de tomate:

- la 1ère est appelée "Serre transparente " et notée, ST.

- la 2ème est thermiquement isolée, revêtue d'une couverture en panneaux sandwich, et nommée "Serre Thermiquement Isolée" et notée, STI.

- la 3ème, est thermiquement isolée, menée d'un système de chauffage; ce système est le "Capteur Solaire à Air avec Stockage Thermique Latent (CSASTL)". Cette serre est notée, STISTL.

Les trois serres ont une structure mono-chapelle, de mêmes dimensions: 3.7m de largeur, 4m de longueur et 3m de hauteur au centre (Fig.1). Elles occupent chacune une superficie égale à 14.8m².

Les trois serres sont équipées d'extracteurs centrifuges pour l'aération et le refroidissement. Des régulateurs de température sont utilisés pour gérer la commande de la mise en marche des extracteurs. Ces extracteurs se mettent en marche lorsque la température à l'intérieur de la serre est supérieure à la température de croissance optimale diurne des plantes. Ces régulateurs sont gérés par des thermocouples de type K et une température de consigne de 28°C.



(a) (b) (c)

Fig.1: Photo des différentes serres d'expérimentation: (a): Serre transparente; (b): Serre Thermiquement Isolée (STI) et (c): Serre Thermiquement Isolée avec Stockage Thermique Latent STISTL

B. Culture sous serre

Les serres sont plantées de tomate de variété «Amel» le 14 janvier 2014. Les plantes sont disposées, en 4 rangées, au nombre de 7 plantes par rangée, espacées de 40cm (entre les rangées) et de 30cm entre les plantes. L'irrigation a été réalisée par un système de goutte à goutte classique. La variété de tomate «Amel» est une variété hybride, à croissance indéterminée, exploitée pour les cultures de primeurs et d'arrière saisons. Elle donne des fruits arrondis assez gros, réguliers, à peau lisse, à chair pulpeuse et d'excellente qualité gustative.

Le capteur solaire a été réalisé au sein du laboratoire des procédés thermiques (LPT) du centre de recherche et des technologies de l'énergie (CRTE).

La longueur, la largeur et le volume total de l'enceinte du collecteur sont respectivement 2m, 1m et 0.8m³. La face arrière et les bords de l'enceinte du collecteur sont isolés thermiquement par une couche de polyuréthane de 0.05m d'épaisseur et de conductivité thermique 0.028 Wm⁻¹K⁻¹. L'absorbeur est constitué d'un lit de capsules sphériques contenant un matériau à changement de phase (MCP), fixées dans une matrice en acier. Ces capsules de couleur noire ont un diamètre de 0.077m (Fig.2).

Le capteur solaire a été situé à côté de la serre réalisant une boucle fermée avec cette dernière pour lui transmettre la chaleur stockée (Fig.1(c)).

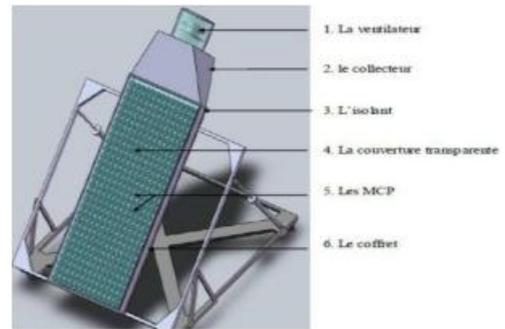


Fig.2: Capteur à air avec stockage thermique latent

C. Système d'acquisition de données

Le système d'acquisition des données mis-en œuvre dans cette expérience comprend des capteurs de températures (des thermocouples de type K), une sonde HMP155A qui fournit des mesures précises et fiables de température et d'humidité relative, un radiomètre de mesure de l'éclairement énergétique sur une surface réceptrice plane résultant des flux rayonnants incidents qui est le pyranomètre de type CM11 et une centrale d'acquisition des données CR5000. Le traitement et le transfert des données de la centrale d'acquisition à l'ordinateur est réalisé avec le logiciel LoggerNet.

