

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ
(Ε.Γ.Μ.Ε.)

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

3^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Επιμέλεια Έκδοσης

Β. Αντωνόπουλος,
Κ. Ακριτίδης και Κ. Τσατσαρέλης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

29-31 Μαΐου 2003

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (Ε.Γ.Μ.Ε.) ιδρύθηκε τον Ιούλιο του 1993 με έδρα την Αθήνα και είναι μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης Γεωργικών Μηχανικών (EurAgEng). Η επωνυμία της αποδίδεται στην αγγλική ως "Hellenic Society of Agricultural Engineers" (HelAgEng). Τα μέλη της σήμερα φθάνουν τα 140.

Το παρόν τεύχος των πρακτικών περιέχει 60 επιστημονικές ανακοινώσεις που παρουσιάστηκαν στο 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, το οποίο έλαβε χώρα στη Θεσσαλονίκη από 29-31 Μαΐου 2003. Όλες οι εργασίες κρίθηκαν από μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής και άλλους ειδικούς επιστήμονες. Το συνέδριο οργανώθηκε υπό την αιγίδα του Τμήματος Γεωπονίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Το συνέδριο δίνει την ευκαιρία στο επιστημονικό δυναμικό της χώρας μας να παρουσιάσει την πρόοδο της Επιστήμης και τις νέες μεθόδους προσέγγισης που αφορούν τη διαχείριση των υδάτινων και εδαφικών πόρων, τα γεωργικά μηχανήματα, τις αγροτικές κατασκευές, την επεξεργασία γεωργικών προϊόντων, την ενέργεια, τις νέες τεχνολογίες και ως επιστέγασμα όλων το περιβάλλον. Απευθύνεται σε πτυχιούχους θετικών επιστημών, οι οποίοι είτε λόγω μεταπτυχιακής εκπαίδευσης, είτε λόγω μακράς ενασχόλησης σε σχετικά αντικείμενα απέκτησαν ειδικές γνώσεις σε ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω γνωστικά πεδία.

Η συζήτηση και τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από το Συνέδριο πιστεύουμε ότι θα εδραιώσουν το ρόλο του Γεωργικού Μηχανικού στη χώρα μας. Εκφράζονται θερμές ευχαριστίες προς τα μέλη της Οργανωτικής και Επιστημονικής Επιτροπής του συνεδρίου, τους συγγραφείς και τους κριτές των εργασιών που αφιέρωσαν πολύτιμο χρόνο για την επιστημονικά αρτιότερη εμφάνιση του συνεδρίου.

Προς την Πρυτανεία, την Επιτροπή Ερευνών του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, το Υπουργείο Πολιτισμού, την Asprofos καθώς και τους άλλους χορηγούς και εκθέτες απευθύνονται ειλικρινείς ευχαριστίες για την οικονομική ενίσχυση που προσέφεραν ώστε να πραγματοποιηθεί με επιτυχία το παρόν συνέδριο.

Θεσσαλονίκη, Μάιος 2003

Καθηγητής, Κων/νος Β. Ακριτίδης
Πρόεδρος Οργανωτικής Επιτροπής

Οργανωτική Επιτροπή Συνεδρίου

Ακριτίδης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ., Πρόεδρος ΕΓΜΕ

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Γεωργίου Π., Γεωπόνος Α.Π.Θ.

Γιαννόπουλος Σ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μήτσιου Κ., Γεωπόνος Δημ. Υπ.

Μπαλουκτσής Σ., Πρόεδρος Ε.Κ.Γ.Μ.Β.Ε.

Παυλάτου-Βε Α., Επ. Καθηγήτρια Α.Π.Θ.

Σακελλαρίου Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.

Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ., ΔΣ ΕΓΜΕ

Κωνσταντινίδου Μ. γραμματέας συνεδρίου

Επιστημονική Επιτροπή

Ακριτίδης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Αναστασιάδου-Παρθενίου Ε., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Γέμτος Θ., Καθηγητής Π.Θ.

Γιαννόπουλος Στ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Ζήσης Θ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Καραμούζης Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.

Κυρίτσης Σ., Ομ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Μαρτζόπουλος Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μισοπολινός Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μπριασούλης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.

Παναγιωτόπουλος Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Παπαδάκης Γ., Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Παπαμιχαήλ Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Παρισόπουλος Γ., ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.

Παυλάτου-Βε Α., Επ. Καθηγήτρια Α.Π.Θ.

Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.

Συγριμής Ν., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Τερζίδης Γ., Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ.

Τζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κριτές Επιστημονικών Εργασιών

Ακριτίδης Κων/νος, Αντωνόπουλος Βασίλης, Βουγιούκας Σταύρος, Γαλανοπούλου Στέλλα, Γέμτος Θεοφάνης, Γεωργακάκης Δημήτριος, Γιαννόπουλος Σταύρος, Δαλέζιος Νικόλαος, Δαναλάτος Νικόλαος, Ζήσης Θωμάς, Καραμούζης Διαμαντής, Κερκίδης Πέτρος, Κίττας Κων/νος, Κυρίτσης Σπύρος, Κωστοπούλου Σοφία, Ελευθεροχωρινός Ηλίας, Λαζαρίδης Χαράλαμπος, Λαμπρινός Γεώργιος, Μαρτζόπουλος Γεράσιμος, Μαυρογιαννόπουλος Γεώργιος, Μαντόγλου Αριστοτέλης, Μισοπολινός Νικόλαος, Μπαλτάς Ευάγγελος, Μπαμπατζιμόπουλος Χρήστος, Μπαρμπαγιάννης Νικόλαος, Μπριασούλης Δημήτρης, Νάνος Γεώργιος, Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χρυσούλα, Οικονόμου Αθανάσιος, Παναγιωτόπουλος Κυριάκος, Πανώρας Αθανάσιος, Παπαδάκης Γεώργιος, Παπαμιχαήλ Δημήτριος, Παπουτσή-Ψυχουδάκη Σοφία, Παυλάτου-Βε Αθηνά, Πιτσικής Ιωάννης, Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μαρία, Συλλαίος Νικόλαος, Σφακιωτάκης Ευάγγελος, Τερζίδης Γεώργιος, Τζιμόπουλος Χρήστος, Τσατσαρέλης Κων/νος, Τσιούρης Σωτήρης, Ψυχουδάκης Ασημάκης

Επικοινωνία - αλληλογραφία – πληροφορίες

Αντωνόπουλος Βασίλης
Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
54124 Θεσσαλονίκη
Τηλ. 2310 998745, 2310 998743, 2310 998744
Fax: 2310 998767
E-mail: vasanton@agro.auth.gr
Internet: www.egme.gr
EurAgEng: www.eurageng

ΧΟΡΗΓΟΙ

(Μέχρι 15 Απριλίου 2003)

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται από μέρους της Οργανωτικής Επιτροπής του Συνεδρίου στους χορηγούς και τους εκθέτες που βοήθησαν στην υλοποίησή του.

- Ασπροφός Α.Ε.
- Υπουργείο Πολιτισμού
- Αριστοτέλειο Παν/μιο Θεσσαλονίκης – Επιτροπή Ερευνών

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Υδατικοί Πόροι - Υδρολογία

	Σελ
«Η πλήρης ανάκτηση κόστους για τις υπηρεσίες ύδατος στην οδηγία 2000/60 για τα νερά» Σ. Γιαννόπουλος, Χ. Τζιμόπουλος	3
«Συγκριτική ανάλυση των εκτιμήσεων των αιχμών απορροής με συνθετικά μοναδιαία υδρογραφήματα και με εμπειρικές σχέσεις» Π. Ε. Γεωργίου, Δ. Μ. Παπαμιχαήλ, Δ. Ν. Καραμούζης	11
«Εκτίμηση καμπυλών διάρκειας παροχών στον ποταμό Αλιάκμονα» Ε.Α. Μπαλτάς	20
«Εμπειρίες από την ανάλυση τεσσάρων ισχυρών επεισοδίων βροχής στην Αττική την περίοδο Μαΐου-Νοεμβρίου 2002» Ε.Α. Μπαλτάς,	29
«Μοντέλο Νευρωνικού Δικτύου για την εκτίμηση της μέσης ετήσιας στάθμης της λίμνης Βεγορίτιδος» Α. Σπυρίδης, Β. Κουτάλου, Ν. Γκιτσάκης	36
«Δυνατότητες εκμετάλλευσης του καρστικού υδροφορέα Κρασιάς Ελασσόνας, Θεσσαλία» Α. Κ. Μανάκος, Γ. Χ. Δημόπουλος	43

Υδατικοί Πόροι - Αρδεύσεις

«Εκτίμηση της ειδικής παροχής άρδευσης σε ένα προτεινόμενο σχέδιο διαχείρισης των ταμιευτήρων Ολυνθίου, Χαβρία και Πετρένια Χαλκιδικής» Δ. Μ. Παπαμιχαήλ, Π. Ε. Γεωργίου, Δ. Ν. Καραμούζης	53
«Επίδραση της συχνότητας άρδευσης με σταγόνες στην απόδοση βιομάζας αραβοσίτου» Θ. Λέλλης, Π. Ντιούδης, Αγ. Φιλίντας, Γ. Μαρτζόπουλος	61
«Παραγωγικότητα καλλιέργειας αραβοσίτου συναρτήσει του εύρους άρδευσης με σύστημα στάγδην» Π. Ντιούδης, Αγ. Φιλίντας, Θ. Λέλλης, Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη	69
«Σχέσεις νερού και ποιοτικών χαρακτηριστικών βαμβακιού» Δ. Καλφούντζος, Ι. Αλεξίου, Π. Βύρλας, Σ. Κωτσόπουλος, Γ. Ζέρβα	77

Γεωργικά Μηχανήματα

«Ανάπτυξη βαμβακιού κάτω από κατεργασία υπεδαφοκαλλιεργητή με αβαθή στελέχη» Ι. Παπαθανασίου, Χρ. Καραμούτης, Χρ. Καβαλάρης, Δ. Παπαμιχαήλ, Θ. Γέμτος	87
«Ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας υπεδαφοκαλλιεργητή με προσθήκη υνίων για αβαθή κατεργασία» Ι. Παπαθανασίου, Χρ. Καραμούτης, Χρ. Καβαλάρης, Θ.Α. Γέμτος	95
«Αυτοκινούμενα οχήματα στη γεωργία» Σ. Φουντάς, Θ.Γέμτος, S. Blackmore	103
«Πειραματική μελέτη του μηχανικού εξοπλισμού για σπορά βαμβακιού υπό κάλυψη» Θ. Σταθάκος και Θ. Γέμτος	111
«Επίδραση καλλιεργητικών τεχνικών στην απόδοση και το ενεργειακό κόστος επίσπορου αραβοσίτου» Α.Σ. Λιθουργίδης, Κ.Α. Τσατσαρέλης	119
«Ελκυστήρες με σύγχρονο εξοπλισμό σε εργασίες κατασκευής δασικών δρόμων και μετατόπισης ξύλου» Πλ. Καραρίζος, Ε. Καραγιάννης, Π. Εσκίογλου	127
«Μελέτη των φθορών δασικών δρόμων που προκαλούνται από μέσα μεταφοράς» Π. Εσκίογλου, Ε. Καραγιάννης, Πλ. Καραρίζος	136
«Αριστος χρόνος αντικατάστασης βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών» Ε. Μυγδάκος, Γ. Κιτσοπανίδης, Θ.Α. Γέμτος	144

Επεξεργασία Γεωργικών Προϊόντων

«Μέτρηση της αναπνοής οπωροκηπευτικών συντηρουμένων με τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Εφαρμογή στο μανιτάρι» Δ. Γεωργακοπούλου, Π. Δημαρέλη, Γ. Λαμπρινός, Ε. Μανωλοπούλου, Δ. Μητρόπουλος	153
«Επίδραση της θερμοκρασίας και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στην ποιότητα της πιπεριάς» Σ. Χαρίτση, Ι. Μαρίτσα, Ν. Παυλίκου, Ε. Μανωλοπούλου	159
«Επίδραση της θερμοκρασίας συντήρησης στο ρυθμό και στη θερμότητα αναπνοής καλλιεργουμένων μανιταριών» Π. Δημαρέλη, Γ. Βαρζακάκος, Γ. Λαμπρινός, Ε. Μανωλοπούλου	167

«Μεταβολή του ρυθμού και της θερμότητας αναπνοής με τη θερμοκρασία συντήρησης δύο ποικιλιών μήλων» Μ. Κανάκη, Γ. Λαμπρινός, Δ. Μητρόπουλος, Ε. Μανωλοπούλου	174
«Επίδραση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στην αναπνευστική δραστηριότητα μήλων Pilafa Delicious» Ι. Καμβύση, Γ. Λαμπρινός, Ε. Μανωλοπούλου, Δ. Μητρόπουλος	180
«Συγκριτική διερεύνηση της παραγωγικότητας καλλιέργειας τρανταφυλλιάς σε ανοικτό και κλειστό υδροπονικό σύστημα» Α. Μπιμπή, Χ. Λύκας, Γ. Νάνος, Κ. Κίττας	188

Νέες Τεχνολογίες στη Γεωργία

«Σχεδιασμός ενός αυτόνομου συστήματος αφαλάτωσης αντίστροφης ώσμωσης με ανεμογεννήτρια και Φωτοβολταϊκά» Ε. Mohamed, Γ. Παπαδάκης	199
«Τεχνική εισαγωγής λάθους στο λογισμικό ελέγχου του ρυθμιστή στροφών των γεωργικών ελκυστήρων» Ι. Γράβαλος	207
«Ανάπτυξη ενός φωτοβολταϊκού αντλητικού συγκροτήματος με κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος χωρίς συσσωρευτές» Μ. Predescu, Α. Cracinescu, Α. Καλλιβρούσης, Γ. Παπαδάκης	214
«Γεωργία ακριβείας στο βαμβάκι: Συσχέτιση χαρτών παραγωγής και ηλεκτρικής αγωγιμότητας» Αθ. Μαρκινός, Θ. Γέμτος, Α. Τούλιος, Δ. Πατέρας, Γ. Ζέρβα, Μ. Παπαοικονόμου	222
«Γεωργία ακριβείας: Προοπτικές εφαρμογής στην Ελλάδα και στην Νότια Ευρώπη» Θ.Α. Γέμτος, Σπ. Φουντάς, Α. Μαρκινός, S. Blackmore	230
«Τράπεζα δοκιμών για τον καθορισμό της ευστάθειας γεωργικών μηχανημάτων» Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Αγ. Φιλίντας	238

Γεωργία και Περιβάλλον

- «Σύγκριση της απόδοσης δεξαμενών σταθεροποίησης και συμβατικής δευτεροβάθμιας επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων»
Α. Παπαδόπουλος, Γ. Παρισσόπουλος, Φ. Παπαδόπουλος 249
- «Ορισμένα στοιχεία της λειτουργίας του συστήματος Remos στο Δέλτα του Νέστου για τον ποσοτικό και ποιοτικό έλεγχο των υδατικών πόρων μετά τη λειτουργία των υδροηλεκτρικών έργων»
Α. Ψιλοβίκος, Κ. Αλμπανάκης, Σ. Μαργώνη, Αρ. Ψιλοβίκος, Χ. Μακρυγιώργος 257
- «Αρδευση πρασίνου με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα»
Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Ι. Τέντας, Α. Κολιού, Δ. Καλφούντζος, Ν. Παπανίκος. 265
- «Παράμετροι ποιότητας νερού των υδροτόπων Ν. Φώκαιας Χαλκιδικής»
Σ. Καλπάκης, Σ.Ε. Τσιούρης 273
- «Η επίδραση κομπόστας (φυτικής προέλευσης) στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος καλαμποκιού (*Zea mays* L)»
Β. Ντούπη, Α. Παυλάτου-Βε, Σ. Σακελλαριάδης 282
- «Επίδραση τρόπου – χρόνου κατεργασίας του εδάφους και εφαρμογής ζιζανιοκτόνων στην εμφάνιση των ζιζανίων»
Σ. Δ. Σουϊπας, Π. Χ. Λόλας, Θ. Α. Γέμτος 290

Μαθηματικά μοντέλα στη Γεωργία

- «Προσομοίωση του νερού και της θερμοκρασίας με το μοντέλο WANISIM, σε έδαφος με φυτά»
Β.Ζ. Αντωνόπουλος, Δ.Δ. Μιχαηλίδου 301
- «Μελέτη ενός εκθετικού μοντέλου πρόσληψης νερού από το ριζικό σύστημα των φυτών»
Χ. Γεωργούσης, Χ. Μπαμπατζιμόπουλος 309
- «Συμπεριφορά φυτοφαρμάκων μετά την εφαρμογή τους στο έδαφος»
Π. Κερκίδης, Ι. Αργυροκαστρίτης, W.O. Ochola 318
- «Διακοπτικός ελεγκτής εδαφικής υγρασίας»
Ι. Γράβαλος 327

Αγροτικές κατασκευές

«Η χιονοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους ευρωκώδικες» Μ. Θεοχάρης	337
«Μελέτη ολοκληρωμένου προγράμματος διαχείρισης θερμοκηπίων» Θ. Κωτσόπουλος, Γ. Μαρτζόπουλος, Χ. Νικήτα-Μαρτζοπούλου	345
«Επίδραση δύο νέων φωτοεκλεκτικών υλικών κάλυψης θερμοκηπίων στο περιβάλλον και στην καλλιέργεια τομάτας» Χ. Παπαϊωάννου, D. Obeid, Ν. Κατσούλας, Κ. Κίττας	354
«Επίδραση φύλλων κάλυψης θερμοκηπίου απορροφητικών στη UV ακτινοβολία στη δραστηριότητα εντόμων σε καλλιέργεια τομάτας» Α. Βατσανίδου, Ι. Μαργαριτόπουλος, Χ. Παπαϊωάννου, Ι.Α. Τσιτσιπής, Κ. Κίττας	362
«Αριθμητική και πειραματική διερεύνηση του φυσικού αερισμού θερμοκηπίου» Θ. Μπαρτζάνας, Κ.Κίττας.	370
«Διερεύνηση της κατανομής θερμοκρασίας και υγρασίας σε μερικά σκιασμένο θερμοκήπιο εξοπλισμένο με σύστημα υγρής παρειάς» Κ.Κίττας, Α. Κοντές, Θ. Μπαρτζάνας	379
«Επίδραση διάφορων τεχνικών ελέγχου των υπερθερμάνσεων στο μικροκλίμα του θερμοκηπίου» Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας.	387
«Συγκριτική μελέτη της επίδρασης του αερισμού, της σκίασης και του δροσισμού των θερμοκηπίων σε καλλιέργεια τριανταφυλλιάς» Ν. Κατσούλας, Κ. Κίττας	395
«Θέρμανση θερμοκηπίων με γεωθερμική ενέργεια: Επιλογή του κατάλληλου συστήματος θέρμανσης» Ι. Χοτζακιάνης, Γ. Μαρτζόπουλος, Χ. Νικήτα-Μαρτζοπούλου	403
«Εμπλουτισμός θερμοκηπίων με CO ₂ σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών για εξοικονόμηση ενέργειας» Δ. Βαφειάδης, Χ. Νικήτα-Μαρτζοπούλου, Γ. Μαρτζόπουλος	413
«Διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης της αντλίας θερμότητας στο χοιροστάσιο» Ν. Οικονόμου, Γ. Λαμπρινός	421

Ενέργεια στη Γεωργία

«Δυναμικό μοντέλο και έλεγχος συστήματος ανάκτησης ενέργειας σε διεργασίες ξήρανσης» Σ. Βουγιούκας, Α. Δημητριάδης, Κ. Ακριτίδης	431
«Υπολείμματα καλλιέργειας βαμβάκος και παραγωγή βιομάζας στο Νομό Καρδίτσας» Θ. Λέλλης, Γ. Μαρτζόπουλος, Π. Ντιούδης, Αγ. Φιλίντας, Αν. Μπλούκα, Μ. Λιναρδοπούλου	441
«Ενεργειακό και θρεπτικό δυναμικό των Ζωϊκών Αποβλήτων στην Ελλάδα» Μ. Μαρδίκης	449
«Δυναμικό γεωργικών υπολειμμάτων για παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα» Α. Νικολάου, Ι. Παπαμιχαήλ, Β. Λυχνάρας, Κ. Πανούτσου	457
«Ενεργειακό ισοζύγιο συμβατικής και ολοκληρωμένης διαχείρισης της μηλοκαλλιέργειας» Α. Στραπάτσα, Γ.Δ. Νάνος, Ν. Σκρέτα, Ι. Πέτκου, Η. Παπακωνσταντίνου, Ε.Μ. Σφακιωτάκης, Κ.Α. Τσατσαρέλης	465
«Προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας κατά την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας του εδάφους στο σιτάρι» Χρ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Ι. Παπαθανασίου, Θ.Α. Γέμτος	473
«Υπολογισμός συνολικών εισροών και εκροών ενέργειας στα ζαχαρότευτλα για 5 μεθόδους κατεργασίας εδάφους» Χρ. Καβαλάρης, Θ.Α. Γέμτος	481
«Ελαιοκράμβη (Brassica sp.) μία υποσχόμενη καλλιέργεια για την παραγωγή βιοντήζελ στην Ελλάδα» Ε.Νάματοβ, Α. Νικολάου, Μ. Μαρδίκης, Κ. Πανούτσου	489
«Τα πολυμέσα Η/Υ ως εργαλείο ενίσχυσης της εκπαιδευτικής διαδικασίας στη γεωργική μηχανική» Αγ. Φιλίντας, Κ. Δούκας, Θ. Γιαλαμάς, Β. Στανιός	497
«Απλή και ακριβής μέθοδος σταθερής στράγγισης διαστρωμένων εδαφών» Γ.Τερζίδης	505
Ευρετήριο συγγραφέων	515

Επεξεργασία Γεωργικών Προϊόντων

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΜΑΝΙΤΑΡΙ

Δ. Γεωργοπούλου*, Π. Δημαρέλη*, Γ. Λαμπρινός*, Ε. Μανωλοπούλου,
Δ. Μητρόπουλος***

*Γ.Π.Α., Τμήμα Α.Φ.Π.-Γ.Μ., Ιερά Οδός 75, 11855. Τηλ .2105294035, Fax 2105294032

**Τ.Ε.Ι.-Κ, Σ.Τ.Ε.Γ., Φ.Π, Αντικάλαμος-24100 Καλαμάτα. Τηλ. 2721045214, Fax 2721069047

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι να εκτιμηθεί αξιόπιστα ο ρυθμός αναπνοής οπωροκηπευτικών που συντηρούνται σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Η μέτρηση της αναπνοής συσκευασμένων με πολυαιθυλενικά φιλμςμανιταριών έγινε μετά από σταθεροποίηση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας, κάτω από συνθήκες 'σταθερής κατάστασης'. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αναπνευστική δραστηριότηταμανιταριών του στελέχους F56 (*Agaricus bisporus*) όταν αυτό συντηρείται σε θερμοκρασία 0 °C και ατμόσφαιρες 3% CO₂ και 12% O₂ ή 4,5% CO₂ και 6% O₂ μειώνεται περίπου στο 30% αυτής που μετρήθηκε σε κανονική ατμόσφαιρα.

