

ΠΛΗΡΩΜΕΝΟ
ΤΕΛΟΣ
Ταχ. Γραφείο
Κ.Τ.ΣΤΑΥΡ.
Αριθμός Άδειας
296



1/2007

ISSN 1105-9478

ΤΟΜΟΣ 18 ΣΕΙΡΑ Ι

ΚΩΔΙΚΟΣ 3862

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

GEOTECHNICAL SCIENTIFIC ISSUES

GEOTECHNICAL CHAMPER OF GREECE

VOL: 18 - ISSUE I - No 1/2007



γεωτεχνικά επιστημονικά θέματα

ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΕΚΔΟΣΗ
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ
ΕΛΛΑΔΑΣ

Τόμος 18

Σειρά Ι

Τεύχος 1/2007

ΕΔΡΑ: Θεσσαλονίκη
Βενιζέλου 64, Τ.Κ. 546 31
Τηλ. 278.817-18 FAX: 236308

ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ
ΕΛΛΑΔΑΣ

ΕΚΔΟΤΗΣ
Γεώργιος Παπαβασιλείου

**ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
ΓΕΩΠΟΝΩΝ**

Χ. Καμενίδης, *Γεωπόνος*
Ν. Κατής, *Γεωπόνος*
Γερ. Μαρτζόπουλος, *Γεωπόνος*

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ
Σ. Δαφνής, *Γεωλόγος*

ΠΑΡΑΓΩΓΗ
MULTIMEDIA A.E.
Χρήστου Λαδά 3
102 37 Αθήνα
Τηλ. 210.3333600 – Fax: 210.3333601

ISSN 1105-9478

geotechnical scientific issues

TRIMONTHLY EDITION
OF THE GEOTECHNICAL CHAMBER
OF GREECE

Volume 18

Issue I

Number 1/2007

Thessaloniki
64, Venizelou str., 546 31
Tel. 278.817-18 FAX: 236308

OWNER
GEOTECHNICAL CHAMBER
OF GREECE

EDITOR
George Papavasiliou

**AGRICULTURE ENGINEERS'
EDITORIAL COMMITTEE**

Ch. Kamenidis, *Agriculture Engineer*
N. Katis, *Agriculture Engineer*
Ger. Martzopoulos, *Agriculture Engineer*

BOOK DESIGNER
S. Dafnis, *Geologist*

PRODUCTION
MULTIMEDIA S.A.
Ch. Lada 3
102 37 Athens
Tel.: 210.3333600 – Fax: 210.3333601

ISSN 1105-9478

1/2007

ISSN 1105-9478

ΤΟΜΟΣ 18 ΣΕΙΡΑ Ι

**ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ
ΘΕΜΑΤΑ**

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

**GEOTECHNICAL
SCIENTIFIC ISSUES**

GEOTECHNICAL CHAMPER OF GREECE

VOL: 18 - ISSUE I - No 1/2007

CONTENTS

SCIENTIFIC PAPERS

- D. Dimoyiannis,*
S. Valmis,
N. Danalatos,
G. Argyropoulos Relationships between soil characteristics and aggregate stability in cultivated soils 4 - 10
- G. Theodosiou,*
A. Michailidis Trends and perspectives regarding the trade of agricultural products in Central and East European Countries 11 - 24
- S. Koukouli,*
A.P. Mamolos The role of arbuscular mycorrhiza on nutrient, water and heavy metals uptake on pathogens activations and plant community composition 25 - 41
- A. Pavloudi,*
M. Martika,
S. Aggelopoulos Investment decisions in agricultural sector: Application of dynamic linear programming to vegetable assets investment 42 - 51
- M. Tzavaras,*
E. Tzimitra - Kalogianni,
E. Tsakiridou,
G. Tsekouropoulos The dynamics of consumer behavior towards rice with emphasis on age and education. The influence of rice consumers' education and age 52 - 59

REVIEW ARTICLES

- J. Vontas,*
E. Roditakis,
A. Tsagkarakou Molecular basis of insecticide resistance; examples in agricultural pests from Greece 60 - 68
- M. Papadimitriou,*
N. Pompodakis Water relations of cut flowers and preservative solutions for promoting keeping quality 69 - 80