D. Les mesures

Au cours de la culture, tous les deux jours, la hauteur de la plante, le diamètre de la tige et le nombre des feuilles ont été mesurés sur 10 plantes sélectionnées. Les dates de floraison ont été enregistrées. Donc, nous avons pu identifier la période de floraison ainsi que de déterminer une estimation de la période de mise à fruit pour le reste de la récolte.

1) Classement de fruits

Cette étude a été menée de Janvier à Mai 2014. Pendant ce temps, les tomates récoltées de chaque plante ont été pesées et additionnées pour comparer le potentiel de rendement total en termes des trois régimes climatiques décrits précédemment. Pour évaluer la qualité des fruits, les tomates récoltées ont également été classées en deux catégories selon le poids (Commercialisable > 150 g; Non-commercialisable <150 g) pour calculer le rendement de la catégorie de poids respective et pour obtenir le cumulatif des rendements.

2) Dosage du malondialdéhyde (MDA)

La peroxydation des lipides est estimée par le dosage de malondialdéhyde (MDA), dérivé final de la peroxydation des lipides membranaires, déterminée selon la méthode décrite par Yagi (1976). Le TBA réagit spécialement avec les aldéhydes principalement le malondialdéhyde (MDA), produit de la dégradation oxydative des lipides et des acides gras polyinsaturés.

Des échantillons de 0.5g sont broyés dans l'azote liquide dans un mortier en porcelaine. La poudre obtenue est homogénéisée dans 5ml d'acide trichloracétique (TCA) 0.1%. Cette homogénéisation est suivie d'une centrifugation pendant 5mn à 10 000 tr/mn à 4°C. Au surnageant, est ajouté un volume égal d'acide thiobarbiturique (TBA) 0.5% préparé dans du TCA 20%. Le mélange est incubé à 100°C pendant

30mn. Dans ces conditions, les composés aldéhydiques essentiels le malondialdéhyde, vont réagir avec le TBA pour former le complexe TBA-MDA. La réaction est arrêtée par un refroidissement immédiat dans de la glace pilée pendant 10mn. L'absorbance du surnageant obtenu après une deuxième centrifugation à 10 000 tr/mn pendant 5mn est lue à 532nm. La densité optique est ensuite corrigée par la soustraction de l'absorbance non spécifique d'un blanc contenant un mélange de TBA-TCA lue à 600nm.

La concentration de MDA exprimée en ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF) est calculée en utilisant son coefficient d'extinction ($\epsilon=155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$).

3) Mesure de la capacité antioxydante totale

Ce test est basé sur la réduction du molybdène (VI) en molybdène (V) par l'extrait de plante. Cette réduction induit, à pH acide, la formation du complexe phosphate/Mo (V) de couleur verte (Prieto et al., 1999). Une aliquote de 0.1ml d'extrait est combinée dans un tube avec 1ml de solution composée d'acide sulfurique (0.6N), de phosphate de sodium (28mM) et de molybdate d'ammonium (4mM). Les tubes sont incubés à 95°C pendant 90 mn. Après un repos de 6mn à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 695nm contre un blanc contenant du méthanol à la place de l'extrait. La capacité antioxydante totale est exprimée en mg d'équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG. g^{-1} MS).

III. RÉSULTATS

A. Variations de la température et de l'humidité relative à l'intérieur des serres

Afin d'étudier l'influence du "capteur solaire à air avec stockage thermique latent" sur la température de l'air intérieur d'une serre, l'utilisation d'un matériau d'isolation (panneaux sandwichs) sur ces parois latérales et sa paroi Nord est nécessaire. Nous représentons dans la Fig.3 les variations de la température de l'air intérieure de la serre et les variations de la température ambiante, en fonction du temps durant la période du 12/02/2014 au 16/02/2014 (étant données ses journées sont typiques).