Λέξεις κλειδιά: Συντήρηση, τροποποιημένη ατμόσφαιρα, μανιτάρι, ρυθμός αναπνοής.

RESPIRATION MEASUREMENT OF FRUITS AND VEGETABLES UNDER MODIFIED ATMOSPHERE. APPLICATION ON MUSHROOM

D. Georgopoulou*, P. Dimareli* G. Lambrinos*, H. Manolopoulou,
D. Mitropoulos***

*Agronomic University of Athens – 75 Iera Odos, 11855 Athens, Greece.

** Technological Educational Institute of Kalamata, Antikalamos, 24100 Kalamata, Greece

ABSTRACT

The aim of this study is to estimate reliably the respiration rate of fruit and vegetables stored under modified atmosphere. The respiration activity measurements were carried out under steady state conditions. Results, from the method application on mushrooms, showed that the respiration rate of the F56 studied strain at 0 °C and in 3% CO₂ -12% O₂ or 4,5% CO₂ - 6% O₂ atmosphere composition is decreased to 30% of that measured in normal atmosphere.

Keywords: Storage, modified atmosphere, mushroom, respiration rate.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα υπό συσκευασία (MAP), αποτελεί μία τεχνική συντήρησης των οπωρολαχανικών που χρησιμοποιείται για να επιμηκύνει τη ζωή των φρέσκων φυτικών προϊόντων. Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας περιορίζει την αναπνευστική δραστηριότητα, καθυστερεί την ωρίμανση και τη γήρανση, δημιουργώντας και διατηρώντας μια ευνοϊκή μικροατμόσφαιρα γύρω από το προϊόν (συνήθως περιορισμένης περιεκτικότητας O_2 , αυξημένης συγκέντρωσης CO_2 και υψηλής σχετικής υγρασίας). Για να επιλεγεί η πλέον ευνοϊκή σύνθεση της ατμόσφαιρας μέσα σε μια συσκευασία ενός συγκεκριμένου προϊόντος, πρέπει να αναπτυχθεί ένα μαθηματικό μοντέλο που θα περιγράφει την εξέλιξη της ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία, λαμβάνοντας φυσικά υπ' όψη το ρυθμό αναπνοής του προϊόντος και την περατότητα του πλαστικού φύλλου συσκευασίας στο O_2 και στο CO_2 . Η τελική σύνθεση της ατμόσφαιρας θα εξαρτηθεί από τη θερμοκρασία, την αρχική σύνθεση, την επιφάνεια της συσκευασίας και τη μάζα του προϊόντος.

Η συνήθης μέθοδος μέτρησης του ρυθμού αναπνοής ενός προϊόντος σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα είναι αυτή του κλειστού αναπνευστικού θαλάμου με παράλληλη και συνεχή δέσμευση του παραγόμενου CO_2 [2]. Βέβαια μ' αυτή, είναι δύσκολη η συσχέτιση του ρυθμού αναπνοής με τη συγκέντρωση του CO_2 .

Η ανάγκη ύπαρξης τράπεζας δεδομένων σχετικών με την αναπνευστική δραστηριότητα διαφόρων προϊόντων που συντηρούνται κάτω από συνθήκες ελεγχόμενης/τροποποιημένης ατμόσφαιρας, σε συνδυασμό με την έλλειψή της [1,4] οδήγησαν στην αναζήτηση μεθόδου υπολογισμού του ρυθμού αυτού αναπνοής.

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας μεθόδου μέτρησης της αναπνευστικής δραστηριότητας φυτικών οργάνων που συντηρούνται σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα και η παρουσίαση αποτελεσμάτων από την εφαρμογή της στο καλλιεργούμενο μανιτάρι.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα μανιτάρια που χρησιμοποιήθηκαν ανήκαν στο στέλεχος F56 του είδους *Agaricus bisporus* της οικογένειας Agaricaceae. Μανιτάρια β' κοπής (κύματος), προερχόμενα από τη «Φάρμα Μανιταριών Ευβοίας», αμέσως μετά τη συλλογή μεταφέρθηκαν οδικώς και υπό ψύξη στο εργαστήριο μετασυλλεκτικών χειρισμών και ψύξης του τμήματος Α.Φ.Π.-Γ.Μ. του Γ.Π.Α. Μετά τη διαλογή και ομαδοποίηση τα μανιτάρια τοποθετήθηκαν ανά 10 σε πλαστικά κεσεδάκια των 250 g περίπου. Κάθε πλαστικό κεσεδάκι συσκευάστηκε σε σακουλάκι πολυαιθυλενίου διαστάσεων 23 x 41 cm. Η κατασκευή και συγκόλληση των σακουλιών έγινε με τη βοήθεια θερμοσυγκολλητικής συσκευής. Παράλληλα σε κάποιο σημείο της άνω επιφάνειας της συσκευασίας τοποθετήθηκε ένα septum σιλικόνης για να είναι δυνατή η είσοδος σύριγγας και η λήψη δείγματος αέρα από το εσωτερικό της, για ανάλυση. Μετά την ολοκλήρωση της συσκευασίας,

τα δείγματα αριθμήθηκαν και τοποθετήθηκαν σε πλαστικά διάτρητα τελάρα και σε ψυκτικό θάλαμο συντήρησης στους 0 °C. Στο ίδιο θάλαμο τοποθετήθηκαν και μάρτυρες (ασυσκεύαστα κεσεδάκια). Τα πλαστικά φύλλα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν εύκαμπτα φύλλα πολυαιθυλενίου (PE), μέσης πυκνότητας (MD) 910 kg·m⁻³, και πάχους 20μm και 30μm και γνωστών περατοτήτων.

Η μεταβολή των συγκεντρώσεων του O₂ και του CO₂ μέσα στις συσκευασίες παρακολουθήθηκαν συστηματικά μέχρι τη σταθεροποίησή τους. Η ανάλυση των αέριων δειγμάτων της ατμόσφαιρας των συσκευασιών έγινε με τη βοήθεια αέριου χρωματογράφου Perkin Elmer 8700, ο οποίος έφερε δύο κολώνες (Porapaque Q 80-100 mesh και Μοριακού πλέγματος ζεολιθικής σύνθεσης) και ανιχνευτή θερμοαγωγιμότητας.

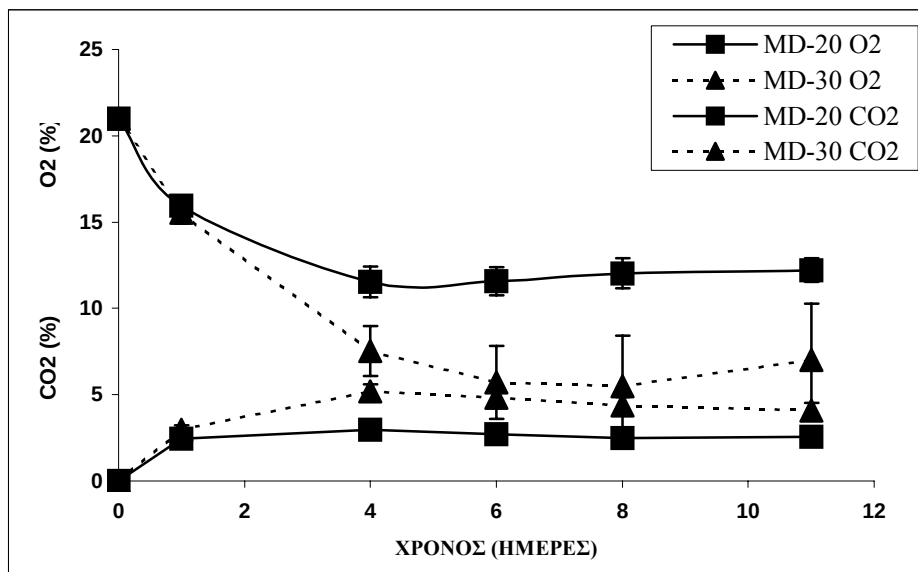
Η προτεινόμενη μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση της αναπνοής του προϊόντος σε σταθερή κατάσταση (steady state), δηλαδή όταν η ατμόσφαιρα στο εσωτερικό της συσκευασίας έχει σταθεροποιηθεί, οπότε ο ρυθμός αναπνοής των μανιταριών ισοσταθμίζει τις εναλλαγές του O₂ και του CO₂ από τα τοιχώματα της συσκευασίας. Μετά τη σταθεροποίηση της ατμόσφαιρας κάθε συσκευασίας πραγματοποιούνταν η μέτρηση της αναπνευστικής δραστηριότητας με τη συσκευή RICKLOS [3], διάταξη αποτελούμενη από φορητό IR αναλυτή του CO₂ συνδεδεμένο σε σειρά και σε κλειστό ελεγχόμενο κύκλωμα με τον αναπνευστικό θάλαμο. Με την ίδια αναπνευστική συσκευή μετρήθηκε ο ρυθμός αναπνοής των ασυσκεύαστων μανιταριών (μάρτυρα). Μετά τη μέτρηση της αναπνοής των συσκευασμένων μανιταριών, αυτά αποσυσκευάζονταν και τοποθετούνταν σε αναπνευστικούς θαλάμους, οι οποίοι συνδεδεμένοι με τη συσκευή RICKLOS μέσω αυτόματου πίνακα ελέγχου υφίσταντο εναλλάξ και κατά τακτά (προγραμματισμένα) χρονικά διαστήματα μέτρηση της ατμόσφαιρας ή αερισμό. Σκοπός αυτής της διαδικασίας ήταν η μέτρηση του ρυθμού αναπνοής των μανιταριών σε κανονική πλέον ατμόσφαιρα, 21% O₂ και φυσικά αφού η αναπνευστική δραστηριότητα αποκατασταθεί και σταθεροποιηθεί. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων βασίστηκε στην t-δοκιμή σε επίπεδο 0,05 και σε δείγμα 10 συσκευασιών.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

Η μεταβολή των συγκεντρώσεων του O₂ και του CO₂ της εσωτερικής ατμόσφαιρας των δύο τύπων συσκευασιών παρουσιάζεται στο σχήμα 1. Παρατηρείται αλλαγή της ατμόσφαιρας (εμπλουτισμός σε CO₂, πτώχευση σε O₂) κατά τις 4 έως 6 πρώτες ημέρες της συντήρησης. Στη συνέχεια η ατμόσφαιρα σταθεροποιείται σε τιμές 2,7% CO₂ και 12,2% O₂ για το πλαστικό PEMD-20 και 4,5% CO₂ και 6,3% O₂ για το πλαστικό PEMD-30.

Στον πίνακα 1 παραθέτουμε το ρυθμό αναπνοής που είχαν τα ασυσκεύαστα μανιτάρια (μάρτυρας), το ρυθμό αναπνοής που είχαν τα μανιτάρια εντός των συσκευασιών PEMD-20 και PEMD-30 μετά τη σταθεροποίηση της εσωτερικής ατμόσφαιρας, καθώς και το ρυθμό αναπνοής των μανιταριών μετά το άνοιγμα των συσκευασιών και τη σταθεροποίηση της αναπνευστικής δραστηριότητας. Η

μεταβολή του εκλυόμενου CO₂ μετά το άνοιγμα της συσκευασίας μέχρι τη σταθεροποίησή του, οπότε αντιπροσωπεύει το ρυθμό αναπνοής τουμανιταριού ως ασυσκευάστου σε κανονική ατμόσφαιρα, φαίνεται στο σχήμα 2.



Σχήμα 1. Μεταβολή της περιεκτικότητας του O₂ και του CO₂ εντός των συσκευασιών PEMD-20 και PEMD-30 τωνμανιταριών.

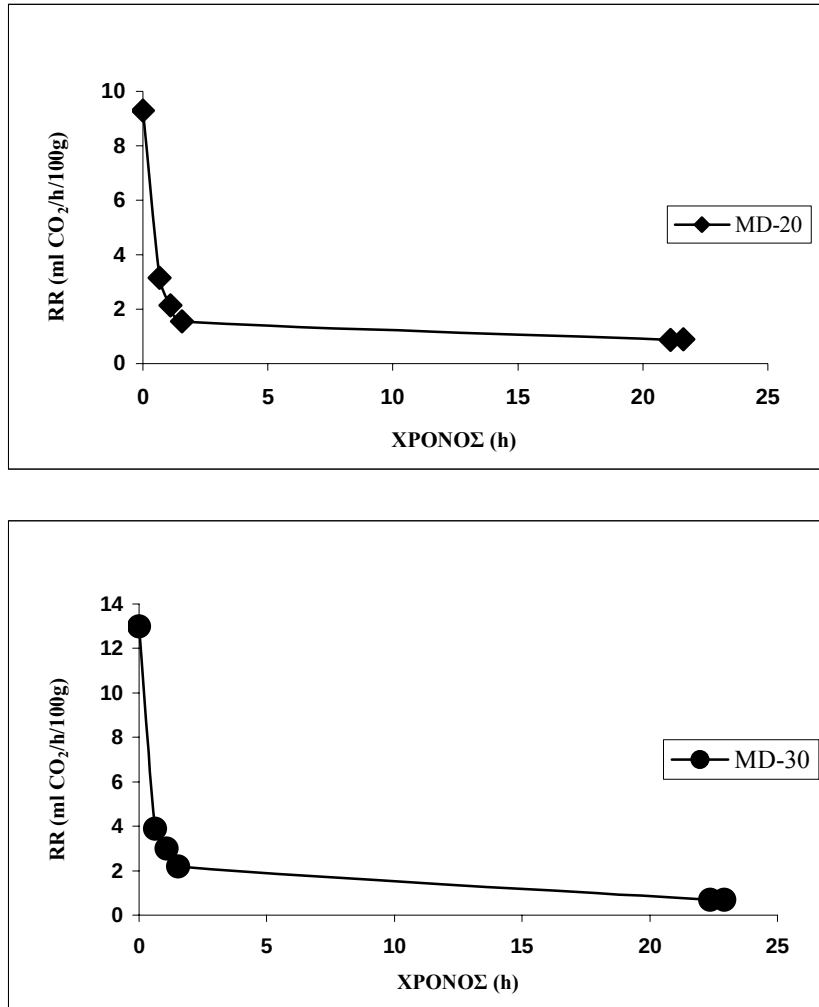
Παρατηρούμε στον πίνακα 1 ότι ο ρυθμός αναπνοής των ασυσκευαστώνμανιταριών είναι υπερτριπλάσιος από αυτόν των συσκευασμένωνμανιταριών.

Πίνακας 1. Ρυθμός αναπνοής συσκευασμένων και ασυσκευαστώνμανιταριών.

ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ 0 °C	ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ (ml CO ₂ / h /100g)	
	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΜΕΤΑ ΤΟ ΑΝΟΙΓΜΑ
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	0,87 ±0,23	
PEMD-20 (CO ₂ =2,7% O ₂ =12,2%)	0,26 ±0,11	0,89 ±0,33
PEMD-30 (CO ₂ =4,50% O ₂ =6,30%)	0,24 ±0,09	0,70 ±0,21

Στο σχήμα 2 η μεγαλύτερη πτώση παρατηρείται μεταξύ της 1^{ης} και της 2^{ης} μέτρησης, όπου για 40min ο ρυθμός έκλυσης του CO₂ είναι 6,14ml CO₂/h/100g για ταμανιτάρια που είχαν συσκευασθεί σε PEMD-20 και 9,08 ml CO₂/h/100g για αυτά της συσκευασίας με PEMD-30. Η μείωση αυτή του ρυθμού έκλυσης του CO₂ ερμηνεύεται ως εξής: η ατμόσφαιρα εντός των συσκευασιών είναι πλούσια σε CO₂ και ταμανιτάρια κορεσμένα με αυτήν. Γι' αυτό μετά το άνοιγμα αποβάλλουν προοδευτικά το CO₂ που έχουν απορροφήσει, λαμβάνουν O₂ και επανακτούν σταδιακά ένα σταθερό ρυθμό αναπνοής. Μετά το άνοιγμα, ο ρυθμός

αναπνοής των μανιταριών πλησιάζει αυτόν του μάρτυρα. Επομένως η αναπνευστική δραστηριότητα του προϊόντος που έχει επιβραδυνθεί μέσα στη συσκευασία από την τροποποιημένη ατμόσφαιρα, μετά το άνοιγμα τείνει να επανέλθει στα αρχικά επίπεδα.



Σχήμα 2. Μεταβολή του ρυθμού έκλυσης CO₂ με το χρόνο μετά το άνοιγμα των δύο συσκευασιών.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μέθοδος εκτιμά την αναπνευστική δραστηριότητα του φυτικού οργάνου, αφού αυτή σταθεροποιηθεί σε ήδη γνωστή ατμόσφαιρα (αυτή της MAP), σε αντίθεση με την κλασσική μέθοδο, που εκτιμά το ρυθμό αναπνοής σε μεταβαλλόμενη σύνθεση της ατμόσφαιρας του αναπνευστικού θαλάμου.