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

<i>Δ. Δημογιάννης, Σ. Βάλμης, Ν. Δαναλάτος, Γ. Αργυρόπουλος</i>	Σχέσεις εδαφικών χαρακτηριστικών και σταθερότητας συσσωματωμάτων σε καλλιεργούμενα εδάφη	4 - 10
<i>Γ. Θεοδοσίου, Α. Μιχαηλίδης</i>	Τάσεις και προοπτικές του εμπορίου των αγροτικών προϊόντων στις χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης	11 - 24
<i>Σ. Κουκούλη, Α. Μαμώλος</i>	Ο ρόλος των ενδομυκορριζών στην πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων, νερού, βαρέων μετάλλων, στη δράση φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών και στη σύνθεση των φυτοκοινότητων	25 - 41
<i>Α. Παυλούδη, Μ. Μαρίκα, Σ. Αγγελόπουλος</i>	Λήψη επενδυτικών αποφάσεων στη Γεωργία: Εφαρμογή δυναμικού γραμμικού προγραμματισμού σε επενδύσεις φυτικού κεφαλαίου	42 - 51
<i>Μ. Τζαβάρας, Ειρ. Τζίμητρα - Καλογιάννη, Ε. Τσακιρίδου, Γ. Τσεκουρόπουλος</i>	Η δυναμική της συμπεριφοράς των καταναλωτών ως προς το ρύζι με έμφαση στην ηλικία και στη μόρφωσή τους	52 - 59

ΑΡΘΡΑ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

<i>Γιάννης Βόντας, Εμμανουήλ Ροδιτάκης, Αναστασία Τσαγκαράκου</i>	Η μοριακή βάση της ανθεκτικότητας στα εντομοκτόνα: παραδείγματα εντόμων και ακάρεων ελληνικού γεωπονικού ενδιαφέροντος	60 - 68
<i>Μ. Δ. Παπαδημητρίου, Ν. Ε. Πομποδάκης</i>	Υδατικές σχέσεις και συντηρητικά διαλύματα δρεπτών ανθέων. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	69 - 80

Σχέσεις εδαφικών χαρακτηριστικών και σταθερότητας συσσωματωμάτων σε καλλιεργούμενα εδάφη

Δ. Δημογιάννης¹, Σ. Βάλμης², Ν. Δαναλάτος³ και Γ. Αργυρόπουλος¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαβρωσιμότητα των εδαφών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σταθερότητα των συσσωματωμάτων. Με την παρούσα εργασία μελετήθηκε η σταθερότητα των συσσωματωμάτων στο νερό επιφανειακών γεωργικών εδαφών από την περιοχή της Θεσσαλίας με τη χρήση ενός δείκτη αστάθειας. Ο δείκτης αυτός συσχετίστηκε με τις βασικές εδαφικές ιδιότητες. Διαπιστώθηκε σημαντική συσχέτιση του δείκτη αστάθειας με την περιεκτικότητα της αργίλου ($r=-0.92$, $P<0.001$), της άμμου ($r=0.71$, $P<0.05$) και το λόγο (άμμος+ιλύς)/άργιλος ($r=0.92$, $P<0.001$), ενώ με την περιεκτικότητα της ιλύος δεν βρέθηκε σημαντική συσχέτιση. Όσον αφορά στο είδος των αργιλικών ορυκτών, διαπιστώθηκε σημαντική συσχέτιση με το ποσοστό του μοντοριλλονίτη ($r=-0.87$, $P<0.001$). Ισχυρές συσχετίσεις επίσης βρέθηκαν με την CEC ($r=-0.84$, $P<0.01$), την ολική ειδική επιφάνεια ($r=-0.89$, $P<0.001$), την περιεκτικότητα οργανικής ουσίας ($r=-0.81$, $P<0.01$), άμορφου αργίλου ($r=-0.74$, $P<0.05$) και ελεύθερου πυριτίου ($r=-0.89$, $P<0.001$). Από τα αποτελέσματα αυτά συμπεραίνεται ότι, γενικά, οι παράγοντες που επηρέασαν τη σταθερότητα συσσωματωμάτων ήταν η κοκκομετρική σύσταση, η ορυκτολογία της αργίλου, η οργανική ουσία, το άμορφο αργίλιο και το ελεύθερο πυρίτιο.