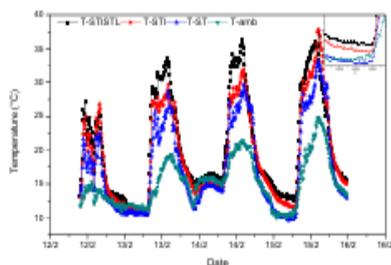


Fig.3: Variations de la température de l'air intérieur des trois serres (transparente (ST), thermiquement isolée (STI) et thermiquement Isolée avec Stockage Thermique Latent (STISTL)) et les variations de la température

ambiante, en fonction du temps durant la période du 12/02/2014 au 16/02/2014

Pendant le jour 14/02/2014, la température de la serre augmente progressivement de 15°C le matin jusqu'à une valeur maximale de 37.5°C atteinte à 13h. Soit une différence de 20°C entre la température intérieure et la température ambiante.

Pendant la nuit, la serre thermiquement isolée présente un écart de 3°C par rapport à la température ambiante. En effet l'isolation introduite dans la serre (pour minimiser les pertes thermiques vers l'extérieur) et l'extraction de l'air chaud du "capteur solaire à air avec stockage thermique latent" installé à côté de la serre ont contribué à élever la température nocturne à 14°C.

A l'intérieur des serres, l'HR est en moyenne plus élevée dans ST spécialement pendant la nuit (83, 88 et 88,28%, en STISTL, STI et ST, respectivement). Les valeurs correspondant au jour étaient au moyen de 62% dans les trois serres. Pendant quelques nuits, l'HR peut dépasser 92% sous ST (Fig.4).

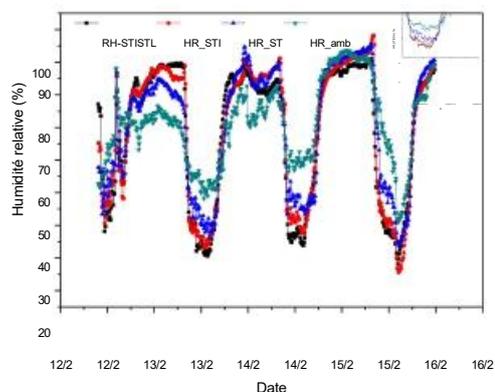


Fig. 4: Variations de l'humidité relative moyenne (HR) à l'intérieur des trois serres: (STISTL): thermiquement isolée et chauffée avec un capteur solaire à l'air, thermiquement isolée (STI) et transparente (ST).

B. Variations de la température du sol dans les trois serres

En observant l'évolution de la température de l'air du sol dans les trois serres, nous remarquons qu'elle suit l'évolution de la température de l'air. En effet, la différence de température du sol entre la courbe de STISTL et celle de ST est plus importante que celle entre la courbe STISTL et STI. Cette différence est respectivement de l'ordre de 5°C et de 3°C pendant le jour et de 2°C et presque nulle la nuit. Ceci est dû au temps de réponse du sol qui est plus important que celui de l'air.

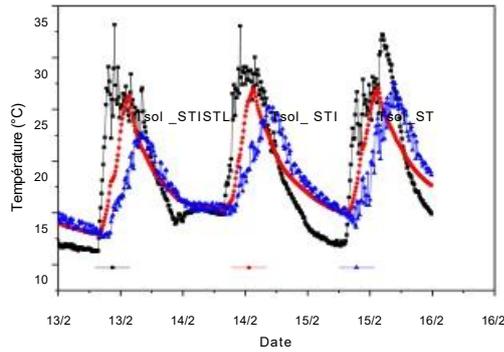


Fig.5: Courbes de variation de la température du sol des différentes serres: thermiquement isolée et chauffée avec un capteur solaire à air (STISTL) ou thermiquement isolée (STI) ou transparente (ST)

C. La croissance végétative

Dans les premières semaines, le développement végétatif de la culture était similaire dans les trois types de serres. Cependant, durant les deux premières semaines, l'impression visuelle globale montre que les plantes cultivées dans STISTL ont été légèrement meilleure en donnant des tiges significativement plus longs et un nombre cumulé moyen de feuilles par plante plus élevé. Par la suite, le développement de la plante a été renforcée en STI que dans ST. Des différences significatives entre les types de serres ont été observées dans le nombre de feuilles et des fruits et la longueur des tiges, soit dans les premiers stades de la période de récolte ou à la fin du procès (Fig.6). Le développement végétatif des plantes cultivée sous STISTL se répercute sur la production fruitière. En fait, il ya une hausse de production à la fin du procès.