Με αυτοματοποίηση, είναι δυνατή η μέτρηση του ρυθμού αναπνοής σε πολλούς αναπνευστικούς θαλάμους συγχρόνως ώστε να υπάρξει κέρδος χρόνου. Η μέτρηση της αναπνοής μετά την αποσυσκευασία καρπών βοηθάει στην επαλήθευση του αποτελέσματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Lee, D.S., Hagggar, P.E., Lee, J. and Yam, K.L., 1991. Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principles of enzyme kinetics. *Journal of Food Science* 56(6). 1580-1585.
2. Lee, J., 1987. The design of controlled or modified packaging systems for fresh produce. In: J.I. Gray, B.R. Harte and J. Miltz (Eds) *Food Product Package Compatibility*, Techomic Publishing Co., Lancaster.
3. Mitropoulos, D., Lambrinos, G. and Manolopoulou, H., 2000. A portable setup for fruit respiration measurement. *Proc of the Int. IIR Conference on Post-harvest treatments of Fruit, Vegetables and ornamentals*, Murcia, vol II, 926-931.
4. Raghavan, G.S.V., Ramachandra, M., Ratti, C. and Gariepy, Y., 1999. Broccoli Respiration Rate Modelling at Varying Gas Compositions and Different Temperatures. *Int. Conference on Agricultural Engineering, Beijing, Paper No 99-ICAE*.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ

Σ. Χαρίτση, Ι.Μαρίτσα, Ν.Παυλίκου και Ε.Μανωλοπούλου

ΤΕΙ-Καλαμάτας, ΣΤΕΓ, Φ.Π., Αντικάλamos- 24100 Καλαμάτα
Τηλ.2721045214, Fax 2721045234

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της συντήρησης της πιπεριάς σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Οι πιπεριές συσκευάστηκαν σε τρία διαφορετικά εύκαμπτα πλαστικά φύλλα (LDPE, MDPE, PVC) γνωστής περατότητας και αφού συντηρήθηκαν στους 10 °C και 5 °C για 15 ημέρες, παρέμειναν στη συνέχεια στους 20 °C για 4 ημέρες. Μελετήθηκε η μεταβολή των αερίων O₂, CO₂ μέσα στις συσκευασίες, η απώλεια βάρους, η μεταβολή του χρώματος, της σκληρότητας και της βιταμίνης C καθώς και η εμφάνιση μετασυλλεκτικών βλαβών. Οι πλαστικές συσκευασίες διατήρησαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και μείωσαν τις βλάβες.

Λέξεις κλειδιά: Συντήρηση, πλαστικές συσκευασίες, τροποποιημένη ατμόσφαιρα, πιπεριά

THE EFFECT OF STORAGE TEMPERATURE AND MODIFIED ATMOSPHERE ON BELL PEPPER QUALITY

S. Charitsi, J.Maritsa, N.Pavlikou and H.Manolopoulou

Tecnological Educational Institute of Kalamata, Antikalamos, 24100 Kalamata, Greece
Tel. 2721045214, Fax 2721045234

ABSTRACT

The aim of this paper is the study of bell pepper storage under modified atmosphere. Bell peppers were packaged in three different plastic films (LDPE, MDPE, PVC) of known permeabilities and stored at 10°C and 5°C. After 15 days of storage, bell peppers were kept, for 4 days, in air at 20°C (shelf-life). Package gaz composition change, mass loss, colour evolution, firmness and vitamin C change, as well as decay appearance were studied. The plastic film packages conserve well the quality characteristics of stored bell peppers.

Keywords: Storage, plastic packages, modified atmosphere, bell pepper.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πιπεριά είναι ένα από τα πιο φθαρτά φρέσκα λαχανικά. Το μεγαλύτερο μετασπλεεκτικό της πρόβλημα είναι η υπερβολική απώλεια υγρασίας που οφείλεται κυρίως στη διαπνοή λόγω της μεγάλης επιφάνειας της σε σχέση με τη μάζα της, και η οποία προκαλεί αφυδάτωση, ρυτίδιασμα και παθολογικές ανωμαλίες που μειώνουν αισθητά την ποιότητα και την εμπορευσιμότητα [8]. Η συντήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες και η υψηλή σχετική υγρασία είναι τα κύρια μέσα για την καθυστέρηση της αφυδάτωσης και της γήρανσης. Όμως η πιπεριά είναι ευαίσθητη στις χαμηλές θερμοκρασίες και σε θερμοκρασίες κάτω των 7 °C παρουσιάζει συμπτώματα ασθενειών ψύχους, όπως μαλάκωμα της σάρκας, κηλίδωση και αποχρωματισμό στον κάλυκα [14]. Η υπερβολικά υψηλή σχετική υγρασία λόγω συμπυκνώσεων υδρατμών μπορεί να προκαλέσει μυκητολογικές προσβολές [16]. Ο Janssens [10] συνιστά 8 °C και 90-95% σχετική υγρασία για αποφυγή τόσο της αφυδάτωσης όσο και των μυκητολογικών προσβολών. Οι Forney & Lipton [5] αναφέρουν ότι η τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP) ελαττώνει αισθητά την ευαισθησία της πιπεριάς στο ψύχος. Μελέτες συσκευασιών με πλαστικά φύλλα [14] απέδειξαν ότι η διάρκεια συντήρησης της πιπεριάς αυξάνεται με την τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Η συμπύκνωση όμως που μπορεί να δημιουργηθεί μέσα στην συσκευασία, είναι πιθανόν να προκαλέσει την εμφάνιση μυκητολογικών προσβολών [1,7].

Το αντικείμενο της παρούσης μελέτης είναι να εκτιμήσει τις ποιοτικές μεταβολές πιπεριάς που συντηρήθηκε με MAP σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Πιπεριές (*Capsicum annuum* L.) ποικιλίας Twingo F1 συλλέχθηκαν στο πράσινο στάδιο ωριμότητας και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο μέσα σε 2 ώρες. Ακολούθησε διαλογή ως προς το μέγεθος, το χρώμα και το βάρος και τοποθέτηση των καρπών σε δισκάκια από πολυστερίνη (4καρποί/δισκάκι) διαστάσεων 15X22X2,5 cm τα οποία συσκευάστηκαν σε πλαστικές συσκευασίες γνωστής περατότητας στο O₂ και CO₂ που είχαν δημιουργηθεί από πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας πάχους 60μm (LDPE-60), μέσης πυκνότητας πάχους 30μm (MDPE-30) ή φύλλα PVC πάχους 13 μm.

Το κλείσιμο των συσκευασιών έγινε με θερμοσυγκολλητική μηχανή για το PE ή θερμαινόμενη πλάκα για το PVC. Οι συσκευασμένες και μη πιπεριές (μάρτυρες) συντηρήθηκαν για 15 ημέρες στους 5 °C και 95% R.H ή στους 10 °C και 95% R.H και ακολούθως για 4 ημέρες στους 20 °C και 70-75% R.H. Για κάθε χειρισμό (συσκευασία x θερμοκρασία) δημιουργήθηκαν 40 συσκευασίες. Σε 10 πλαστικές συσκευασίες ανά χειρισμό μία μικρή επιφάνεια (<2-3 cm²) καλύφθηκε από σιλικόνη για να χρησιμεύσει ως septum λήψης αερίων δειγμάτων με τη βοήθεια υποδερμικής βελόνης. Η σύνθεση της ατμόσφαιρας

των συσκευασιών προσδιοριζόταν καθημερινά με τη βοήθεια ενός αναλυτή O_2/CO_2 ChecMate 9900 (PBI Dansensor). Οι ποιοτικοί δείκτες που μελετήθηκαν ήταν οι εξής: απώλεια βάρους, χρώμα, σκληρότητα, περιεκτικότητα σε βιταμίνη C και φυσιολογικές/ μυκητολογικές προσβολές.

Η απώλεια βάρους προσδιορίστηκε σε 10 συσκευασίες /χειρισμό κάθε 2^η ημέρα, με ζυγό ακριβείας (0,01g) και εκφράστηκε ως % απώλεια του αρχικού βάρους. Η ανάλυση των υπολοίπων δεικτών γινόταν κάθε 4 ημέρες σε 6 τυχαία δείγματα. Το χρώμα μετρήθηκε σε 2 καθορισμένα από την αρχή εκ διαμέτρου αντίθετα σημεία του καρπού με την βοήθεια χρωματόμετρου Minolta CR-300. Πριν από κάθε μέτρηση το όργανο ρυθμιζόταν με την πλάκα βαθμονόμησης ($Y=92.6$, $x=0.3135$, $y=0.3193$), η δε χρωματική κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν η CIE 1976, L^*, a^*, b^* . Η μεταβολή του χρώματος εκφράστηκε με τις χρωματικές παραμέτρους $L^*=$ φωτεινότητα (0=μαύρο, 100=λευκό), $\Delta L^*%$, $a^*=$ κόκκινο (+) έως πράσινο (-) χρώμα, $b^*=$ κίτρινο (+) έως μπλε (-) χρώμα. Η σκληρότητα μετρήθηκε σε 6 τυχαία δείγματα /χειρισμό με τη βοήθεια ενός Texture Analyser TA.XT2i εφοδιασμένου με έμβολο 2mm. Σε κάθε καρπό γίνονταν 2 μετρήσεις σε τεμάχια διαστάσεων 2cm X 2cm επιλεγμένα από δύο εκ διαμέτρου αντίθετα σημεία. Η αντίσταση στο τρύπημα εκφράστηκε σε N. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C προσδιορίστηκε ογκομετρικά με δείκτη 2,6 διχλωρο -φαινολ-ινδοφαινόλη σύμφωνα με το AOAC πρωτόκολλο και εκφράστηκε σε mg/100g φρέσκου βάρους. Οι φυσιολογικές και παθολογικές προσβολές εκφράστηκαν % του αριθμού των καρπών κάθε χειρισμού. Ένα τυχαίο δείγμα 20 καρπών χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των ποιοτικών δεικτών της πρώτης ύλης, στην αρχή κάθε επανάληψης του πειράματος. Το πείραμα επαναλήφθηκε 3 φορές.

Όλα τα δεδομένα αναλύθηκαν στατιστικά με τη μέθοδο της παράλλαξης και οι Μ.Ο. για μεν την απώλεια βάρους και την μεταβολή αερίων συγκρίθηκαν με την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD για $p=0.05$), για δε την σκληρότητα, την βιταμίνη C και το χρώμα με τη μέθοδο του πολλαπλού εύρους του Duncan ($p=0.05$). Το στατιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Statgraphics 4.0.

3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Σύνθεση της ατμόσφαιρας μέσα στις συσκευασίες

Η περιεκτικότητα των συσκευασιών σε O_2 και CO_2 εξαρτάται από τη θερμοκρασία συντήρησης και το πάχος του πλαστικού (πίνακας 1).

Η συγκέντρωση του O_2 και του CO_2 σε όλους τους χειρισμούς δεν έφθασε σε επίπεδα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν φυσιολογικές ανωμαλίες στους καρπούς. Σύμφωνα με τον Kader [11] η ελάχιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση του O_2 για την πιπεριά κυμαίνεται στο 3%, ενώ αυτή του CO_2 στο 5%. Η συγκέντρωση αυτή του CO_2 καθυστερεί την ωρίμανση των καρπών και διατηρεί τη σκληρότητα [17]. Σύμφωνα με τον Hughes [9] μία ατμόσφαιρα που περιέχει 5% O_2 και 10% CO_2 στους 8 °C αυξάνει κατά 70% το χρόνο συντήρησης της

πιπεριάς ,ενώ οι Bussel and Kenigsberger [3] συνιστούν συγκεντρώσεις O₂ 4-8% και CO₂ 2-8%. Από τα μελετηθέντα πλαστικά μόνο το LDPE-60 στους 10 °C δημιούργησε μία ατμόσφαιρα που εμπίπτει στα δεδομένα αυτά.

Πίνακας 1. Σύνθεση της ατμόσφαιρας των πλαστικών συσκευασιών στους 10 και 5°C

Ημέρες	Θ°C	LDPE-60		MDPE-30		PVC	
		O ₂ %	CO ₂ %	O ₂ %	CO ₂ %	O ₂ %	CO ₂ %
7*	10	7.37±0.9	4.96±0.31	10.86±0.91	2.46±0.3	15.75±0.91	0.90±0.31
15	10	7.24±1.0	4.02±0.27	14.22±1.02	1.68±0.3	16.87±1.0	0.7±0.2
7*	5	11.38±0.6	3.99±0.16	12.77±0.6	2.26±0.2	17.73±0.61	0.6±0.1
15	5	8.64±1.05	4.60±0.26	12.7±1.05	2.34±0.3	17.87±1.05	0.61±0.3

* Η σταθεροποίηση της ατμόσφαιρας έγινε την 7^η ημέρα

3.2 Απώλεια βάρους

Τα 3 πλαστικά φύλλα που χρησιμοποιήθηκαν δημιούργησαν γύρω από τους καρπούς μία κορεσμένη ατμόσφαιρα που μείωσε το βάρος τους στους 10 °C από 0.32 έως 1.1% και στους 5 °C από 0.37 έως 0.8%, έναντι 4% και 3.5% των μαρτύρων, στους 10 °C και 5°C αντίστοιχα. Στο τέλος της εμπορικής ζωής (shelf-life), η απώλεια βάρους της πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 10°C κυμάνθηκε από 0.9%(MDPE) έως 2.4%(PVC) έναντι 7.5% του μάρτυρα ,ενώ αυτής που συντηρήθηκε στους 5°C κυμάνθηκε μεταξύ 1.8%(LDPE) και 2.1%(PVC) έναντι 5.3% του αντίστοιχου μάρτυρα. Από τις συσκευασμένες πιπεριές τη μεγαλύτερη απώλεια βάρους παρουσίασαν αυτές που συσκευάστηκαν με PVC και συντηρήθηκαν στους 10 °C. Η απώλεια βάρους ,L%, των μαρτύρων και των συσκευασμένων καρπών με LDPE και PVC παρουσιάζει γραμμική μεταβολή συναρτήσει του χρόνου της μορφής $L(\%) = At$ με συντελεστή συσχέτισης $R^2 > 0.95$, ενώ αυτών που συσκευάστηκαν με MDPE παρουσιάζει πολυωνυμική μεταβολή της μορφής $L(\%) = At^2 + Bt$ με συντελεστή συσχέτισης $R^2 > 0.90$

Η απώλεια βάρους αποτελεί περιοριστικό παράγοντα της συντήρησης και οφείλεται στην αναπνοή, στη διαπνοή και στη διάχυση υδρατμού από την επιδερμίδα. Η απώλεια βάρους λόγω αναπνοής /διαπνοής είναι συνάρτηση της αναπνευστικής δραστηριότητας του καρπού, ενώ η απώλεια βάρους λόγω διάχυσης εξαρτάται από τη διαφορά της υγρασίας μεταξύ του καρπού και της περιβάλλουσας ατμόσφαιρας καθώς και από την αντίσταση στη διάχυση που παρουσιάζει η επιδερμίδα. Η αντίσταση στη διάχυση εξαρτάται από τη δομή και το πάχος της επιδερμίδας που είναι συνάρτηση της ποικιλίας και του σταδίου ωριμότητας. Τα αρχικά συμπτώματα της αφυδάτωσης παρουσιάζονται όταν η πιπεριά χάσει 5% του αρχικού της βάρους οπότε υποβαθμίζεται η ποιότητά της [6] και αυξάνει η ευαισθησία της στις προσβολές από *Botrytis* και άλλα παθογόνα [4]. Η συσκευασία λειτουργεί σαν μία επιπλέον αντίσταση στη διάχυση και αποτελεί ένα εξαιρετικό μέσον μείωσης της απώλειας βάρους,

όπως έδειξαν τα αποτελέσματα τα οποία είναι ακόμα καλλίτερα όταν η συσκευασία δεν επιτρέπει τη δημιουργία συγκεντρώσεων O_2 και CO_2 επιζήμιων για τη συντήρηση των καρπών.

3.3 Σκληρότητα

Η μεταβολή της σκληρότητας της πιπεριάς συσκευασμένης ή μη, συντηρούμενης στους 5°C και στους 10°C παρουσιάζεται στον πίνακα 2, όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι, στο τέλος της συντήρησης στους 10°C καθώς και στο τέλος του shelf life (S.L) οι πλαστικές συσκευασίες

Πίνακας 2. Επίδραση της συσκευασίας και της θερμοκρασίας συντήρησης στη σκληρότητα της πιπεριάς στο τέλος της συντήρησης (15^η ημ.) και του S.L (19^η ημ.)

Ημέρες	Μάρτυρας	LDPE-60	MDPE-30	PVC
Αρχή = 10,3 N 10°C				
15	8.05 a	9.55 b	9.51b	8.88b
19 (S.L)	7.67 a	9.00 b	9.23b	8.50ab
Αρχή = 10.3 N 5 °C				
15	8.26 a	9.48 b	9.15b	9.0 ab
19 (S.L)	7.78 a	8.95 b	8.50ab	8.40ab
Οι τιμές στην αυτή γραμμή με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά (Duncan's test p=0.05)				

διατήρησαν υψηλότερες τιμές σκληρότητας (στατιστικά σημαντικές) σε σύγκριση με το μάρτυρα. Η ίδια παρατήρηση ισχύει και για τη συντήρηση στους 5°C, με τη διαφορά ότι οι συσκευασμένες με PVC πιπεριές παρότι διατήρησαν υψηλότερη τιμή συγκριτικά με το μάρτυρα, δεν διαφέρουν στατιστικά. Από τα αποτελέσματα και των απωλειών βάρους φαίνεται ότι η σκληρότητα της πιπεριάς είναι άμεσα συνδεδεμένη με την απώλεια βάρους.

3.4 Χρώμα

Ο πίνακας 3 παρουσιάζει τις μεταβολές του χρώματος συσκευασμένης και μη πιπεριάς συντηρημένης για 15 ημέρες στους 5 ή 10 °C και στη συνέχεια στους 20 °C για 4 ημέρες. Η μεταβολή του χρώματος όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα εξαρτάται τόσο από τη θερμοκρασία συντήρησης όσο και από τη συσκευασία. Οι συσκευασίες στο τέλος της συντήρησης των 10° C επέτρεψαν στις πιπεριές να διατηρήσουν υψηλότερη φωτεινότητα (μικρότερες τιμές ΔL%) και πιο έντονο πράσινο χρώμα (μεγαλύτερες απόλυτες τιμές του a^*). Στο τέλος του shelf-life οι συσκευασμένες πιπεριές εξακολούθησαν να παρουσιάζουν μικρότερη απώλεια φωτεινότητας (διαφορά στατιστικά σημαντική). Αναφορικά με το πράσινο χρώμα (a^*) η συσκευασία MDPE παρουσίασε την υψηλότερη απόλυτη τιμή, η δε συσκευασία PVC τη χαμηλότερη. Τέλος οι συσκευασίες διατήρησαν υψηλότερες τιμές του b^* . Μετά από 15 ημέρες συντήρησης στους 5°C οι συσκευασμένοι καρποί παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως

προς την απώλεια της φωτεινότητας, καμία όμως διαφορά ως προς το πράσινο χρώμα. Οι ίδιες παρατηρήσεις ισχύουν και για το τέλος του S.L.

Οι τιμές του L^* αυξάνονται με την ωρίμανση του καρπού, πράγμα που σημαίνει αλλαγές από ένα έντονο πράσινο χρώμα σε ένα λιγότερο έντονο. Οι χαμηλές τιμές του L^* στην περίπτωση των μαρτύρων προφανώς οφείλονται στη μεγαλύτερη απώλεια βάρους, γεγονός που συμφωνεί με τις παρατηρήσεις του Ben –Yehoshua [2] ο οποίος προτείνει μία άμεση συσχέτιση μεταβολής του χρώματος και του υδατικού stress. Τα αποτελέσματα μας συμφωνούν με αυτά του Lownds [12]. Η μεταβολή

Πίνακας 3. Μεταβολή του χρώματος της πιπεριάς συναρτήσει της συσκευασίας και της θερμοκρασίας συντήρησης.