Λέξεις κλειδιά: σταθερότητα δομής εδάφους, ιδιότητες εδάφους, γεωργικά εδάφη κεντρικής Ελλάδας

1. Εισαγωγή

Η σταθερότητα συσσωματωμάτων μπορεί να οριστεί ως η δομική ανταπόκριση του εδάφους στο νερό της βροχής και δείχνει το βαθμό της ευκολίας με την οποία τα συσσωματώματα σπάζουν σε μικρότερα και γίνονται έτσι πιο ευαίσθητα στη διάβρωση. Επομένως, η μέτρησή της συμβάλλει στην εκτίμηση της διαβρωσιμότητας των εδαφών. Ο Bryan (1968) θεωρεί τη σταθερότητα συσσωματωμάτων σαν πολύ σημαντικό δείκτη της διαβρωσιμότητας. Οι Le Bissonnais (1996), Le Bissonnais and Arrouays (1997), Singer and Le Bissonnais (1998), Barthès et al. (1999) και Barthès and Roose (2002) έδειξαν και τονίζουν τη σημασία της σταθερότητας των επιφανειακών συσσωματωμάτων στην εκτίμηση της τάσης των εδαφών να σχηματίζουν κρούστα (crustability) και της διαβρωσιμότητας. Η πιο σημαντική συνέπεια του σχηματισμού επιφανειακής κρούστας είναι η μείωση της διηθητικότητας και η δημιουργία μεγάλων

ποσοτήτων απορροής. Οι Levy and Miller (1997) βρήκαν ισχυρή σχέση μεταξύ σταθερότητας συσσωματωμάτων και διηθητικότητας, την οποία απέδωσαν στο γεγονός ότι η αποδιοργάνωση των συσσωματωμάτων ελέγχει το ρυθμό σχηματισμού της κρούστας και την επακολουθούσα μείωση του ρυθμού διήθησης.

Η πιο συνήθης τεχνική για τον προσδιορισμό της σταθερότητας συσσωματωμάτων είναι αυτή της υγρής κοσκίνισης (wet sieving), η οποία συνίσταται στην ανατάραξη δείγματος συσσωματωμάτων ορισμένου μεγέθους στο νερό με τη χρήση κοσκίνου (Russel and Feng, 1947). Σύμφωνα με τον Kemper (1965), η τεχνική αυτή προσομοιώνει δυνάμεις αποδομητικές των συσσωματωμάτων, που συναντώνται στην επιφανειακή κατά στρώσεις διάβρωση (sheet erosion).

Η σταθερότητα συσσωματωμάτων είναι στενά συσχετιζόμενη με ορισμένες εδαφικές ιδιότητες. Δεν έ-

¹ ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Ινστιτούτο Χαρτογράφησης & Ταξινόμησης Εδαφών

² Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών

³ Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Εργαστήριο Γεωργίας

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι. Τοποθεσία, μητρικό υλικό και ταξινόμηση των μελετηθέντων εδαφών
TABLE I. Location, parent material and classification of the soils studied

Έδαφος Soil	Τοποθεσία Location	Μητρικό Υλικό Parent Material	Ταξινόμηση Classification
1	Νέες Καρυές	Τριτογενές κροκαλώδες	Typic Xerochrept
2	Σοφό	Τριτογενές μαργώδες	Typic Xerorthent
3	Σοφό	Τριτογενές μαργώδες	Lithic Xerorthent
4	Σοφό	Τριτογενές μαργώδες	Typic Calcixeroll
5	Σοφό	Τριτογενές μαργώδες	Fluventic Xerochrept
6	Καλό Νερό	Τριτογενές αργιλλώδες	Vertic Xerochrept
7	Μύρα	Τριτογενές αργιλλώδες	Typic Haploxeralf
8	Δελέρια	Τεταρτογενές αλλούβιο	Typic Haploxeralf
9	Δελέρια	Τεταρτογενές αλλούβιο	Typic Xerofluvent
10	Ροδιά	Τεταρτογενές αλλούβιο	Typic Xerofluvent