Lorsque l'humidité relative est passée de 80 à 90%, une diminution de la hauteur de la tige a été observée. L'humidité relative de 90% ou plus et une basse température de nuit ont diminué la biomasse des jeunes plants de tomate.

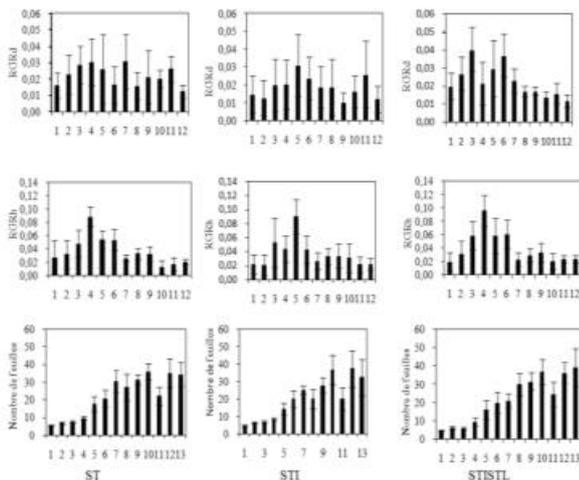


Fig. 6. Taux de croissance relative (RGR) hebdomadaire de diamètre, de la hauteur de la tige et le nombre de feuilles des plants de tomates cultivées sous serres pendant la saison froide 2014 en Tunisie. Les serres sont: transparente

(ST) ou thermiquement isolée (STI) et thermiquement isolée et équipé d'un capteur solaire à air avec stockage latent (STISTL).

D. Effet sur la peroxydation lipidique

L'exposition des plantes aux conditions climatiques de STISTL (une température de nuit basse et une humidité relative élevée) a augmenté de manière significative les valeurs de la peroxydation lipidique. Les effets de ces deux facteurs (température de nuit et RH) ont généré des valeurs maximales qui étaient de 42% pour la peroxydation lipidique. En outre, la culture de plantes sous température nocturne élevée et une faible humidité relative (STISTL) améliore significativement la peroxydation lipidique pour les fruits. L'exposition des plantes à ces facteurs dans la ST a diminué de manière significative les valeurs de la peroxydation lipidique (0,17). Les effets de ces deux facteurs de STI (TN et HR modérée) ont généré des valeurs proches de celle de ST (0,26) (Fig.7).

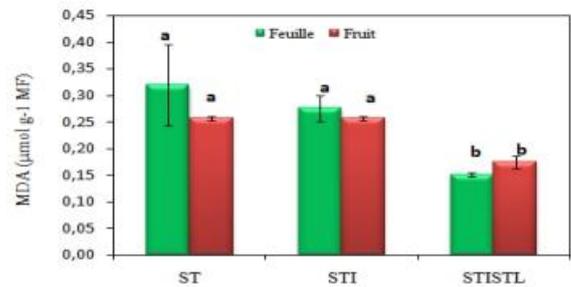


Fig. 7. Les valeurs de la quantité de malondialdéhyde (MDA) dans les feuilles et les fruits de tomates induits par les conditions microclimatiques sous serre transparente (ST), serre thermiquement isolée (STI) et isolée et équipée d'un capteur solaire à air avec stockage latent (STISTL). Les petites lettres signifie des différences sont significatives, le test de Newman-Keuls a été fait fort séparément pour les feuilles et les fruits.

E. Les variations d'activités antioxydantes

Les activités antioxydantes piègeurs de radicaux, ont été étudiés par rapport à la période de croissance de la tomate cultivée dans différentes conditions climatiques. La figure 8 montre que les activités anti-oxydantes totales des feuilles étaient plus faibles dans STISTL par rapport à ceux de la serre isolée, et ont atteint leur maximum dans la serre classique avec une augmentation du début jusqu'à la fin. Les activités ont montré des tendances similaires dans ST et STI à la fin de la période de croissance (Fig.8).