Τύπος συσκ.	L^*		$\Delta L^* \%$		a^*		b^*	
	15 ^η ημ	S.L	15 ^η ημ	S.L	15 ^η ημ	S.L	15 ^η ημ	S.L
10°C Αρχή	38.5±0.73				-14.39±0.48		20.6±1.03	
Μάρτ/ας	35.81a	34.93a	5.46a	6.39a	-12.0a	-10.5a	20.67a	17.78a
LDPE-60	37.78ab	37.67b	2.65ab	1.86b	-13.96b	-11.2a	20.75a	19.24b
MDPE-30	38.0b	38.59b	0.97b	0.78b	-13.84b	-12.6c	21.63a	19.93b
PVC	38.07b	39.25b	2.6ab	1.66b	-13.16b	-9.61b	21.8a	21.4b
5°C Αρχή	38.23±0.71				-13.8±0.55		19.99±1.06	
Μάρτ/ας	36.41a	36.73ab	4.3c	3.92c	-13.92a	-12.07a	24.08a	18.89ab
LDPE-60	38.8a	39.55c	0.18ab	1.12b	-13.40a	-12.21ab	22.08ab	21.7b
MDPE-30	37.24a	37.9a	0.10a	0.47a	-12.93a	-10.99b	20.04b	17.41a
PVC	37.22a	39.17bc	0.41ab	0.73a	-13.29a	-13.0a	20.61ab	20.73ab
Οι τιμές στην αυτή στήλη με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά (Duncan's test p=0.05)								

των τιμών του a^* είναι συνάρτηση τόσο της αποικοδόμησης της χλωροφύλλης όσο και της σύνθεσης των καροτινοειδών [18]. Η διατήρηση των τιμών του a^* στα αρχικά επίπεδα στην περίπτωση των συσκευασιών πρέπει να αποδοθούν στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα [17] ενώ ο Lownds [12] το αποδίδει μόνο στη μείωση του υδατικού stress. Τέλος η αύξηση των τιμών του b^* κατά τη διάρκεια της συντήρησης και στις δύο θερμοκρασίες υποδηλώνει σύνθεση κίτρινων χρωστικών (β-καροτίνη, βιολοξανθίνη) που λαμβάνει χώρα κατά την ωρίμανση [18].

3.5. Βιταμίνη C

Οι μεταβολές της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C κατά τη διάρκεια της συντήρησης, παρουσιάζονται στον πίνακα 4 όπου παρατηρούμε ότι οι πλαστικές συσκευασίες LDPE και MDPE διατήρησαν την περιεκτικότητα του καρπού σε βιταμίνη C και στις δύο θερμοκρασίες τόσο στο τέλος της συντήρησης όσο και στο τέλος του shelf-life. Οι συσκευασίες που δημιούργησαν μία ατμόσφαιρα με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε O_2 και υψηλότερη σε CO_2 από αυτήν του αέρα (LDPE, MDPE) διατήρησαν σε υψηλότερα επίπεδα την περιεκτικότητα των καρπών σε ασκορβικό οξύ, ενώ αυτές των οποίων η σύνθεση της ατμόσφαιρας

ήταν κοντά σε αυτή του αέρα (PVC) παρουσίασαν ελαφρά καλλίτερες τιμές από το μάρτυρα όχι όμως στατιστικά διαφορετικές.

Πίνακας 4. Μεταβολή της περιεκτικότητας σε ασκορβικό οξύ συσκευασμένης και μη πιπεριάς, μετά από συντήρηση 15 ημερών στους 5°C και 10°C και 4 ημερών S.L

Συσκευασία	Ασκορβικό οξύ (mg/100 g φρέσκου βάρους)						
	Αρχή	7 ^η ημέρα		15 ^η ημέρα		Shelf-life	
		10°C	5°C	10°C	5°C	10°C	5°C
LDPE-60	101.2±7.7	98.08a	99.1a	94.67a	91.29a	90.0a	88.0a
MDPE-30	101.2±7.7	99.4a	98.4a	96.66a	92.15a	92.66a	89.5a
PVC	101.2±7.7	78.26b	85.3ab	86.0b	81.33a	79.33b	80.0b
Μάρτυρας	101.2±7.7	77.02b	81.42b	84.0b	76.04b	78.0b	75.0b
Σύγκριση M.O με Duncan's test p=0.05							

3. 6.Φυσιολογικές ανωμαλίες και Παθολογικές προσβολές

Οι μετασυλλεκτικές ανωμαλίες των συσκευασμένων πιπεριών κατά τη συντήρηση στους 5°C ήταν ελάχιστες και δε ξεπερνούσαν συνολικά το 1% έναντι 10% του μάρτυρα. Οι πλαστικές συσκευασίες μείωσαν αισθητά τις ασθένειες ψύχους, οι οποίες εμφανίζονται στη θερμοκρασία αυτή μετά από μία εβδομάδα [16]. Η μείωση των φυσιολογικών ασθενειών δεν επηρεάστηκε από τη σύνθεση της ατμόσφαιρας, αλλά από τη διατήρηση της υγρασίας γιατί και οι συσκευασίες με PVC δεν παρουσίασαν φυσιολογικές ανωμαλίες. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά άλλων ερευνητών [2,13]. Κατά τη συντήρηση στους 5°C και 10°C δεν παρατηρήθηκαν παθολογικές προσβολές. Στο τέλος του shelf- life οι συσκευασμένες και συντηρημένες στους 10°C πιπεριές παρουσίασαν 3% προσβολές στην περίπτωση των συσκευασιών LDPE και 5% σ' αυτήν με PVC, έναντι 10% του μάρτυρα. Ο μάρτυρας των 5°C παρουσίασε ένα ποσοστό της τάξης του 7-8%.

Οι παθολογικές προσβολές είναι περιοριστικός παράγοντας μιας μακροχρόνιας συντήρησης και ευνοούνται από τις συμπυκνώσεις πάνω στους καρπούς [2,4]. Στην συγκεκριμένη έρευνα δεν παρουσιάστηκαν συμπυκνώσεις και ίσως σε αυτό να οφείλεται η μη εμφάνιση παθολογικών προσβολών σε συνδυασμό με την πιθανή ανθεκτικότητα της ποικιλίας.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ατμόσφαιρες που δημιουργήθηκαν από τις πλαστικές συσκευασίες χαρακτηρίζονται ως αποτελεσματικές, ειδικότερα αυτές του πλαστικού LDPE-60, επιτυγχάνοντας τόσο σημαντική μείωση της απώλειας βάρους όσο και διατήρηση της σκληρότητας, του αρχικού βάρους και της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C, ενώ παράλληλα παρεμπόδισαν την εμφάνιση φυσιολογικών ασθενειών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ben- Yehoshua, S., 1985. Individual seal packaging of fruit and vegetables in plastic film. A new postharvest technique. *HortScience*. (20). 32-37.
2. Ben-Yehoshua, S., Shapiro, B., Chen, J.E, Lurie, S., 1983. Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell peppers fruits by alleviation of water stress. *Plant Physiol*. (73). 87-93.
3. Bussel, J., Kenigsberger, Z., 1975. Packaging green bell peppers in selected permeability films. *Journal of Food Science*. (40).1300-1303.
4. Eckert, J.W., 1978. Pathological diseases of fresh fruits and vegetables. In: *Postharvest biology and biotechnology*. Food and Nutrition Press, Westport, Conn. 161-209.
5. Forney, C.F., Lipton, W.J., 1990. Influence of controlled atmosphere and packaging on chilling sensitivity. In: *Chilling injury of Horticultural Crops*. C.R.C Press, Boca Raton Fla. 257-268.
6. Gonzalez, G., Tiznado, M., 1993. Postharvest physiology of bell peppers stored in low density polyethylene bags. *L.W.T* . (26). 450-455
7. Govindarajan, V.S., 1985. Capsicum :production technology, chemistry and quality: Part I. History botany cultivation and primary processing. *Crit. Rev Food Sci. Nutr*. (24). 109-176.
8. Hardenbourg, R.E.,1971. Effects of in-package environment on keeping quality of fruits and vegetables. *HortScience*. (6).198-202.
9. Hughes, P.A., Thompson, A.K., Pumbley, R.A., Seymour, G.B., 1981. Storage of capsicum under controlled atmosphere, modified atmosphere and hypobaric conditions. *J.Hort. Sci*. (1).261-265.
10. Janssens, M.F.M.,1993. Sea transportation of bell peppers by a controlled atmosphere container. *6th Int. Controlled atmosphere Res. Conf.* Cornell Univ, Ithaca, N.Y. paper N^o 18.
11. Kader, A.A., 1992. *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California, Div. Of Agr. And Nat. Res. Bublication.3311
12. Lownds, N.K., Banaras, M., Bosland, P.W., 1994. Postharvest water loss and storage quality of nine pepper cultivars. *HortScience*. 29(3).191-193.
13. Meir, S., Rosenberger, I., Aharon,Z., Grinberg, S.,Fallik,E., 1995. Improvement of the postharvest keeping quality and colour development of bell pepper by packaging with polyethylene bags at a reduced temperature. *Postharvest Biology and Technology*. (5).303-309.
14. Miller, W.R., Risse, L.A., Mc Donald, R.E., 1986. Deterioration of individually wrapped and non wrapped bell peppers during long –term storage. *Tropical Science*. (26).1-8.
15. Polderdijk, J.J., Boerrigter, H.A.M., Wilkinson, E.C., Meijer, J.G., Janssens, M.F.M.,1993. The effects of controlled atmospherestorage at varying levels of relative humidity on weight loss, softening and decay of red bell peppers. *Scientia Horticulturae*. 55(3-4).315-321.
16. Rajput, J.C, Parulekar, Y.R., 1998. Capsicum. In: *Handbook of vegetable Science and Technology*. Marcell Dekker, Inc. 203-224.
17. Weichman, J.,1986. The effect of controlled atmosphere storage on the sensory and nutritional quality of fruits and vegetables. *Hort. Rev*. (8).101-105.
18. Wien, H.C.,1997. Peppers. In: *The physiology of vegetable crops*. CAB International, N.Y. 259-293.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΚΑΙ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ

Π. Δημαρέλη*, Γ. Βαρζακάκος, Γ. Λαμπρινός*, Ε. Μανωλοπούλου ****

*Γ.Π.Α., Τμήμα Α.Φ.Π.-Γ.Μ. Ιερά Οδός 75, 11855. Τηλ.:2105294035, Fax:2105294032

**Τ.Ε.Ι.-Κ, Σ.Τ.Ε.Γ., Φ.Π, Αντικάλαμος-24100 Καλαμάτα. Τηλ: 2721045214, Fax:2721069047

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τρία διαφορετικά στελέχη (F56, 737, A2810) καλλιεργούμενου μανιταριού (*Agaricus bisporus*) συντηρήθηκαν σε ψυκτικούς θαλάμους 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C και 20 °C. Παρατίθενται πειραματικά δεδομένα της μεταβολής του ρυθμού αναπνοής συναρτήσει της θερμοκρασίας για τα τρία στελέχη. Η σύγκριση δείχνει ότι το στέλεχος 737 επηρεάζεται περισσότερο από τη θερμοκρασία συντήρησης. Τέλος, εκτίθεται η σχέση που δίνει τη μεταβολή της αποδιδόμενης από το προϊόν (για όλα τα στελέχη μαζί) ανά μονάδα μάζας θερμικής ισχύος ($\text{KJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) με τη θερμοκρασία συντήρησης.

Λέξεις κλειδιά: Συντήρηση, μανιτάρι, ρυθμός αναπνοής, θερμότητα αναπνοής.

TEMPERATURE EFFECT ON RESPIRATION RATE AND RESPIRATION HEAT OF CULTIVATED MUSHROOMS

P. Dimareli*, G. Varzakakos, G. Lambrinos*, H. Manolopoulou****

*Agronomic University of Athens – 75 Iera Odos, 11855 Athens, Greece.

**Technological Educational Institute of Kalamata, Antikalamos, 24100 Kalamata, Greece

ABSTRACT

Three different strains (F56, 737, A2810) of cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*) were stored in cold rooms at 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C and 20 °C. Experimental data showing the change of the respiration rate versus temperature for the three strains are presented. The data comparison shows that the strain 737 is more influenced by the storage temperature than the other ones. Finally, a relationship giving the mushroom respiration heat against storage temperature is presented.

Keywords: Storage, mushroom, respiration rate, respiration heat.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το εδώδιμο μανιτάρι αποτελεί ένα ενδιαφέρον φυτικό προϊόν, η επιμήκυνση δε του χρόνου συντήρησής του έχει μεγάλη οικονομική σημασία τόσο για το γεωργικό όσο και τον εμπορικό χώρο. Ο χρόνος συντήρησης συνδέεται άμεσα με την αναπνευστική δραστηριότητα του προϊόντος, η οποία με τη σειρά της είναι συνάρτηση των συνθηκών συντήρησης [1]. Για τη βελτίωση των μετασλλεκτικών διαδικασιών και τεχνολογιών που αφορούν στο μανιτάρι, είναι απαραίτητες οι πληροφορίες που σχετίζονται με την αναπνευστική δραστηριότητα του καλλιεργούμενου μανιταριού και οι οποίες είναι λίγες. Οι λόγοι αυτοί οδήγησαν στην παρούσα μελέτη, η οποία είχε ως στόχους:

- α) Τη μέτρηση του ρυθμού αναπνοής τριών στελεχών μανιταριού *Agaricus bisporus* σε διάφορες θερμοκρασίες συντήρησης
- β) Την εκτίμηση της εκλυόμενης από το προϊόν θερμικής ισχύος (αναπνοής) ανάλογα με τη θερμοκρασία συντήρησης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Μανιτάρια του είδους *Agaricus bisporus* και των στελεχών F56 (ITALSPAWN), 737 (SYLVAN) και A2810 (AMICEL) β' κοπής (κύματος), προερχόμενα από τη «Φάρμα Μανιταριών Ευβοίας», αμέσως μετά τη συλλογή μεταφέρθηκαν οδικώς και υπό ψύξη στο εργαστήριο μετασλλεκτικών χειρισμών και ψύξης του Τμήματος Α.Φ.Π.-Γ.Μ. του Γ.Π.Α. Στη συνέχεια τα μανιτάρια μετά τη διαλογή, ομαδοποιήθηκαν και αφού τοποθετήθηκαν σε πλαστικές θήκες ή κεσεδάκια (7 θήκες ανά ομάδα) συντηρήθηκαν σε ψυκτικούς θαλάμους θερμοκρασιών 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C και 20 °C.

Σ' όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης, έγινε συστηματικός καθημερινός έλεγχος και καταγραφή του βάρους (με ζυγό ακριβείας 0.02g και διακριτικής ικανότητας 0.01g) και του ρυθμού αναπνοής με τη συσκευή RICKLOS [3,4], διάταξη αποτελούμενη από φορητό IR αναλυτή CO₂ που συνδέεται σε σειρά με τον αναπνευστικό θάλαμο και που με τις σωληνώσεις αποτελούν κλειστό ελεγχόμενο κύκλωμα. Το αναλογικό σήμα της συσκευής καταγραφόταν ηλεκτρονικά και με τη μέθοδο της ευθείας των ελαχίστων τετραγώνων υπολογιζόταν η κλίση της ευθείας C=f(t). Μετά τις μετρήσεις της αναπνευστικής δραστηριότητας των μανιταριών κάθε πλαστικής θήκης, ακολουθούσε ογκομέτρηση των περιεχόμενων μανιταριών. Ο ρυθμός αναπνοής υπολογίστηκε με βάση τη σχέση:

$$RR = C \cdot (V / m) \cdot 10^{-4} \quad [\text{ml CO}_2 / 100\text{g} / \text{h}]$$

Όπου C: η κλίση της ευθείας C=f(t) σε ppm/h.

V: ελεύθερος όγκος του αέρα (ml) = συνολικός όγκος κυκλώματος –όγκος του προϊόντος

m: μάζα προϊόντος σε g.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

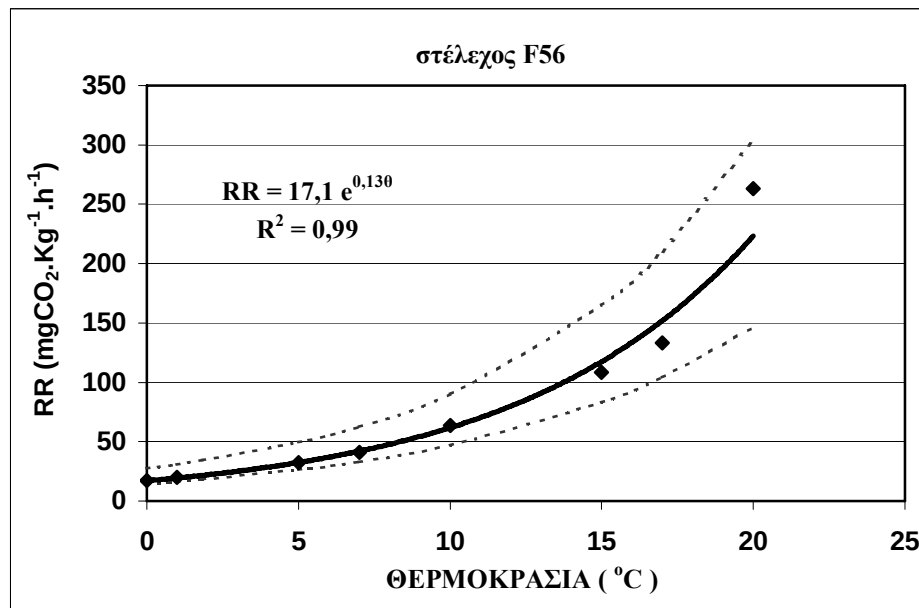
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ρυθμού αναπνοής των τριών στελεχών στις κύριες θερμοκρασίες συντήρησης παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Μέσοι όροι του ρυθμού αναπνοής των τριών στελεχών μανιταριού *Agaricus bisporus* για πέντε βασικές θερμοκρασίες συντήρησης.

ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)			
θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	στελέχος		
	F56	737	A2810
	RR	RR	RR
0	17,4	21	29,4
5	32,2	44,8	54,2
10	63,8	85,8	77,8
15	108,2	240,6	191
20	263,4	392,2	374

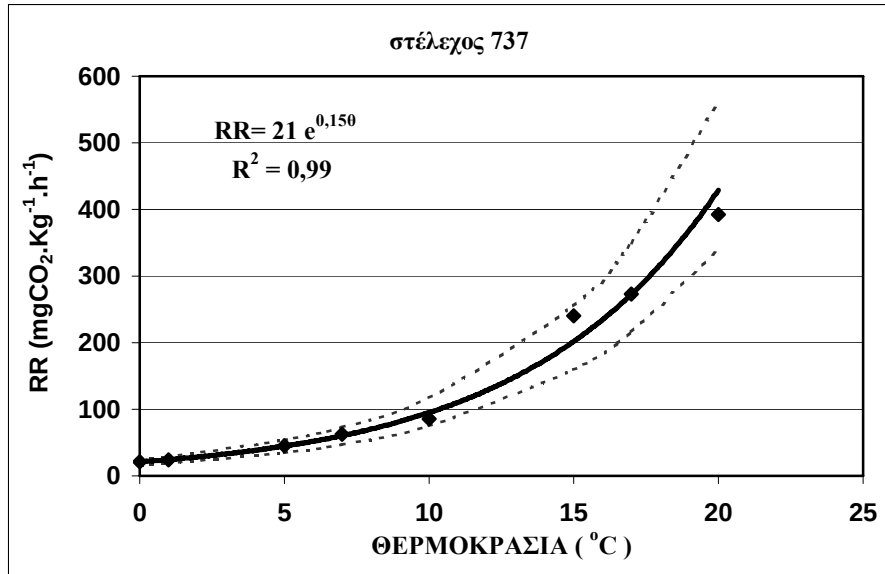
Η στατιστική επεξεργασία με την t-δοκιμή σε επίπεδο 0,05 των τιμών αναπνοής που αντιστοιχούσαν σε διαφορετικές θερμοκρασίες συντήρησης (7 τιμές ανά ομάδα), οδήγησε σε γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων όπως φαίνεται στα σχήματα 1-3.

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η μεταβολή της αναπνευστικής δραστηριότητας του στελέχους F56 με τη θερμοκρασία συντήρησης. Παρατηρούνται μικροί ρυθμοί αναπνοής τόσο στις χαμηλές όσο και στις υψηλές θερμοκρασίες.