χουν βρεθεί όμως σχέσεις κοινές για όλα τα εδάφη. Αυτό αποδίδεται στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εδαφικών παραμέτρων, αλλά και στην έλλειψη μιας τυποποιημένης μεθόδου για τη μέτρηση της σταθερότητας συσσωματωμάτων. Οι διάφοροι δείκτες, που έχουν αναπτυχθεί, δεν αξιολογούν πάντα τις ίδιες διαδικασίες (Le Bissonnais, 1995). Σκοπός της παρούσης εργασίας ήταν η διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη σταθερότητα συσσωματωμάτων στο νερό γεωργικών εδαφών της κεντρικής Ελλάδας.

2. Υλικά και μέθοδοι

Τα εδάφη που μελετήθηκαν βρίσκονται σε δύο περιοχές του νομού Λάρισας. Η πρώτη βρίσκεται 20

km νότια της Λάρισας, στους οικισμούς Σοφού και Μύρων (εδάφη 1-7) και η δεύτερη 10 km βόρεια της Λάρισας, στους οικισμούς Ροδιάς και Δελερίων (εδάφη 8-10). Το μητρικό υλικό των εδαφών στην πρώτη περιοχή είναι τριτογενείς αποθέσεις, ελαφρώς μέχρι ισχυρώς ασβεστούχες, ενώ στη δεύτερη τεταρτογενείς αλλουβιακές αποθέσεις, προερχόμενες από την αποσάθρωση γνευσίων και σχιστολίθων. Η τοποθεσία, το μητρικό υλικό και η ταξινόμηση των εδαφών, σύμφωνα με το σύστημα Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975), φαίνονται στον Πίνακα Ι.

Σε εδαφικά δείγματα προσδιορίστηκαν η κοκκομετρική σύσταση, το pH (έδαφος:H₂O, 1:1), η οργα-

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ. Βασικές ιδιότητες και δείκτης αστάθειας συσσωματωμάτων των μελετηθέντων εδαφών
TABLE II. Basic properties and aggregate instability index of the soils studied

Έδαφος Soil	Άργιλος Clay %	Ίλύς Silt %	Άμμος Sand %	ΟΟ OM %	pH (H ₂ O, 1:1)	CaCO ₃ %	ΙΑΚ CEC meq/100g	ΟΕΕ TSS g/m ²	Δείκτης β Index β
1	42	28	30	3.50	7.79	22.7	37.0	163.9	0.049
2	52	28	20	2.65	7.81	30.2	34.2	163.8	0.057
3	46	30	24	2.77	7.83	48.7	31.5	148.0	0.063
4	40	32	28	4.44	7.68	31.1	44.1	176.0	0.063
5	36	30	34	3.00	7.77	23.9	39.9	153.0	0.180
6	44	29	27	3.38	7.77	9.2	50.6	205.5	0.099
7	26	33	41	2.13	7.84	3.4	28.9	129.8	0.455
8	28	23	49	0.91	4.93	0.0	14.4	79.4	0.406
9	18	25	57	1.21	4.75	0.0	13.3	56.7	0.444
10	18	43	39	1.18	5.19	0.0	8.1	30.5	0.763

ΟΟ=οργανική ουσία, OM=organic matter, ΙΑΚ=ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, CEC=cation exchange capacity, ΟΕΕ=ολική ειδική επιφάνεια, TSS=total specific surface

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ. Ελεύθερα οξείδια Fe, Al, Si και άμορφα οξείδια Fe, Al των μελετηθέντων εδαφών
TABLE III. Free Fe, Al, Si oxides and amorphous Fe, Al oxides of the soils studied