Bien que pour les fruits, l'AOA était similaire dans les différentes conditions climatiques. L'AOA des plantes de (ST) a été de $5,21 \pm 0,62$ mg EAG, les niveaux d'activité dans les deux autres conditions climatiques ont été déterminées, respectivement, $4,43 \pm 0,28$, $4,70 \pm 0,34$ mg EAG g⁻¹ MS.

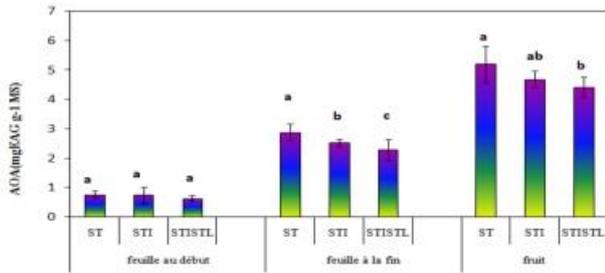


Fig.8: Les valeurs de l'activité antioxydante totale (AOA) (mg EAG g⁻¹MS) dans les feuilles au début et à la fin de la période de croissance et dans les fruits de tomate, sous serre transparente (ST), serre thermiquement isolée (STI) et isolée et équipée d'un capteur solaire à air avec stockage latent (STISTL). Les petites lettres signifient des différences significatives, le test de Newman-Keuls a été fait fort séparément pour les feuilles et les fruits.

F. Le rendement

La récolte a commencé le 22/04 où seul un très petit nombre de fruits mûrs a été cueillis. Sous ST, il n'y a pas encore de fruits mûrs. Vers 13/05 le rendement de fruits par semaine a fortement augmenté et est resté à un niveau d'environ 6-16 kg dans ST, 11-23 dans STI et 19-27 kg dans STISTL jusqu'à 02/06. Par la suite, les rendements de fruits ont diminué de semaine en semaine jusqu'à la fin du procès. Le pourcentage de fruits de petite taille (non commercialisable) était toujours plus élevé dans ST pendant toute la période de récolte (Fig.9b). Il y avait une forte augmentation de la proportion de cette fraction de rendement après 2/06 qui a été particulièrement prononcée dans STI aussi. Par ailleurs, le taux de fruits commercialisables a été beaucoup plus prononcé dans la serre utilisant l'énergie avec stockage latent (Fig. 9a). Lors de la récolte plus tard, les fruits trop petits ont été plus fréquentes dans les trois serres.

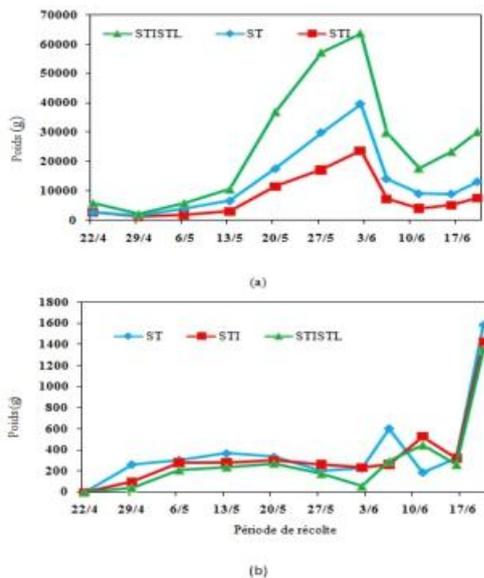


Fig. 9. Le développement temporel du rendement hebdomadaire des fruits commercialisables (a) et non commercialisables (b) des plants de tomates cultivées sous serres pendant la saison froide, 2014. Les serres qui ont été

utilisées sont soit transparente (ST) ou isolée thermiquement (STI) ou isolée et chauffée avec un capteur solaire à air avec stockage latent (STISTL)

IV. DISCUSSION

Nous avons étudié les effets de différents niveaux de l'humidité relative et de la température de nuit sur la croissance des plantes de tomates sous serres. Dans cette étude, les changements dus à des conditions climatiques sur la croissance de la tomate se traduisent par la diminution des taux de croissance relatives de diamètre et de la hauteur des tiges et le nombre des feuilles (Fig.6). Ceci est en accord avec (Talbot et al., 2003 et Cha-um et al., 2010) qui ont documenté que les variations des HR exercent une influence sur la croissance des plantes, le taux d'assimilation de CO₂ de la feuille, l'ouverture stomatique, la transpiration et l'absorption des nutriments. Cependant, d'autres rapports ont montré que l'humidité n'a pas d'effet d'élévation sur la croissance des plantes (Torres-Garcia et al., 2009).