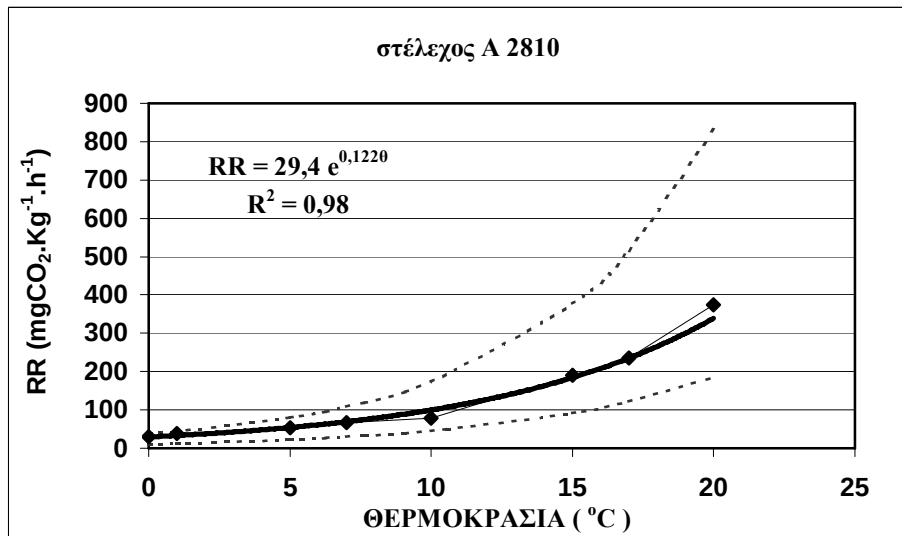
Σχήμα 1. Μεταβολή του ρυθμού αναπνοής του στελέχους F56 με τη θερμοκρασία συντήρησης.

Το στέλεχος 737 (σχήμα 2) παρουσιάζει ελαφρώς υψηλότερους ρυθμούς αναπνοής από το προηγούμενο στις χαμηλές θερμοκρασίες, ρυθμούς οι οποίοι αυξάνουν έντονα με την άνοδο της θερμοκρασίας συντήρησης.



Σχήμα 2. Μεταβολή του ρυθμού αναπνοής του στελέχους 737 με τη θερμοκρασία συντήρησης.

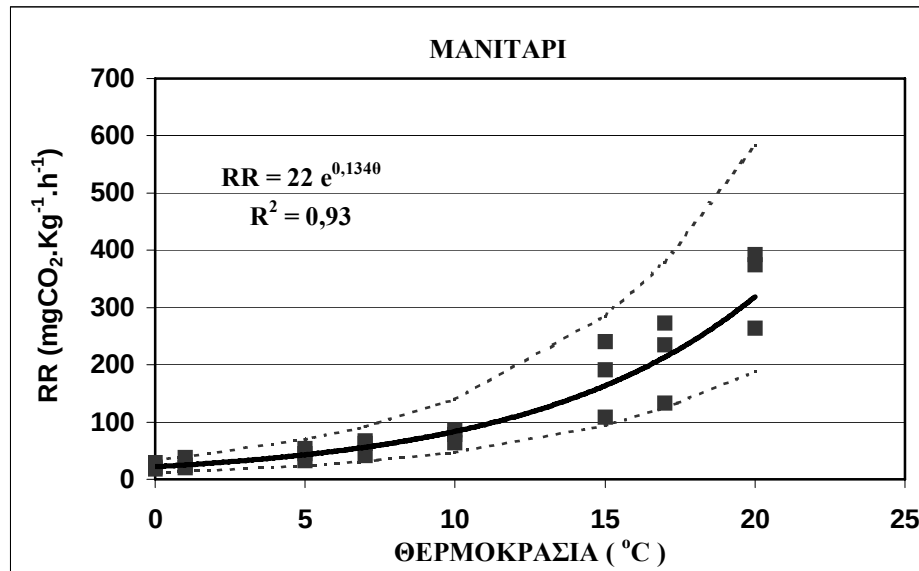
Τέλος το στέλεχος A2810 (σχήμα 3) ενώ έχει σημαντικά υψηλότερους ρυθμούς



Σχήμα 3. Μεταβολή του ρυθμού αναπνοής του στελέχους A2810 με τη θερμοκρασία συντήρησης.

αναπνοής στις χαμηλότερες θερμοκρασίες συντήρησης, στις υψηλότερες δεν εμφανίζει το ίδιο υψηλούς ρυθμούς όπως το στέλεχος 737.

Στο σχήμα 4 παρουσιάζεται η μεταβολή της αναπνευστικής δραστηριότητας και των τριών στελεχών μανιταριού *Agaricus bisporus* με τη θερμοκρασία συντήρησης και στον πίνακα 2 παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι συσχετίσεις του ρυθμού αναπνοής.



Σχήμα 4. Μεταβολή του ρυθμού αναπνοής των στελεχών F56, 737 και A2810 με τη θερμοκρασία συντήρησης.

Πίνακας 2. Συσχέτιση του ρυθμού αναπνοής με τη θερμοκρασία συντήρησης.

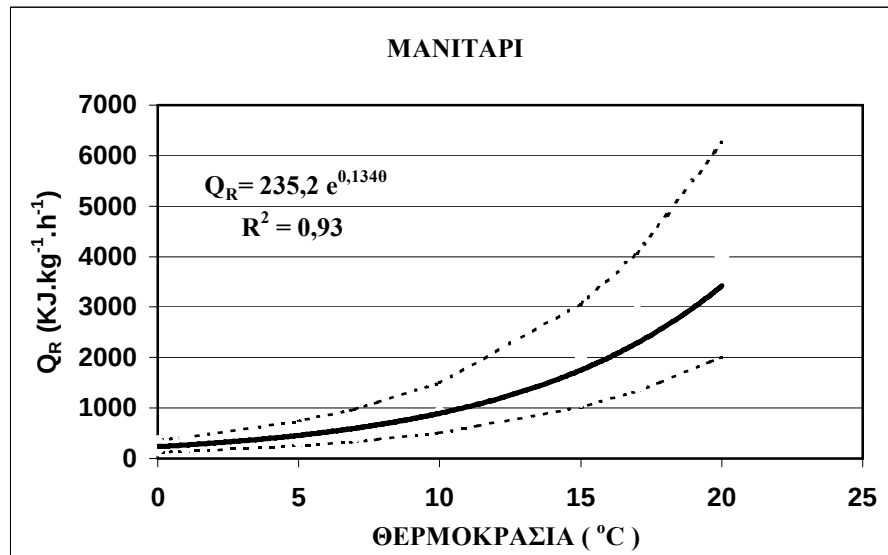
στέλεχος	RR = A e ^{Bθ}		
	A	B	R ²
F56	17,1	0,13	0,992
737	21	0,15	0,994
A2810	29,4	0,122	0,984
Μανιτάρι (και για τα 3 στέλεχη)	22	0,134	0,934

Πάντως οι εκτιμηθείσες τιμές του ρυθμού αναπνοής, συγκρινόμενες με αυτές που χρησιμοποιεί ο Kader [2] για την ταξινόμηση των προϊόντων από πλευράς αναπνευστικής δραστηριότητας, μόνο για το στέλεχος A2810 συμφωνούν. Οι άλλες είναι ελαφρώς μικρότερες, κατατάσσοντας το μανιτάρι στα προϊόντα υψηλού (και όχι λίαν υψηλού) ρυθμού αναπνοής.

Με βάση τη σχέση που περιγράφει την παραγωγή θερμότητας αναπνοής ανά μονάδα χρόνου από το ρυθμό αναπνοής του μανιταριού (των τριών στελεχών):

$$\dot{Q}_R [\text{KJ} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] = \dot{m}_{\text{CO}_2} [\text{KgCO}_2 \cdot \text{Kg}_{\text{pr}}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] \cdot [10,71 \text{KJ} \cdot \text{Kg}^{-1}]$$

προκύπτει η μεταβολή της θερμικής ισχύος αναπνοής των μανιταριών συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης (σχήμα 5), σχέση η οποία μπορεί να βοηθήσει τον μελετητή στον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων.



Σχήμα 5. Μεταβολή της παραγόμενης θερμικής ισχύος αναπνοής μανιταριών *Agaricus bisporus* με τη θερμοκρασία συντήρησης.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μεταβολή του ρυθμού αναπνοής των τριών στελεχών καλλιεργούμενου μανιταριού με τη θερμοκρασία συντήρησης, είναι εκθετικής μορφής. Το στέλεχος F56 παρουσιάζει τη μικρότερη αναπνευστική δραστηριότητα στους 0 °C ενώ το στέλεχος A2810 τη μεγαλύτερη. Τέλος, το στέλεχος 737 επηρεάζεται από τη θερμοκρασία συντήρησης περισσότερο και από τα τρία μελετηθέντα στελέχη, φθάνοντας στους 20 °C σε ρυθμούς διπλάσιους απ' αυτούς του F56 που φαίνεται ότι επηρεάζεται λιγότερο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Forcier, F., Raghavan, G.S.V. and Gariepy, Y., 1987 . Electronic sensor for the determination of fruit and vegetables respiration. *Int. J of Refrigeration*. 10(11). 353-356.

2. Kader, A.A., 1987 Respiration and Gas Exchange of Vegetables, in: *J.Weichmann, Postharvest Physiology of Vegetables*, Marcel Dekker Inc., N.York.
3. Μητρόπουλος, Δ., Κοζής, Γ., Μανωλοπούλου, Ε. και Λαμπρινός, Γ., 2000. Εκτίμηση του χρόνου συλλογής με μέτρηση του ρυθμού αναπνοής στον αγρό. *Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής*, Βόλος, 425-432.
4. Mitropoulos, D., Lambrinos, G. and Manolopoulou, H., 2000. A portable setup for fruit respiration measurement. *Proc of the Int. IIR Conference on Post-harvest treatments of Fruit, Vegetables and ornamentals*, Murcia, vol II, 926-931.

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΜΕ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΜΗΛΩΝ

Μ. Κανάκη^{}, Γ. Λαμπρινός^{*}, Δ. Μητρόπουλος^{*} και Ε. Μανωλοπούλου^{**}**

^{*}Γ. Π. Α., Τμήμα ΑΦΠ-ΓΜ, Ιερά Οδός 75, 11855. Τηλ 2105294032

^{**}Τ.Ε.Ι.-Κ., Σ.Τ.Ε.Γ., Αντικάλαμος-24100 Καλαμάτα. Τηλ 2721045214, Fax 2721069047

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μήλα των ποικιλιών *Pilafa Delicious* και *Granny Smith* συντηρήθηκαν σε ψυκτικούς θαλάμους θερμοκρασιών 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C και 20 °C. Η συστηματική μέτρηση και καταγραφή της αναπνευστικής τους δραστηριότητας έδειξε ότι ο ρυθμός αναπνοής των μήλων *Pilafa Delicious* κυμαινόμενος μεταξύ 3,5 έως 30,0 mgCO₂/Kg/h στην περιοχή 0 °C και 20 °C, μεταβάλλεται εκθετικά με την θερμοκρασία. Ο ρυθμός αναπνοής των μήλων *Granny Smith* κινείται σε χαμηλότερα επίπεδα, μεταξύ 2,40 και 24,0 mgCO₂/Kg/h. Η ανά μονάδα μάζας αποδιδόμενη θερμική ισχύς αναπνοής των όψιμων αυτών ποικιλιών κυμαίνεται μεταξύ 31 και 320 KJ/Kg/h στην εξεταζόμενη θερμοκρασιακή περιοχή.

Λέξεις κλειδιά: Συντήρηση μήλων, *Pilafa Delicious*, *Granny Smith*, ρυθμός αναπνοής, θερμότητα αναπνοής

RESPIRATION RATE AND RESPIRATION HEAT EVOLUTION OF TWO APPLE CULTIVARS DEPENDING ON STORAGE TEMPERATURE

M. Kanaki^{}, G. Lambrinos^{*}, D. Mitropoulos^{*} and H. Manolopoulou^{**}**

^{*}Agronomic University of Athens-75 Iera Odos, 11855, Greece

^{**}Technological Educational Institute of Kalamata, Antikalamos, 24100, Kalamata, Greece

ABSTRACT

Pilafa Delicious and *Granny Smith* apples were stored in cold rooms at 0 °C, 10 °C, 5 °C, 15 °C, 20 °C. The systematic recording of respiration activity showed that the respiration rate of *Pilafa Delicious* apples varied from 3,5 to 30,0 mgCO₂/Kg/h between 0 °C and 20 °C, and evolved exponentially with storage temperature. *Granny Smith* respiration rate varied in slightly lower levels between 2,4 and 24,0 mgCO₂/Kg / h. The respiration heat power evolution of these two late maturing apple cultivars, was between 31 and 320 mgKJ/Kg/h, in the explored temperature range.

Keywords: Apples storage, *Pilafa Delicious*, *Granny Smith*, respiration rate, respiration heat.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο χρόνος συντήρησης των οπωρολαχανικών συνδέεται αντιστρόφως ανάλογα με την αναπνευστική τους δραστηριότητα [5], εξαρτάται δε από το περιβάλλον του χώρου συντήρησης και ειδικότερα από τη θερμοκρασία και τη σύνθεση του αέρα. Η αναπνευστική δραστηριότητα του προϊόντος αποτελεί μία σημαντική παράμετρο για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη των μετασυλλεκτικών τεχνολογιών. Γι' αυτό είναι επιθυμητή η γνώση παραμέτρων όπως ο ρυθμός αναπνοής και η παραγόμενη θερμική ισχύς αναπνοής ενός συγκεκριμένου προϊόντος κάτω από διάφορες συνθήκες.

Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να παρουσιασθούν σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία συντήρησης στοιχεία της αναπνευστικής δραστηριότητας μήλων των ποικιλιών *Delicious Pilafa* και *Granny Smith*.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν μήλα ποικιλίας *Pilafa Delicious* που προήρχοντο από την περιοχή Τεγέας Αρκαδίας (συλλογή στις 26 Οκτωβρίου 2001) και μήλα ποικιλίας *Granny Smith* που συγκομίστηκαν στην ίδια περιοχή στις 2 Νοεμβρίου 2001. Τα μήλα αμέσως μετά τη συλλογή μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο μετασυλλεκτικών χειρισμών και ψυκτικών εφαρμογών (Γ.Π.Α., Τμήμα Α.Φ.Π.-Γ.Μ.) όπου έγινε η διαλογή. Καρποί προσβεβλημένοι, χτυπημένοι, πολύ μεγάλοι ή πολύ μικροί, πολύ ώριμοι ή πολύ άγουροι απομακρύνθηκαν. Τα μήλα του πειράματος αριθμήθηκαν, ζυγίστηκαν και ομαδοποιήθηκαν ανάλογα με το χειρισμό. Για κάθε ποικιλία δημιουργήθηκαν 5 ομάδες, από 12 μήλα κάθε μία, που τοποθετήθηκαν σε θαλάμους θερμοκρασίας 0 °C, 5 °C, 10°C, 15°C, 20 °C αντίστοιχα. Σε τακτά χρονικά διαστήματα δύο ή τεσσάρων ημερών (ανάλογα με τη θερμοκρασία), γινόταν μέτρηση της αναπνευστικής δραστηριότητας όλων των μήλων με τη βοήθεια της συσκευής RIKCLOS[10].

Οι συνθήκες των ψυκτικών θαλάμων που συντηρήθηκαν τα μήλα ήταν οι εξής:

- θάλαμος 0 °C, μέση θερμοκρασία: 0,5 °C, σχετική υγρασία: 87±1%.
- θάλαμος 5 °C, μέση θερμοκρασία: 4,6 °C, σχετική υγρασία: 87±2%.
- θάλαμος 10 °C, μέση θερμοκρασία: 9,6 °C, σχετική υγρασία: 92±1%.
- θάλαμος 15 °C, μέση θερμοκρασία: 14,6 °C, σχετική υγρασία: 89±2%.
- θάλαμος 20 °C, μέση θερμοκρασία: 19,7 °C, σχετική υγρασία: 71±5%.

Η λειτουργία του κύριου οργάνου στηρίζεται σε ένα ανιχνευτή IR (απορρόφηση στο υπέρυθρο), η κλίμακα μέτρησης του οργάνου κυμαίνεται από 0-5000 ppm, η διακριτική του ευχέρεια είναι 25 ppm ενώ η ακρίβειά του είναι ±1% της κλίμακας του. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται ψηφιακά, το όργανο όμως διαθέτει και αναλογική έξοδο συνεχούς τάσης (0-100 mV) για συνεχή καταγραφή. Ο μετρητής του CO₂ είναι συνδεδεμένος εν σειρά με τον αναπνευστικό θάλαμο έτσι ώστε μαζί με τις σωληνώσεις να αποτελούν μια

διάταξη κυκλώματος. Από τη συστηματική καταγραφή μέσω της αναλογικής εξόδου του οργάνου, υπολογίζεται η κλίση της συγκέντρωσης CO_2 , $C=f(t)$, με τη μέθοδο της ευθείας των ελάχιστων τετραγώνων και ο συντελεστής συσχέτισης R αποτελεί το κριτήριο για την εκτίμηση της αξιοπιστίας του υπολογισμού. Ο ρυθμός αναπνοής των καρπών δίνεται από τη σχέση: $RR=(\Delta C/\Delta t) \times (V/m) \times 1,96 \times 10^{-3}$

Όπου RR = ρυθμός αναπνοής σε $\text{mgCO}_2/\text{h/Kg}$ φρούτου

$\Delta C/\Delta t$ = η κλίση της ευθείας $C=f(t)$ σε ppm/h

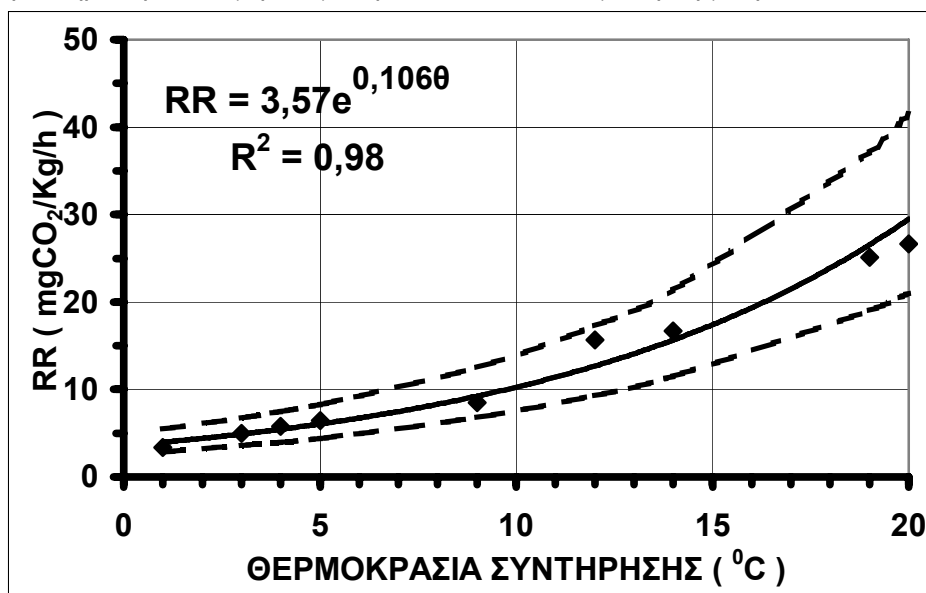
V = μικτός όγκος κυκλώματος – όγκος προϊόντος = καθαρός όγκος του αέρα σε mL

m = μάζα του προϊόντος σε g

Οι μέσοι όροι του ρυθμού αναπνοής για κάθε θερμοκρασία (τη στιγμή της μέτρησης) προκύπτουν από στατιστική ανάλυση τιμών ατομικών μετρήσεων δέκα μήλων, τα δε όρια (εμπιστοσύνης) των μη γραμμικών παλινδρομήσεων προέρχονται από στατιστική ανάλυση της t -δοκιμής σε επίπεδο 0,05.