Έδαφος	Fed	Ald	Sid	Feo	Alo
%					
1	0.433	0.059	0.093	0.058	0.083
2	0.449	0.047	0.095	0.206	0.074
3	0.287	0.041	0.087	0.095	0.055
4	0.365	0.057	0.085	0.045	0.091
5	0.760	0.083	0.069	0.032	0.094
6	1.050	0.105	0.080	0.209	0.123
7	1.210	0.082	0.074	0.043	0.054
8	0.870	0.112	0.053	0.152	0.053
9	0.555	0.088	0.042	0.120	0.049
10	0.485	0.055	0.038	0.109	0.030

Fed, Ald, Sid= ελεύθερα οξείδια Fe, Al, Si – Feo, Alo=άμορφα οξείδια Fe, Al

νική ουσία, τα ανθρακικά άλατα και η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων με μεθόδους που αναφέρουν οι Page et al. (1982) και η ολική ειδική επιφάνεια με τη μέθοδο προσρόφησης Ethylene Glycol Monoethyl Ether (EGME) από γνωστή ποσότητα εδάφους (Cihacek and Bremner, 1979). Τα δεδομένα φαίνονται στον Πίνακα ΙΙ. Επίσης προσδιορίστηκαν τα ελεύθερα οξείδια Fe, Al και Si (Jackson, 1965) και τα άμορφα οξείδια Fe και Al (Schwertmann, 1964) (Πίνακας ΙΙΙ).

Ακόμη έγινε ημιποσοτική εκτίμηση των ορυκτών της αργίλου με περιθλασίμετρο ακτίνων Χ πηγής Co, ύστερα από μελέτη στα σχετικά διαγράμματα των σχετικών εντάσεων των μεγίστων περιθλασης σε σχέση με τον αριθμό των επιπέδων περιθλασης (Whittig and Allardice, 1986). Τα δεδομένα παρουσιάζονται στον Πίνακα ΙV.

Για τον προσδιορισμό της σταθερότητας συσσωματωμάτων στο νερό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του δείκτη αστάθειας β (Valmis et al., 1988), η οποία βασίζεται στην υγρή κοσκίνιση αεροξηραμένων συσσωματωμάτων μεγέθους 2.0-4.7 mm, τα οποία αμέσως πριν έχουν προϋγρανθεί με βύθιση στο νερό για 3 min. Η μέθοδος παρουσιάζει το σοβαρό πλεονέκτημα του μικρού χρόνου ανατάραξης (4 min). Οι τιμές του δείκτη β προσδιορίζονται ύστερα από ποσοτική ανάλυση της ξηρής μάζας του δείγματος που τοποθετήθηκε αρχικά στο κόσκινο, της ξηρής μάζας των σταθερών συσσωματωμάτων που παρέμειναν στο κόσκινο μετά την ανατάραξη και της ξηρής μάζας της άμμου με διαστάσεις μεγαλύτερες αυτής της διαμέτρου των οπών του κοσκινίου (0.25 mm) και κυμαίνονται από 0 μέχρι 1. Αυξανόμενου του β αυξάνεται και η αστάθεια των συσσωματωμά-

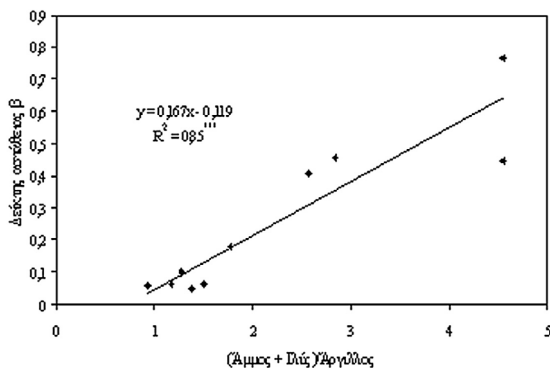
ΠΙΝΑΚΑΣ ΙV. Ημιποσοτική ορυκτολογική ανάλυση αργίλου των μελετηθέντων εδαφών
TABLE IV. Semiquantitative mineralogical clay analysis of the soils studied

Έδαφος	Kaolinite %	Quartz %	Illite %	Montmorillonite %	Calcite %
1	10	1	39	43	7
2	8	1	38	48	5
3	7	1	38	48	7
4	10	1	30	48	10
5	11	1	29	51	7
6	9	2	35	49	4
7	12	2	37	49	-
8	7	5	87	-	-
9	5	-	95	-	-
10	4	2	94	-	-

των. Οι τιμές του δείκτη β των εδαφών φαίνονται στον Πίνακα II.