La température et l'humidité relative représentent les problèmes environnementaux les plus répandus auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui en termes de non seulement la qualité des aliments et de la productivité des cultures, mais aussi en termes de ses effets étendus sur les plantes. Les plantes cultivées sous ST et STI ont présenté une légère tendance à augmenter la valeur de la peroxydation des lipides (Fig. 7). Les résultats indiquent que les niveaux élevés de l'activité antioxydante étudiée et la haute étendue de peroxydation lipidique membranaire étaient symptomatiques du stress oxydatif dans les conditions des deux serres conventionnelles et isolées (Fig.7 et 8). En fait, toutes les conditions de stress induisent une augmentation du contenu MDA (Candan et Tarah, 2012).

Dans notre étude, l'augmentation des niveaux de l'AOA dans les feuilles de *S. lycopersicum* au sein de la sévérité des conditions climatiques pourrait être attribuée à la sensibilité sous haute HR et/ou basse température de nuit. La surproduction d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) se produit également sous haute température. L'accumulation de ROS peut provoquer une peroxydation des lipides membranaires, la dénaturation des protéines et des dommages à l'acide nucléique finalement homéostasie de refoulement (Mittler, 2002).

Le rendement est le facteur le plus critique pour les producteurs afin de réaliser les bénéfices. Il est bien établi que le rendement est à l'égard des paramètres de fruits mais il est lié aussi à la croissance des plantes de tomates (Van Der Ploeg et Heuvelink, 2005). Par ailleurs, la température affecte les caractéristiques des fruits et des composants nutritionnels (Dorais et al., 2001). La chaleur totale disponible et l'étendue des températures basses et élevées sont les facteurs les plus importants pour déterminer le taux de croissance et de la composition chimique des cultures horticoles (Lee et Kader, 2000). Nous avons constaté que le rendement augmente avec l'augmentation de T nocturne et de la diminution des HR (Fig.9) mais, selon une récente étude, chaque augmentation de degré centigrade en moyenne de température pendant la saison de croissance peut réduire le rendement des cultures jusqu'à 17% (Lobell et Asner 2003). Les conditions

environnementales défavorables (haute température, humidité élevée, sécheresse, gel, sel, etc.) pendant la croissance et le développement des semences peut réduire la germination, la vigueur et la qualité de traitement des semences de grandes cultures (Egli et al. 2005 et Gelin et al., 2006). Peet et al. (1997) ont prouvé que la nouaison et la production de semences de tomate a diminué lorsque les températures quotidiennes moyennes étaient aussi peu que 2-4°C au-dessus de l'optimale (25°C). Sous conditions environnementales défavorables, les lignes de traitement parthénocarpiques peuvent être particulièrement précieux (George et al., 1984). Aubergine (*Solanum melongena*) cultivars qui produisent des fruits parthénocarpiques dans des conditions environnementales défavorables sont déjà disponibles (Rotino et al., 1997). Cela est conforme à nos résultats dont les conditions climatiques défavorables sont en faveur de la formation des fruits de trop petite taille (non commercialisable).

V. CONCLUSION

Dans des conditions climatiques optimales de température de nuit et de l'humidité relative, il y a une amélioration du taux de croissance relative. Ainsi, en raison du potentiel de croissance, une production de fruit est améliorée. Les mêmes processus conduisent à une diminution de l'incidence des fruits trop petits et améliorent l'incidence de ceux commercialisables. Dans l'ensemble, il est conclu que dans les régions à forte humidité relative atmosphérique et à basse température nocturne, le système de chaleur latente permet une augmentation de la température de nuit et une déshumidification sans nuire à la plante en améliorant sa protection et en effet sa production. Il ya donc une amélioration de la production dans deux cotés énergétique et fruitière.