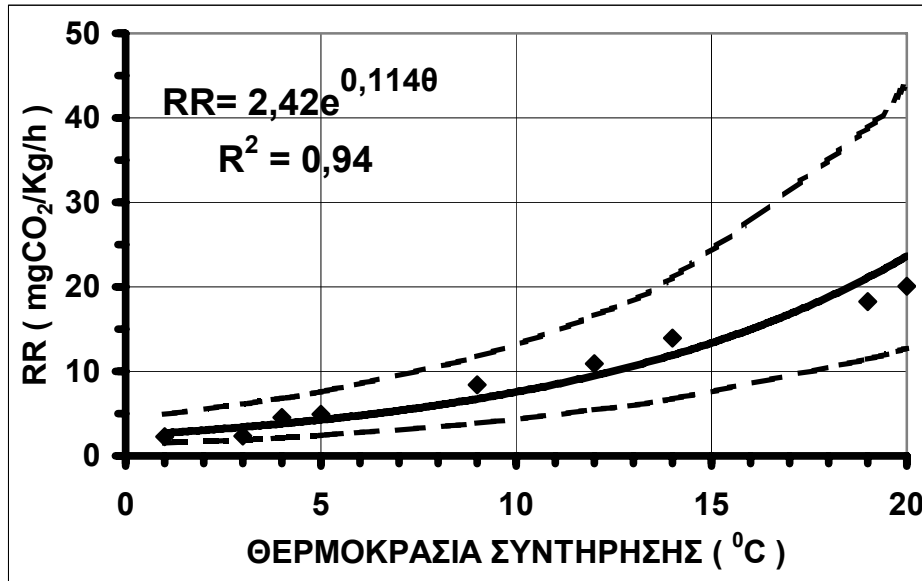
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

Στα σχήματα 1 και 2 παρουσιάζεται η μεταβολή του ρυθμού αναπνοής με τη θερμοκρασία συντήρησης μήλων *Pilafa Delicious* και *Granny Smith* αντίστοιχα, για την χρονική περίοδο του ‘αναπνευστικού ελαχίστου’. Η αναπνευστική δραστηριότητα των μήλων μεταβάλλεται εκθετικά με τη θερμοκρασία.



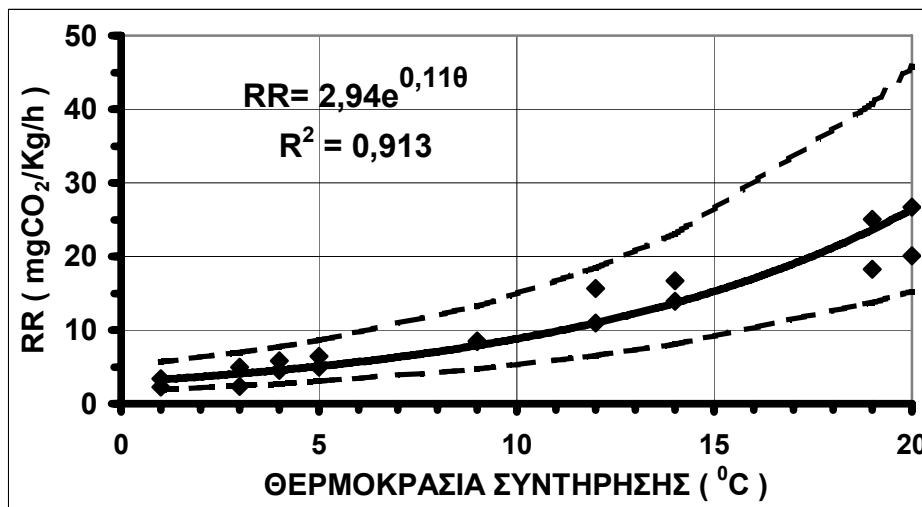
Σχήμα 1. Μεταβολή του ρυθμού αναπνοής με τη θερμοκρασία συντήρησης στα μήλα *Pilafa Delicious*

Παρατηρούμε επίσης ότι οι τιμές του ρυθμού αναπνοής των μήλων *Pilafa Delicious* είναι υψηλότερες αυτών των μήλων *Granny Smith* κατά 25-30%.



Σχήμα 2. Μεταβολή του ρυθμού αναπνοής με τη θερμοκρασία συντήρησης των μήλων *Granny Smith*

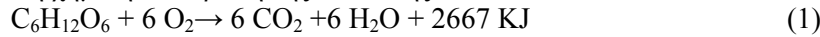
Το σχήμα 3 παρουσιάζει την μεταβολή του ρυθμού αναπνοής και των δύο αυτών όψιμων ποικιλιών με τη θερμοκρασία συντήρησης.



Σχήμα 3. Μεταβολή του ρυθμού αναπνοής με τη θερμοκρασία συντήρησης για όψιμες ποικιλίες.

Οι τιμές του σχήματος 3 υπολείπονται ελαφρώς των τιμών που δίνουν οι Becker και Fricke [3] γενικά για μήλα καθώς και ο Andrich [1] για μήλα *Golden Delicious*, συμφωνούν όμως με τις τιμές που δίνει η ASHRAE [2], οι Moras και Charon [11], το Διεθνές Ινστιτούτο Ψύξης [6], και οι Ryall και Pentzer [9] για όψιμα μήλα.

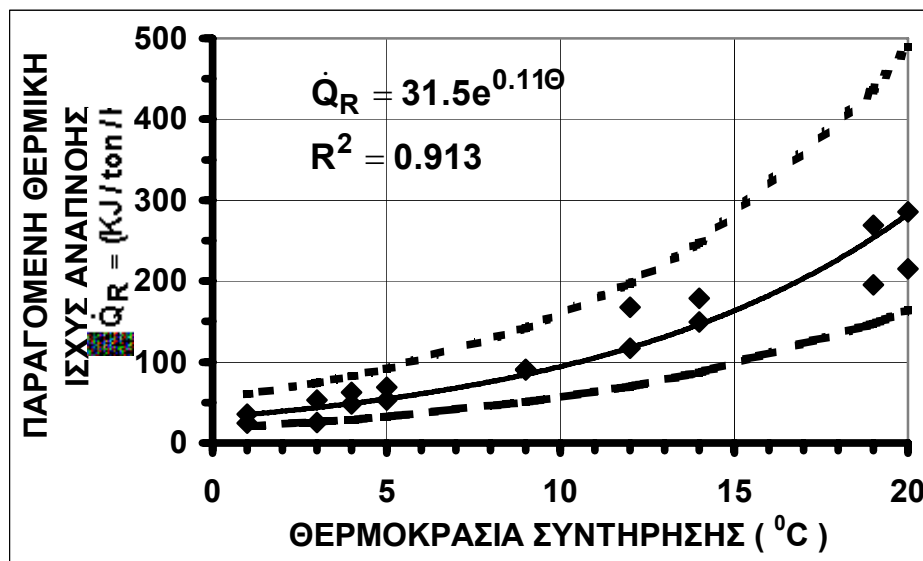
Από τη χημική αντίδραση της αναπνοής



προκύπτει ότι για κάθε χιλιογραμμάριο απελευθερούμενου CO_2 παράγονται 10,7 Joules θερμότητας [12]. Η σχέση που περιγράφει την παραγωγή θερμότητας αναπνοής ανά μονάδα χρόνου είναι :

$$\dot{Q}_R [KJ \cdot Kg^{-1} \cdot h^{-1}] = \dot{m}_{CO_2} \cdot [Kg CO_2 \cdot Kg_{Pr}^{-1} \cdot h^{-1}] \cdot 10,7 \cdot [KJ \cdot Kg^{-1} CO_2] \quad (2)$$

Με βάση τη σχέση (2) υπολογίστηκαν οι τιμές της θερμικής ισχύος αναπνοής των μήλων συναρτήσει της θερμοκρασίας και χαράχθηκε η σχετική καμπύλη (σχήμα 4).



Σχήμα 4. Μεταβολή της παραγόμενης θερμικής ισχύος αναπνοής με τη θερμοκρασία συντήρησης όψιμων ποικιλιών μήλων (*Pilafa Delicious* και *Granny Smith*).

Οι τιμές της συσχέτισης αυτής είναι ελαφρώς υποεκτιμημένες σε σύγκριση με τις τιμές των Becker και Fricke [3], του Lewis [8] και του Fellows [4], συμφωνούν όμως με τις τιμές του Διεθνούς Ινστιτούτου Ψύχους [6,7], τους πίνακες των Ryall και Pentzer [9] καθώς και αυτούς των Moras και Charon [11].

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα της έρευνας μπορούν να συνοψισθούν στα εξής :

1. Η μεταβολή του ρυθμού αναπνοής και της παραγόμενης θερμικής ισχύος αναπνοής με τη θερμοκρασία συντήρησης και για τις δύο ποικιλίες, είναι εκθετικής μορφής.
2. Οι τιμές του ρυθμού αναπνοής της ποικιλίας *Pilafa Delicious* είναι 25-30% υψηλότερες αυτών της ποικιλίας *Granny Smith*.
3. Γνωρίζοντας τη μεταβολή του ρυθμού αναπνοής, μπορούμε εύκολα να εκτιμήσουμε τους ρυθμούς ανανέωσης του αέρα σ' ένα θάλαμο ή να προεκτιμήσουμε μία τροποποιημένη ατμόσφαιρα μέσα σε συσκευασία από γνωστής περατότητας εύκαμπτο πλαστικό φύλλο.
4. Η γνώση τέλος της μεταβολής της παραγόμενης θερμικής ισχύος αναπνοής βοηθάει πολύ τους υπολογισμούς των ψυκτικών φορτίων στη βιομηχανική ψύξη.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Andrich, G., Zinnai, A., Balzini, S., Silvestri, S. and Fiorentini, R., 1995. Respiration Rate of Golden Delicious apples as a function of temperature of storage cell. *Proc. of 19th Int. Congress of Refrigeration*. The Hague. vol.II. Theme 2.129-135.
2. ASHRAE. *Handbook of Refrigeration*, 1990. Atlanta.
3. Becker, G.A., Fricke, B.A., 1996. Transpiration and respiration of fruits and vegetables. *Proc. of the Int. IIR Conference: New Developments in Refrigeration for Food Safety and Quality*, Lexington, 110-121.
4. Fellows, P.J., 2000. *Food Processing Technology*. CRC, Woodhead Publishing Ltd. Cambridge.
5. Hardenburg, R.E., Watada, A.E. and Wang, C. Y., 1990. *The commercial storage of fruits, vegetables, florist and nursery stocks*. U.S.D.A., Agriculture Handbook 66.
6. I.I.R. 1967. *Recommended conditions for cold storage of perishable produce*. Paris.
7. I.I.R. 2000. *Recommendations for chilled storage of perishable produce*. Paris.
8. Lewis, M.J., 1998. *Physical properties of foods and food processing systems*. Woodhead Publishing Ltd. Cambridge.
9. Ryall, A L. and Pentzer, W.T., 1982. *Handling Transportation and Storage of Fruits and Vegetables*, Vol. 2 (Fruits and Tree Nuts). AVI Publishing Co..Westport.
10. Mitropoulos, D., Lambrinos, G., Manolopoulou, H., 2000. A portable setup for fruit respiration measurement, *Proc. of the IIR meeting "Improving Postharvest Technologies of Fruits, Vegetables and Ornamentals"*, Murcia, Vol II, 926-931.
11. Moras, P. et Chapon, J-F., 1983. *Entreposage et conservation des fruits et legumes*. CTIFL, Paris.
12. USD, 1977. *The commercial storage of fruits,vegetables and florist and nursery stocks*. Agriculture Handbook No 66.Washington.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΗΛΩΝ *PILAFI DELICIOUS*

Ι. Καμβύση^{}, Γ. Λαμπρινός^{*}, Ε. Μανωλοπούλου^{**} και Δ. Μητρόπουλος^{*}**

^{*}Γ. Π. Α., Τμήμα ΑΦΠ-ΓΜ, Ιερά Οδός 75, 11855. Τηλ 2105294032

^{**}Τ.Ε.Ι.-Κ., Σ.Τ.Ε.Γ., Αντικάλαμος-24100 Καλαμάτα. Τηλ 2721045214, Fax 2721069047

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μήλα της ποικιλίας *Pilafa Delicious*, συντηρήθηκαν σε τέσσερις διαφορετικές πολύ-αιθυλενικές συσκευασίες σε ψυκτικούς θαλάμους 0 °C και 10 °C. Συστηματική μέτρηση της εσωτερικής ατμόσφαιρας των συσκευασιών καθώς και της αναπνευστικής δραστηριότητας των συσκευασμένων μήλων, κάτω από συνθήκες σταθερής κατάστασης (steady state) έδειξε ότι στις χαμηλές περιεκτικότητες O₂ ή στις υψηλές περιεκτικότητες CO₂ υπάρχει εμφανής μείωση του ρυθμού αναπνοής των μήλων που κυμάνθηκε μεταξύ 0,45 και 1,70 mlCO₂/Kg/h στους 0 °C, και μεταξύ 0,8 και 3,20 mlCO₂/Kg/h στους 10 °C.

Λέξεις κλειδιά: Συντήρηση μήλων, *Pilafa Delicious*, ρυθμός αναπνοής, τροποποιημένη ατμόσφαιρα

THE EFFECT OF MODIFIED ATMOSPHERE ON RESPIRATION RATE OF *PILAFI DELICIOUS* APPLES

J. Kamvissi^{}, G. Lambrinos^{*}, D. Mitropoulos^{*} and H. Manolopoulou^{**}**

^{*}Agronomic University of Athens-75 Iera Odos, 11855, Greece

^{**}Technological Educational Institute of Kalamata, Antikalamos, 24100, Kalamata, Greece

ABSTRACT

Pilafa Delicious apples were preserved in cold stores at 0 °C and 10 °C packaged with four different polyethylene films. The systematic analysis of the package headspace gas composition as well as of the respiration rate under steady state conditions showed that in low O₂ or high CO₂ concentration, a clear decrease of respiration activity is observed. Respiration rate varied between 0,45 and 1,70 mlCO₂/Kg / h at 0 °C and between 0,80 and 3,20 mlCO₂/Kg / h at 10 °C depending on the modified atmosphere composition.

Keyword: Apple storage, *Pilafa Delicious*, respiration rate, modified atmosphere.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός της εφαρμογής της ελεγχόμενης (CA) ή της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MA) είναι ο περιορισμός του ρυθμού αναπνοής του συντηρούμενου οπωρολαχανικού και η επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης [1, 2, 3, 4, 6, 9]. Η ύπαρξη δεδομένων της αναπνευστικής δραστηριότητας ενός προϊόντος σε γνωστές συνθήκες CA ή MA είναι σημαντική για τη μελέτη της φυσιολογικής συμπεριφοράς του προϊόντος ή για τη πρόβλεψη και βελτιστοποίηση μίας συντήρησης σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα [7, 8].

Στην εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια να καθορισθεί η αναπνευστική δραστηριότητα μήλων *Pilafa Delicious* κάτω από συνθήκες διαφόρων τροποποιημένων ατμοσφαιρών.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιήθηκαν μήλα ποικιλίας *Pilafa Delicious* προερχόμενα από την περιοχή Τεγέας Αρκαδίας. Τα μήλα αμέσως μετά τη συλλογή (26/10/2001) μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο ψυκτικών εφαρμογών του Γ. Π. Α. όπου έγινε η διαλογή, ομαδοποίηση, αρίθμηση, ζύγιση και συσκευασία. Τα πλαστικά φύλλα πολυαιθυλενίου (P.E.) που χρησιμοποιήθηκαν για τη συσκευασία των μήλων ήταν χαμηλής πυκνότητας (LD) πάχους 60 μm και μέσης πυκνότητας (MD) πάχους 60, 75 και 100 μm (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά φύλλων PE που χρησιμοποιήθηκαν στη συσκευασία.

ΣΥΣΚΕΥ- ΑΣΙΑ	ΠΥΚΝΟ- ΤΗΤΑ	ΠΑΧΟΣ (μm)	ΘΕΡΜΟ- ΚΡΑΣΙΑ	ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ($\text{ml}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1}$)	
				O ₂	CO ₂
Α	PELD	60	O °C	990	5.450
			2O °C	3.840	33.875
Β	PEMD	60	O °C	650	6.740
			2O °C	4.670	22.450
Γ	PEMD	75	O °C	470	4.910
			2O °C	1.980	22.180
Δ	PEMD	100	O °C	375	3.040
			2O °C	1.740	13.460

Οι πλαστικές συσκευασίες είχαν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί στο εργαστήριο έτσι ώστε να περιέχουν 4 μήλα συνολικού βάρους 800-900g, το δε μέγεθος τους ήταν 20 × 25cm, και το μέσο απόβάρό τους 17 g. Οι ραφές των συσκευασιών έγιναν με θερμοσυγκολλητική μηχανή. Τα συσκευασμένα μήλα συντηρήθηκαν σε ψυκτικούς θαλάμους θερμοκρασίας 0 °C και 10 °C.

Η ανάλυση των αερίων δειγμάτων έγινε σε αέριο χρωματογράφο PERKIN ELMER 8700 με ανιχνευτή θερμοαγωγιμότητας (T.C.D.). Οι στήλες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η Porapaque Q(80-100 mesh) για το διαχωρισμό του CO₂ και η Molecular Sieve για το διαχωρισμό των Ar, O₂ και N₂. Οι

συγκεντρώσεις του O_2 και του CO_2 μέσα στις συσκευασίες παρακολούθηθηκαν έως ότου υπάρξει σταθεροποίησή τους. Η λήψη του αερίου δείγματος γινόταν από ειδικά προετοιμασμένη θέση της συσκευασίας (septum) με τη βοήθεια ειδικής στεγανής σύριγγας.

Η αναπνευστική δραστηριότητα υπολογιζόταν μετά τη σταθεροποίηση των αερίων μέσα στις συσκευασίες, με τη βοήθεια της συσκευής RIKCLOS [5], εγκλείοντας κάθε συσκευασία μήλων στον κατάλληλου μεγέθους αναπνευστικό θάλαμο. Η καταγραφή των ενδείξεων του οργάνου ήταν αυτόματη και η τελική ακρίβεια υπολογισμού της αναπνοής 2-3%.

Η μεταβολή του ρυθμού αναπνοής συναρτίζει της συγκέντρωσης ενός από τα αναπνευστικά αέρια, εκτιμήθηκε μετά από ομαδοποίηση όλων των παραπλησίον (ως προς το άλλο αναπνευστικό αέριο) τροποποιημένων ατμοσφαιρών.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

Οι μεταβολές των συγκεντρώσεων των αερίων (O_2 και CO_2) στο εσωτερικό των συσκευασιών κατά τη διάρκεια της συντήρησης παρουσιάζονται στο σχήμα 1, ενώ οι τελικές (σταθεροποιημένες) τιμές των διαφόρων συσκευασιών φαίνονται στον πίνακα 2.

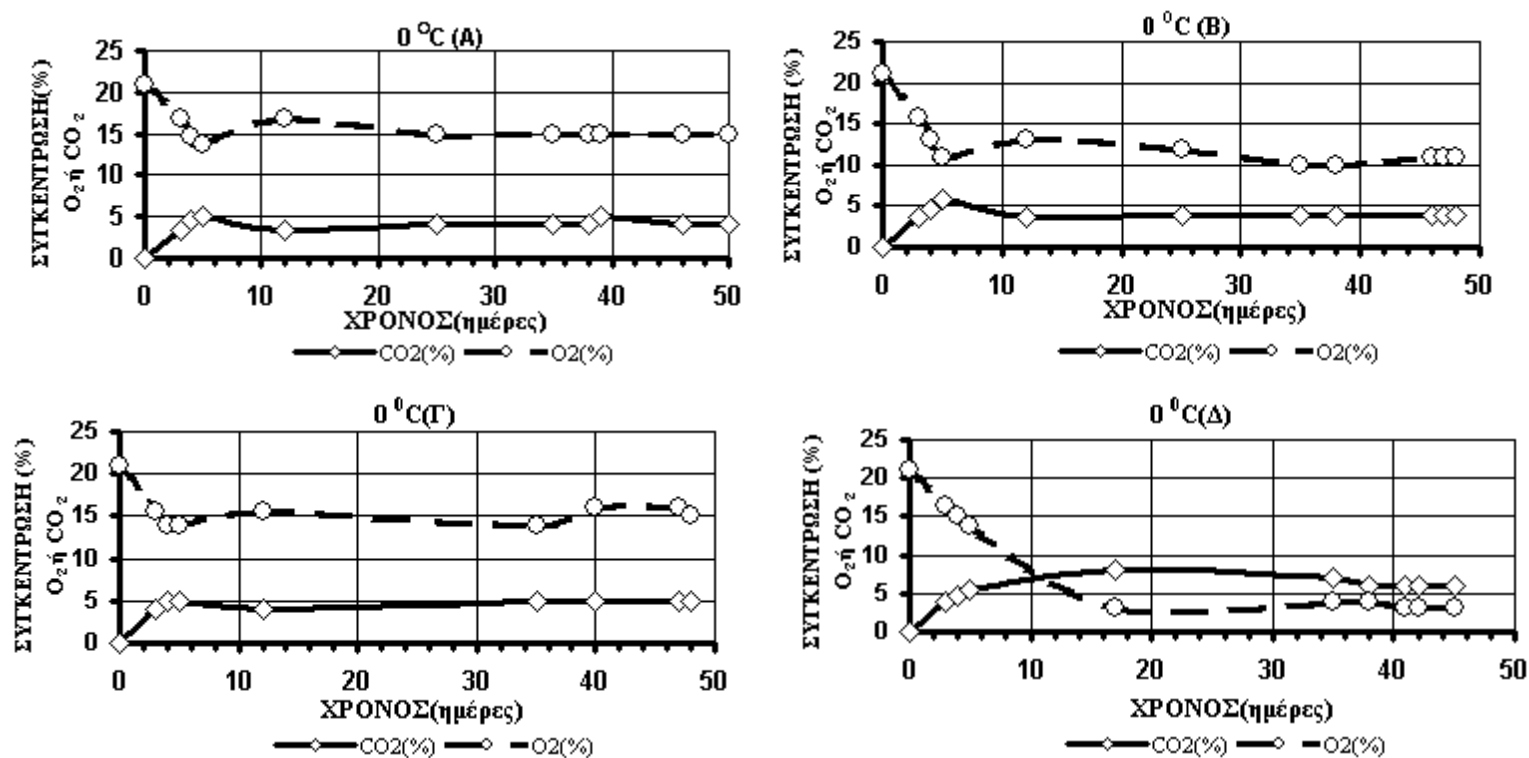
Πίνακας 2. Τελικές τιμές της εσωτερικής ατμόσφαιρας των 4 διαφορετικών πλαστικών συσκευασιών στις 2 θερμοκρασίες.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	0 °C		10 °C	
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	O_2	CO_2	O_2	CO_2
A	15%	3-4%	6-7%	6%
B	10-11%	4%	10-11%	6%
Γ	15-16%	5%	7-8%	8%
Δ	3%	6%	5-6%	10%

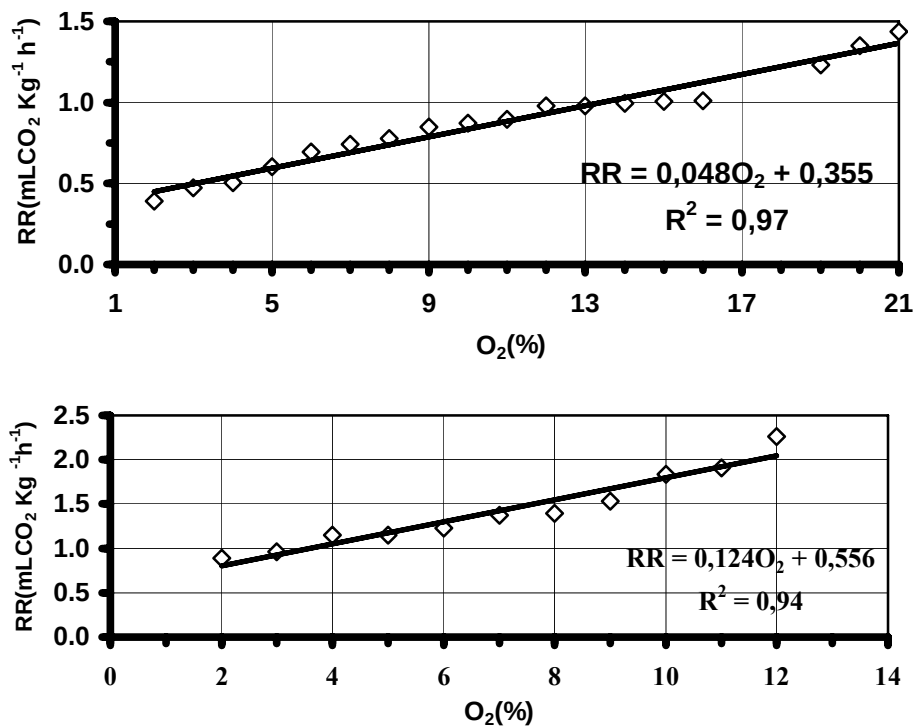
Από τους πίνακες 1 και 2 προκύπτει ότι στις συσκευασίες με το παχύτερο και πλέον αδιαπέρατο στα αέρια πλαστικό (όπως είναι π.χ. η ΣΔ) το O_2 σταθεροποιείται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις (3% στους 0 °C και 6% στους 10 °C). Αντίθετα στις συσκευασίες που παρουσιάζουν μεγάλη περατότητα όπως είναι οι ΣΑ και ΣΒ, το O_2 σταθεροποιείται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις και το CO_2 σε μικρότερες. Αξιοσημείωτο επίσης είναι ότι η σταθεροποίηση της ατμόσφαιρας γίνεται πιο γρήγορα και πιο ομαλά στα πλέον περατά πλαστικά φύλλα. Τελικά η πλέον ικανοποιητική ατμόσφαιρα παρατηρείται στους 0 °C με τη συσκευασία ΣΔ (3% O_2 και 6% CO_2).

Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η μεταβολή του ρυθμού αναπνοής των συσκευασμένων μήλων με την συγκέντρωση του O_2 για σταθερή περιεκτικότητα του CO_2 (7% $\pm$ 1%).

Γενικά παρατηρούμε ότι στα συσκευασμένα μήλα ο ρυθμός αναπνοής επηρεάζεται τόσο από την θερμοκρασία, όσο και από την περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε O_2 και CO_2 .



Σχήμα 1. Μεταβολή της συγκέντρωσης των αερίων (O_2 και CO_2), συναρτήσει του χρόνου συντήρησης, συσκευασμένων μήλων P.D. στους 0 °C



Σχήμα 2. Επίδραση της συγκέντρωσης του O_2 στο ρυθμό αναπνοής μήλων *P.D.* συντηρούμενων στους 0°C (άνω) και στους 10°C (κάτω), σε σταθερή συγκέντρωση CO_2 $7\% \pm 1\%$.

Από την μελέτη του σχήματος 2 παρατηρούνται τα εξής :

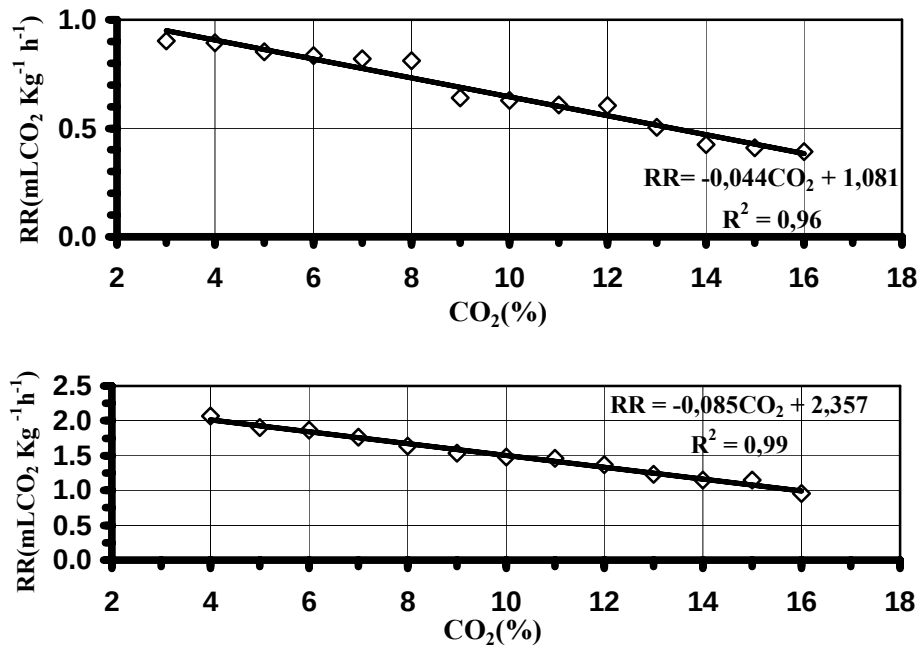
- Για συγκέντρωση CO_2 της τάξεως $7\% \pm 1\%$ ο ρυθμός αναπνοής είναι σχεδόν διπλάσιος στους 10°C σε σύγκριση με αυτόν στους 0°C .
- Για σταθερές συγκεντρώσεις CO_2 ο ρυθμός αναπνοής μειώνεται μειούμενης της συγκέντρωσης του O_2 .

Η μεταβολή του ρυθμού αναπνοής των μήλων συναρτήσει της περιεκτικότητας σε CO_2 παρουσιάζεται στο σχήμα 3 για 0°C και $4\% \pm 1\%$ O_2 καθώς και για 10°C και $5\% \pm 1\%$ O_2 . Φαίνεται ότι μεταβολές του CO_2 από 4% σε 7% ελάχιστα επιδρούν στον ρυθμό αναπνοής του μήλου *Pilafa Delicious*.

Για σταθερές συγκεντρώσεις O_2 ο ρυθμός αναπνοής μειώνεται όταν αυξάνει η συγκέντρωση του CO_2 . Αυτό ισχύει για όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης, η δε μείωση αυτή της αναπνευστικής δραστηριότητας είναι γραμμική.

Μικρή μεταβολή της περιεκτικότητας του O_2 $20\% \pm 1\%$ (σχήμα 4) έχει ασήμαντη επίδραση στην αναπνοή των μήλων η οποία κυμαίνεται γύρω στα $1,7 \text{ mLCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, όταν το CO_2 είναι κοντά στο 0%. Στους 10°C οι ρυθμοί αναπνοής σ' όλες τις περιπτώσεις είναι πρακτικά διπλάσιοι αυτών στους 0°C .

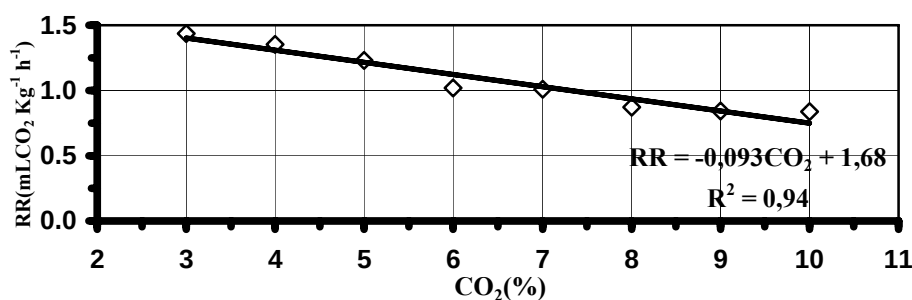
Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι σχέσεις μεταβολής του ρυθμού αναπνοής συναρτήσει της συγκέντρωσης σε O_2 ή CO_2 για διάφορες σταθερές τιμές CO_2 ή O_2 αντίστοιχα.



Σχήμα 3. Επίδραση της συγκέντρωσης του CO_2 στο ρυθμό αναπνοής μήλων *P.D.* συντηρούμενων στους $0\ ^\circ C$ (άνω) και στους $10\ ^\circ C$ (κάτω), σε σταθερή συγκέντρωση O_2 $4\% \pm 1\%$ και $5\% \pm 1\%$ αντίστοιχα.

Πίνακας 3. Συσχέτιση του ρυθμού αναπνοής με τη συγκέντρωση σε O_2 ή CO_2 .

ΘΕΡΜΟ- ΚΡΑΣΙΑ	RR = A O_2 + B				RR = A' CO_2 + B'			
	CO_2 (%)	A	B	R^2	O_2 (%)	A'	B'	R^2
$0\ ^\circ C$	$4\% \pm 1\%$	0,048	0,355	0,97	$4\% \pm 1\%$	-0,044	1,081	0,96
	$7\% \pm 1\%$	0,048	0,303	0,94	$15\% \pm 1\%$	-0,029	1,143	0,95
					$20\% \pm 1\%$	-0,093	1,68	0,94
$10\ ^\circ C$	$7\% \pm 1\%$	0,124	0,556	0,94	$5\% \pm 1\%$	-0,085	2,357	0,99



Σχήμα 4. Επίδραση της συγκέντρωσης του CO₂ στο ρυθμό αναπνοής μήλων *P.D.* συντηρούμενων στους 0 °C σε σταθερή συγκέντρωση O₂ 20 % ± 1%.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από ατμόσφαιρες που επετεύχθησαν με τις διάφορες συσκευασίες, η πλέον ικανοποιητική (3%O₂ – 6 % CO₂) επετεύχθη στους 0 °C με το πλέον αδιαπέραστο φιλμ της συσκευασίας ΣΔ.

Μικρές μεταβολές της περιεκτικότητας του O₂ (20 % ± 1%) έχουν ασήμαντη επίδραση στην αναπνοή των μήλων η οποία στους 0 °C ανέρχεται σε 1,7mlCO₂ Kg⁻¹·h⁻¹ όταν η περιεκτικότητα του CO₂ είναι 0%.

Στους 0 °C, μεταβολή του CO₂ της ατμόσφαιρας από 4 σε 7% ελάχιστα φαίνεται ότι επιδρά στο ρυθμό αναπνοής.

Τέλος συμπεραίνουμε ότι στους 10 °C οι ρυθμοί αναπνοής των μήλων *Pilafa Delicious* είναι πρακτικά διπλάσιοι.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Isenberg, F. M. R., 1979. CA storage of vegetables. *Horticultural Reviews* 1. 337-394.
2. Lambrinos, G., Manolopoulou, H., Assimaki, H., 1993. Response of Pilafa Delicious apples to modified atmospheres. *Acta Horticulturae*. 379, 375-382.
3. Manolopoulou, H., Lambrinos, G., Vlachou, A-M., 1995. Controlled atmosphere storage of Pilafa Delicious apples in pilote plan. *Proceedings of the 19th Int. Congress of Refrigeration*. The Hague, The Netherlands, Vol II. 281-286.
4. Marcellin, P. 1974. Conservation des fruits et légumes en atmosphère contrôlée, à l'aide de membrane de polymeres. *Revue General du Froid*. 3. 217-223.
5. Mitropoulos, D., Lambrinos, G., Manolopoulou, H. 2000. A Portable setup for Fruit Respiration Measurement, *Proceedings of the Int IIR conference: Improving Postharvest Technologies of Fruits, Vegetables and Ornamentals*, Murcia. Vol II. 926-931.
6. Phan, C. T., 1975. Respiration and respiratory climacteric. In : *Postharvest Physiology. Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables*. AVI Publ. Co. Westport.

7. Raghavan, G. S. V., Gariepy Y., 1989. Respiration activity of vegetables under CA. *ASAE/CSAE Meeting*, Québec, Paper N° 896034.
8. Ratti, C., Raghavan, G. S. V. and Gariepy, Y., 1996. Respiration rate model and modified atmosphere packaging of fresh cauliflower. *J. of Food Engineering*. 28 (3-4). 297-306.
9. Smock, R. M., 1979. Controlled atmosphere storage of fruits. *Horticultural Reviews*. 301-336.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑΣ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΤΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Ανδρ. Μπιμπή¹, Χρ. Λύκας¹, Γ.Δ. Νάνος², Κ. Κίττας¹

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, ¹Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος,

²Εργαστήριο Δενδροκομίας .Οδός Φυτόκου, 384 46 , Ν. Ιωνία Μαγνησίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η παραγωγικότητα ενός ανοικτού και ενός κλειστού συστήματος υδροπονικής καλλιέργειας τριανταφυλλιάς. Για το λόγο αυτό, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο του 2001 μετρήθηκαν περιοδικά i) ο αριθμός των παραγόμενων από το κάθε σύστημα ανθέων, ii) το μήκος, η διάμετρος και το χλωρό βάρος των ανθικών στελεχών, iii) η τιμή του pH και του EC, στα διαλύματα απορροής. Από τις παραπάνω μετρήσεις προέκυψε ότι τα δύο συστήματα δεν διαφέρουν σημαντικά ως προς την παραγωγικότητα δρεπτών ανθέων.

Λέξεις κλειδιά: Υδροπονία, Rosa sp., παραγωγή ανθέων, bending, θρέψη φυτού, θρεπτικό διάλυμα.

COMPARATIVE STUDY ON THE PRODUCTION OF HARVESTED ROSES IN AN OPEN AND A CLOSED HYDROPONIC SYSTEM

A. Mpimpi¹, Ch. Lykas¹, G. D. Nanos², C. Kittas¹

University of Thessaly, Department of Agriculture Crop Production & Agricultural Environment, ¹Laboratory of Agricultural Constructions and Environmental Control,

²Laboratory of Pomology, Fytokou Street , GR- 384 46 Greece, Nea Ionia Magnesia.

ABSTRACT

The aim of this study was the comparison of cut flower production between an open and a closed hydroponic system, for rose cultivation. Measurements were taken during summer and autumn 2001 and included: i) Number of harvested flowers, ii) Length, diameter and fresh weight of harvested flowers, iii) Values of pH and EC of the drainage nutrient solution. The above measurements showed that there are no differences on cut flower production in roses cultivated in the open and closed hydroponic system.

Keywords: Hydroponic, Rosa sp., flower production, plant nutrition, bending, nutrient solution.

Εισαγωγή

Η υδροπονική καλλιέργεια ανθοκομικών ειδών και κυρίως της τριανταφυλλιάς εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια σε πολλές Μεσογειακές χώρες. Οι λόγοι αυτής της θεαματικής αύξησης των υδροπονικών καλλιεργειών έχουν σχέση με τη μεγιστοποίηση της παραγωγής, τη μείωση των εκροών στο περιβάλλον και την αντιμετώπιση των φυτοπαθολογικών προβλημάτων που δημιουργούσε η μέχρι σήμερα κλασική καλλιέργεια των φυτών στο έδαφος [1].

Η ευρεία εφαρμογή των ανοιχτών υδροπονικών συστημάτων σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες, αξιοποίησε πολλά από τα παραπάνω πλεονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών, δεν περιόρισε όμως σημαντικά τις εκροές χημικών αποβλήτων στο περιβάλλον [2]. Αντίθετα η εφαρμογή κλειστών υδροπονικών συστημάτων, υπό καθεστώς ορθολογικής διαχείρισης είναι σε θέση να δώσει λύση στο παραπάνω πρόβλημα. Η περιορισμένη, ιδιαίτερα στον Ελλαδικό χώρο, χρήση των κλειστών υδροπονικών συστημάτων για την παραγωγή ανθοκομικών φυτών, οφείλεται κυρίως στη δυσκολία διαχείρισης, στον κίνδυνο διάδοσης ασθενειών και στην ελλιπή γνώση των παραγόντων. Φαίνεται όμως, να είναι επιβεβλημένη στα πλαίσια μιας βέλτιστης οικονομικά και οικολογικά λύσης στην εφαρμογή των υδροπονικών καλλιεργειών [3]. Προϋπόθεση για την διασφάλιση του βέλτιστου οικονομικού οφέλους με τη χρήση των κλειστών υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας αποτελεί αφενός η εξοικονόμηση λιπασμάτων και νερού και αφετέρου η διατήρηση των υψηλών αποδόσεων (ποσοτικά και ποιοτικά).

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα η εξοικονόμηση λιπασμάτων και νερού είναι δεδομένη και διασφαλίζεται με τη συνεχή ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος [4]. Αντίθετα, η διατήρηση της παραγωγής σε υψηλά επίπεδα, για ανθοκομικά κυρίως είδη, αμφισβητείται από πολλούς ερευνητές [5,6] κυρίως λόγω της συσσώρευσης αλάτων στο επίπεδο της ρίζας του φυτού και της ανεπιτυχούς μέχρι σήμερα ολοκληρωμένης διαχείρισης των συστημάτων αυτών.

Στην εργασία αυτή, έγινε μια προσπάθεια συγκριτικής μελέτης της επίδρασης ενός ανοιχτού και ενός κλειστού υδροπονικού συστήματος στην παραγωγή τριανταφυλλιάς, με κριτήριο τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων δρεπών ανθέων.