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier les membres du laboratoire des procédés thermiques pour leurs efforts dans la réalisation du protocole expérimental.

REFERENCES

- [1] Abdul-Baki, A.A., Stommel, J.R., 1995. Pollen viability and fruit set of tomato genotypes under optimum- and high-temperature regimes. Hort Science 30,115-117.
- [2] Banuelos, G.S., Offermann, G.P., Seim, E.C., 1985. High relative humidity promotes blossom-end rot on growing tomato fruit. Hort Science. 205, 894-895.

- [3] Candan, N., Tarhan, L., 2012. Tolerance or sensitivity responses of *Mentha pulegium* to osmotic and waterlogging stress in terms of antioxidant defense systems and membrane lipid peroxidation. *Environmental and Experimental Botany*. 75, 83-88.
- [4] Cha-um, S., Ulziibat, B., Kirdmanee, C., 2010. Effects of temperature and relative humidity during in vitro acclimatization: on physiological changes and growth characters of *Phalaenopsis* adapted to in vivo. *Australian Journal of Crop Science*. 4, 750-756.
- [5] Dorais, M., Demers, D.A., Papadopoulos, A.P., Van Ieperen, W., 2004. Greenhouse tomato fruit cuticle cracking. *Horticultural Reviews*. 30, 163-184.
- [6] Dorais, M., Gosselin, A., Papadopoulos, A.P., 2001. Greenhouse tomato fruit quality. *Horticultural Reviews*. 26, 239-306.
- [7] Egli, D.B., TeKrony, D.M., Heitholt, J.J., Rupe, J., 2005. Air temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. *Crop Science*. 45,1329-35.
- [8] Gelin, J.R., Elias, E.M., Kianian, S.F., 2006. Evaluation of two durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) crosses for pre-harvest sprouting resistance. *Field Crops Research*. 97, 188-96.
- [9] George, W.L., Scott, J.W., Splittstoesser, W.E., 1984. Parthenocarp in tomato. *Horticultural Reviews*. 6, 65-84.
- [10] Lee, J.M., Kubota, C., Tsao, S.J., Bie, Z., Echevarria, P.H., Morra, L., Oda, M., 2010. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*. 127, 93-105.
- [11] Lobell, D.B., Asner, G.P., 2003. Climate and management contributions to recent trends in US agricultural yields. *Science*. 299, 1032.
- [12] Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*. 7, 405-410.
- [13] Peet, M., Sato, S., Clemente, C., Pressman, E., 2003. Heat stress increases sensitivity of pollen, fruit and seed production in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to non-optimal vapor pressure deficits. *Acta Horticulturae*. 618, 209-215.
- [14] Peet, M.M., Willits, D.H., Gardner, R.G., 1997. Response of ovule development and post-pollen production processes in male-sterile tomatoes to chronic, sub-acute high temperature stress. *Journal of Experimental Botany*. 48, 101-111.
- [15] Rotino, G.L., Perri, E., Zottini, M., Sommer, H., Spina A., 1997. Genetic engineering of parthenocarpic plants. *Nature Biotechnology*. 15, 1398-1401.
- [16] Sato, S., Peet, M.M., Thomas, J.F., 2000. Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. *Plant, Cell & Environment*. 23, 719-726.
- [17] Talbott, L.D., Rahveh, E., Zeiger, E., 2003. Relative humidity is a key factor in the acclimation of the stomatal response to CO₂. *Journal of Experimental Botany*. 54, 2141-2147.
- [18] Torres-García, J.R., Escalante-Estrada, J.A., Rodríguez-González, M.T., Ramírez-Ayala, C., Martínez-Moreno, D., 2009. Exogenous application of growth regulators in snap bean under water and salinity stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 5, 13-21.
- [19] Van Der Ploeg, A., Heuvelink, E., 2005. Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 80(6), 652-659.