Υλικά και Μέθοδοι

Η ποικιλία τριανταφυλλιάς που χρησιμοποιήθηκε ήταν η First Red, εγκατεστημένη σε ανοιχτό και σε κλειστό υδροπονικό σύστημα σε γυάλινο θερμοκήπιο (200 m²) του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή Βελεστίου. Το υπόστρωμα καλλιέργειας των φυτών ήταν περλίτης τοποθετημένος σε σάκους μήκους 1 m και πλάτους 0.3 m, με χωρητικότητα 45 λίτρα ο καθένας. Η καλλιέργεια ήταν διαμορφωμένη με την τεχνική του λυγίσματος των βλαστών (bending) και η πυκνότητα φύτευσης ήταν 6 φυτά/m² μικτής επιφάνειας. Το λίγισμα της καλλιέργειας έγινε την 1/7/2001 και οι μετρήσεις έγιναν στο χρονικό διάστημα από 1/8/2001 μέχρι 18/11/2001. Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν 55 φυτά από το ανοιχτό υδροπονικό σύστημα και 53 από το κλειστό. Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε για την άρδευση της καλλιέργειας παρασκευαζόταν σε δεξαμενή χωρητικότητας 800 L και η σύνθεσή του ήταν και για τα δύο συστήματα η εξής (σε mg L⁻¹): NO₃ 762.6, PO₄H₂ 97, SO₄ 72, NH₄ 18, K 253, Ca 160, Mg 24, Fe 1.3, B 0.28, Cu 0.6, Mo 0.027, Mn 0.5 και Zn 0.23. Για το κλειστό υδροπονικό σύστημα ο χρόνος χρησιμοποίησης του θρεπτικού διαλύματος ήταν 8 ημέρες. Το pH και η αγωγιμότητα του θρεπτικού

διαλύματος ελεγχόταν καθημερινά. Το pH διορθωνόταν στην τιμή του 5.5 με προσθήκη HNO_3 και η αγωγιμότητα σε 1.7 mS cm^{-1} με την προσθήκη νερού. Κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρήθηκαν: i) Οι παράμετροι του κλίματος του θερμοκηπίου όπως θερμοκρασία αέρα (T_i , $^{\circ}\text{C}$) σε ύψος 1.5m από την επιφάνεια του εδάφους, ηλιακή ακτινοβολία (G_i , W m^{-2}) και σχετική υγρασία του αέρα (RH_i , %), κάθε 20 δευτερόλεπτα και έγινε καταγραφή της μέσης τιμής τους για κάθε 10 λεπτά σε σύστημα καταγραφής δεδομένων (Delta-T, DL 3000). ii) Ο αριθμός των παραγόμενων ανθικών στελεχών από το κάθε σύστημα (ανοιχτό και κλειστό), iii) Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των συγκομιζόμενων ανθικών στελεχών (μήκος, βάρος, διάμετρος στη βάση), iv) Η οξύτητα (pH) και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) στα διαλύματα απορροής των δύο συστημάτων, v) Η συγκέντρωση των Cl^- στα διαλύματα απορροής των δύο συστημάτων. Τα συγκομιζόμενα ανθικά στελέχη κατατάχθηκαν σε τρεις κατηγορίες ποιότητας με βάση το μήκος (cm) και τη διάμετρο (mm) του ανθικού στελέχους, [7,8] όπως περιγράφονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Κριτήρια κατάταξης των κομμένων τριαντάφυλλων σε ποιότητες

Ποιότητα	Μήκος (L) του ανθικού στελέχους (cm)	Διάμετρος (D) του ανθικού στελέχους στη βάση του (mm)
A	$L > 80$	$D > 5$
B	$65 < L < 80$	$4 < D < 5$
Γ	$L < 65$	$D < 4$

Αποτελέσματα

Οι μέσες μηνιαίες τιμές των παραμέτρων του κλίματος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου για την περίοδο των μετρήσεων φαίνονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Μέσες μηνιαίες τιμές (για την περίοδο από 07:00 έως 20:00) των παραμέτρων του κλίματος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, για την περίοδο 1/8/2001-18/11/2001.

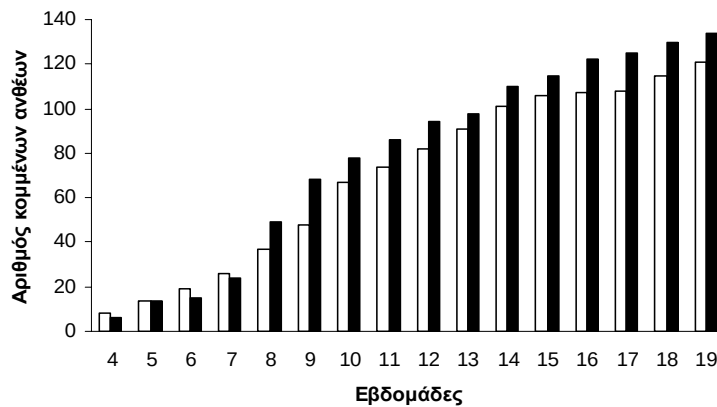
	T_i $^{\circ}\text{C}$	G_i W.m^{-2}	RH_i (%)
<i>Αύγουστος</i>	$29,8 \pm 5,1$	$159,6 \pm 94,7$	$53,8 \pm 12,2$
<i>Σεπτέμβριος</i>	$26,1 \pm 5,7$	$144,7 \pm 79,5$	$37,8 \pm 11,6$
<i>Οκτώβριος</i>	$21,3 \pm 6,2$	$106,6 \pm 64,4$	$46,1 \pm 13,1$
<i>Νοέμβριος</i>	$15,7 \pm 5,3$	$93,86 \pm 67,2$	$66,3 \pm 16,1$

G_i = ηλιακή ακτινοβολία (W m^{-2}), T_i = θερμοκρασία αέρα ($^{\circ}\text{C}$), RH_i = σχετική υγρασία του αέρα (%).

Κατά τη διάρκεια του πειράματος παρήχθησαν συνολικά 121 ανθικά στελέχη από το ανοιχτό (2,20 ανθικά στελέχη/φυτό) και 134 ανθικά στελέχη (2,52 ανθικά στελέχη/φυτό) από το κλειστό υδροπονικό σύστημα. Το κλειστό υδροπονικό σύστημα

παρήγαγε μεγαλύτερο αριθμό δρεπτών ανθέων. Στα Σχήμα 1 φαίνεται το άθροισμα των συγκομισμένων ανθικών στελεχών ανά εβδομάδα καλλιέργειας από την εφαρμογή του κλαδέματος.

Κανένα από τα δύο συστήματα δεν παρήγαγε κατά την περίοδο των μετρήσεων ανθικά στελέχη που να εντάσσονται στην κατηγορία Α με κριτήριο το μήκος τους ($L > 80$ cm), και στην κατηγορία Γ με κριτήριο τη διάμετρο ($D < 4$ mm). Η ποιότητα των κομμένων λουλουδιών βελτιωνόταν συνεχώς κατά τη διάρκεια παραγωγής της καλλιέργειας όταν ως κριτήριο λαμβάνονταν το μήκος του ανθικού στελέχους (Πίνακας 3). Το κλειστό υδροπονικό σύστημα παρήγαγε περισσότερα μακρυστέλεχα άνθη, σε σχέση με το ανοιχτό, ιδιαίτερα κατά τους πρώτους δύο μήνες της καλλιέργειας. Η διαφορά αυτή μειώθηκε σημαντικά τους τελευταίους μήνες της παραγωγής. Κατά τη διάρκεια του πειράματος τα δύο συστήματα δεν διέφεραν ως προς την παραγωγή, όταν ως κριτήριο λαμβάνονταν η διάμετρος των ανθικών στελεχών στη βάση τους (Πίνακας 4).



Σχήμα 1. Το άθροισμα των συγκομιζόμενων ανθικών στελεχών ανά εβδομάδα από την εφαρμογή του κλαδέματος της καλλιέργειας, για το ανοιχτό □ και το κλειστό ■ υδροπονικό σύστημα

Πίνακας 3. Το ποσοστό (%) των παραγόμενων από τα δύο συστήματα ανθικών στελεχών, που εντάσσονται στις τρεις κατηγορίες ποιότητας με βάση το μήκος τους, ανά μήνα καλλιέργειας.

Υδροπονικό Σύστημα	Ποσοστό (%) παραγόμενων ανθικών στελεχών											
	Αύγουστος			Σεπτέμβριος			Οκτώβριος			Νοέμβριος		
	A	B	Γ	A	B	Γ	A	B	Γ	A	B	Γ
Ανοιχτό		5,5 ^a	94,4 ^a		8,5 ^a	91,4 ^a		21,2 ^a	78,5 ^a		35,7 ^a	57,1 ^a
Κλειστό		11,1 ^b	88,8 ^a		19,6 ^b	80,3 ^a		28,2 ^a	71,8 ^a		28,5 ^a	71,4 ^b

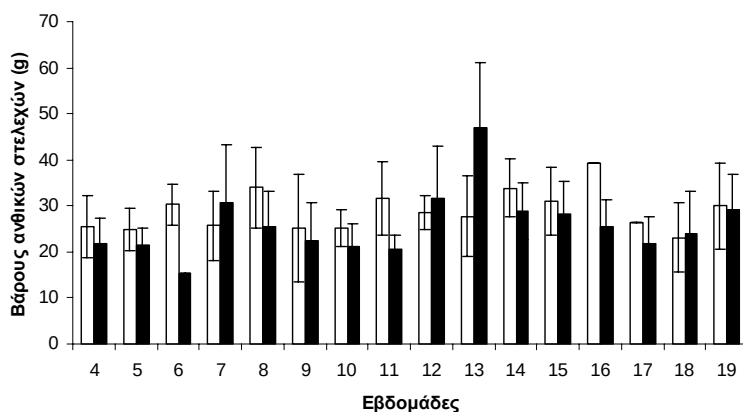
Σε κάθε στήλη τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά για $P=0.05$

Πίνακας 4. Το ποσοστό (%) των παραγόμενων από τα δύο συστήματα ανθικών στελεχών, που εντάσσονται στις τρεις κατηγορίες ποιότητας με βάση τη διάμετρο στη βάση τους, ανά μήνα καλλιέργειας.

Υδροπονικό Σύστημα	Ποσοστό (%) παραγόμενων ανθικών στελεχών											
	Αύγουστος			Σεπτέμβριος			Οκτώβριος			Νοέμβριος		
	A	B	Γ	A	B	Γ	A	B	Γ	A	B	Γ
Ανοιχτό	88,8 ^a	11,1 ^a		91,4 ^a	8,5 ^a		96,4 ^a	3,5 ^a		92,8 ^a	7,1 ^a	
Κλειστό	86,1 ^a	13,8 ^a		87,5 ^a	12,5 ^b		93,7 ^a	6,2 ^b		92,8 ^a	7,1 ^a	

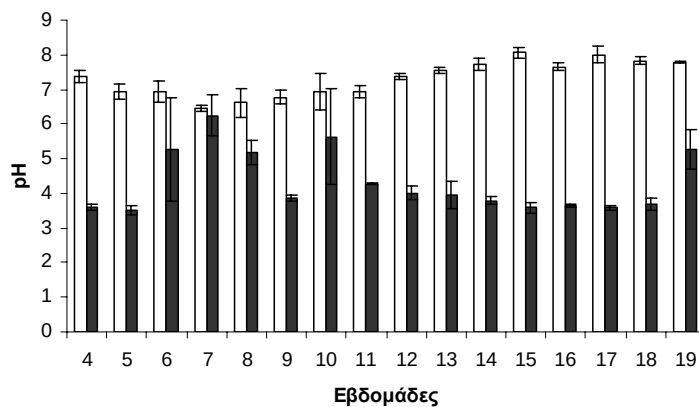
Σε κάθε στήλη τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντική διαφορά για P=0.05

Τα ανθικά στελέχη που παρήχθησαν από τα δύο υδροπονικά συστήματα δεν | διέφεραν σημαντικά ως προς το χλωρό βάρος (Σχήμα 2).



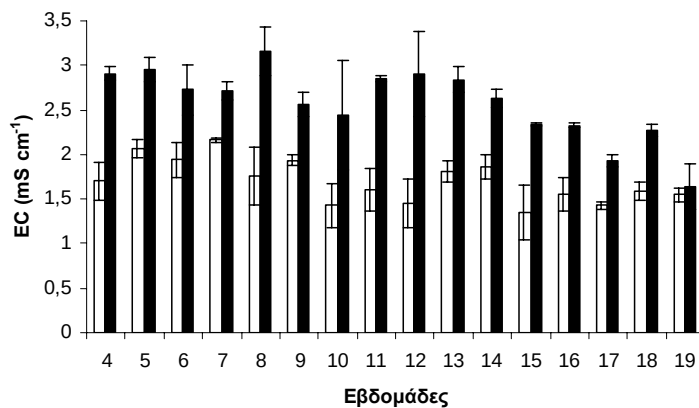
Σχήμα 2. Οι μέσες τιμές του χλωρού βάρους (g) των παραγόμενων ανθικών στελεχών από το ανοιχτό □ και το κλειστό ■ υδροπονικό σύστημα, ανά εβδομάδα καλλιέργειας. Οι ράβδοι δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις από τις υπολογιζόμενες μέσες τιμές.

Η συνεχής ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος, σε συνδυασμό με την έντονη βλαστική δραστηριότητα των φυτών, είναι δυνατόν να αυξάνει τον λόγο NH_4/N στο θρεπτικό διάλυμα, με αποτέλεσμα την πτώση της τιμής του pH του [9]. Οι μέσες εβδομαδιαίες τιμές του pH στο απορρέον θρεπτικό διάλυμα του κλειστού υδροπονικού συστήματος, ήταν χαμηλότερες από την επιθυμητή τιμή (5,5), ενώ αντίθετα ήταν πολύ υψηλότερες από την επιθυμητή τιμή στο ανοιχτό (Σχήμα 3).

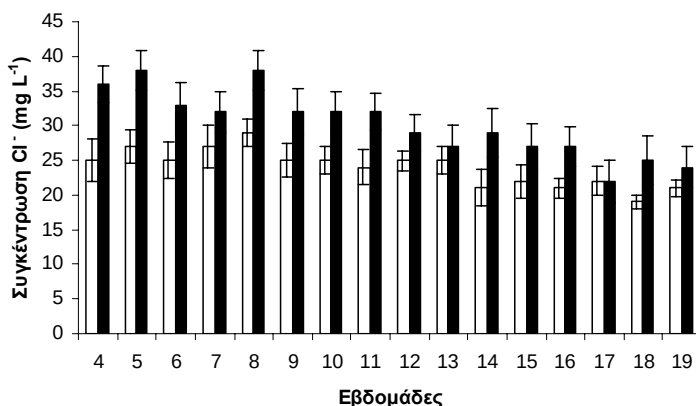


Σχήμα 3. Μέσες εβδομαδιαίες τιμές της οξύτητας (pH) του απορρέοντος θρεπτικού διαλύματος σε ανοιχτό □ και κλειστό ■ υδροπονικό σύστημα. Οι ράβδοι δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις από τις υπολογιζόμενες μέσες τιμές.

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα η συνεχής απώλεια νερού λόγω της διαπνοής των φυτών, η οποία δεν σχετίζεται πάντα με ανάλογη απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων [9], είναι δυνατόν να οδηγήσει σε συσσώρευση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα, με συνέπεια την αύξηση της EC του θρεπτικού διαλύματος. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4, οι μέσες εβδομαδιαίες τιμές EC στο απορρέον θρεπτικό διάλυμα του κλειστού υδροπονικού συστήματος, κυμάνθηκαν σε σχετικά υψηλά επίπεδα και εκτός των επιθυμητών ορίων που είναι $1.7-2.0 \text{ mS cm}^{-1}$ ιδιαίτερα κατά την 4^η – 14^η εβδομάδα, όταν οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ήταν υψηλές. Αντίθετα, οι αντίστοιχες τιμές EC στο απορρέον θρεπτικό διάλυμα του ανοιχτού υδροπονικού συστήματος δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά και κυμάνθηκαν εντός των επιθυμητών ορίων.



Σχήμα 4. Μέσες εβδομαδιαίες τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC, mS cm^{-1}) του απορρέοντος θρεπτικού διαλύματος σε ανοιχτό □ και κλειστό ■ υδροπονικό σύστημα. Οι ράβδοι δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις από τις υπολογιζόμενες μέσες τιμές.



Σχήμα 5. Μέσες εβδομαδιαίες τιμές της συγκέντρωσης του Cl^- (mg L^{-1}), στο απορρέον θρεπτικό διάλυμα ανοιχτού □ και κλειστού ■ υδροπονικού συστήματος. Οι ράβδοι δείχνουν τις τυπικές αποκλίσεις από τις υπολογιζόμενες μέσες τιμές.

Τέλος, η συγκέντρωση του Cl^- στο απορρέον θρεπτικό διάλυμα του κλειστού υδροπονικού συστήματος κυμάνθηκε σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές του ανοιχτού υδροπονικού συστήματος (Σχήμα 5). Η μη απορρόφηση του Cl^- από την καλλιέργεια [10], σε συνδυασμό με την μείωση του όγκου του θρεπτικού διαλύματος κατά την διάρκεια της ανακύκλωσής του στο κλειστό υδροπονικό σύστημα, φαίνεται να οδήγησε σε συσσώρευση του Cl^- στο θρεπτικό διάλυμα.

Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προέκυψε ότι:

- Το κλειστό υδροπονικό σύστημα παρουσίασε παρόμοια παραγωγή, σε αριθμό ανθέων και σε ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά, σε σχέση με το ανοιχτό.
- Τα ανθικά στελέχη που παρήχθησαν από τα δύο υδροπονικά συστήματα δεν διέφεραν σημαντικά ως προς το χλωρό βάρος τους.
- Τα χαμηλότερα επίπεδα της οξύτητας και τα υψηλότερα της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του θρεπτικού διαλύματος του κλειστού υδροπονικού συστήματος, δεν επηρέασαν την παραγωγή.
- Τα υψηλότερα επίπεδα της συγκέντρωσης του Cl^- στο θρεπτικό διάλυμα του κλειστού υδροπονικού συστήματος δεν φαίνεται να επηρέασαν ποσοτικά και ποιοτικά την παραγωγή.
- Είναι απαραίτητος ο περιοδικός έλεγχος του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος, προκειμένου να αποφεύγεται η συνεχής διατήρηση των τιμών της οξύτητας και της ηλεκτρικής αγωγιμότητάς του εκτός των επιθυμητών ορίων.

Βιβλιογραφία

1. FAO, 1990. Soilless culture for horticultural crop production. *Rome*.125-134.

2. Resh, M., 1998. *Hydroponic food production*. Woodbridge press publishing company.
3. Jensen, M.H., 1995. Hydroponics of the future. *Proceedings of the 16th Annual Conference on Hydroponics. Hydroponic Society of America, San Ramon, CA*, pp. 125-132
4. Papadopoulos, A.P. and Khosla, S., 1995. Concepts and methodology for fertilizers use economy in greenhouse tomato production, in Canada. *Acta Hortic.* 401: 461-471.
5. Brun, R. and Settebrino, A., 1995. Production and quality of *Rosa hybrida* CV Sonia in rockwool at three levels of electrical conductivity combined with two levels of relative humidity. *Acta Hortic.* 424: 115-117.
6. Hughes, H.E. and Hanan, J.J., 1978. Effect of salinity in water supplies on greenhouse rose production. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(5):694-699.
7. Syrios, T., Economou, A., Galaftis, A., Tscritsis, G. and Ralli, P., 2001. A comparative study of rose cultivation on coco-soil and pumice with recirculation of the nutrient solution. *Acta Hortic.* 548: 619-624.
8. Morisot, A., 1995. 'PP.Rose': An empirical model to predict the potential yield of cut roses. *Acta Hortic.* 424: 89-93.
9. Savvas, D. and Passam, H., 2002 *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo publications, Athens Greece.
10. Mengel, K. and Kirkby, E.A., 1982. *Principles of Plant Nutrition*. 3rd Edition. International Potash Institute, Bern, Switzerland, pp 545-548.