3. Αποτελέσματα και συζήτηση

Υπάρχει μια γενική αποδοχή ότι το κλάσμα της αργίλου είναι ένας θετικός παράγοντας για τη σταθερότητα των συσσωματωμάτων. Αυτό γιατί τα τεμαχίδια της αργίλου είναι συσσωματώνοντα και συσσωματούμενα τεμαχίδια (Le Bissonnais, 1995). Στην παρούσα έρευνα διαπιστώθηκαν σημαντικές γραμμικές συσχετίσεις του δείκτη αστάθειας β (το επίπεδο πιθανότητας P υποδεικνύεται με τον αριθμό των αστερισκών ως εξής: *, **, *** σημαντικότητα σε επίπεδο 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα) με την άργιλο ($r=-0.92^{***}$) και την άμμο ($r=0.71^*$), ενώ με την ιλύ δε βρέθηκε σημαντική σχέση. Σημαντική σχέση με το ποσοστό της αργίλου πιστοποίησαν οι Gollany et al. (1991), Levy and Miller (1997) και Attou et al. (1998). Ισχυρή γραμμική συσχέτιση διαπιστώθηκε επίσης με το λόγο (άμμος+ιλύς)/άργιλος ($r=0.92^{***}$, Σχήμα 1). Από πολύ νωρίς ο Bouyoucos (1935) έχει προτείνει το λόγο αυτό ως σημαντικό δείκτη διαβρωσιμότητας των εδαφών.



Σχήμα 1. Σχέση δείκτη αστάθειας β και λόγου (άμμος+ιλύς)/άργιλος

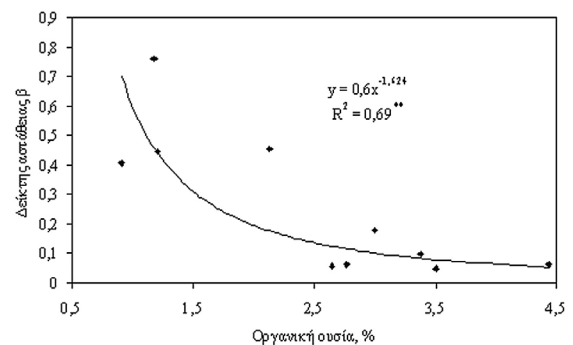
Figure 1. Relationship between instability index β and (sand+silt)/clay ratio

Όσον αφορά στην ορυκτολογική σύνθεση της αργίλου, τα μοντοριλλονιτικά εδάφη (εδάφη 1 έως 7) έδειξαν μεγαλύτερη σταθερότητα συσσωματωμάτων, αφού εμφάνισαν χαμηλότερο δείκτη β , ενώ βρέθηκε και σημαντική αρνητική σχέση με το μοντοριλλονίτη ($r=-0.87^{***}$). Αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με την άποψη ότι ο μοντοριλλονίτης σχηματίζει σταθερά συσσωματώματα, λόγω της μεγάλης του ειδικής επιφάνειας και του μεγάλου κρυσταλλι-

κού του φορτίου (Le Bissonnais, 1995).

Αρκετοί ερευνητές έχουν συσχετίσει τη σταθερότητα συσσωματωμάτων με την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων ή την ειδική επιφάνεια. Οι Goldberg et al. (1988) και Reichert and Norton (1994) παρατήρησαν ότι μεγαλύτερη CEC ή ειδική επιφάνεια σχετιζόταν με αυξημένη σταθερότητα συσσωματωμάτων. Παρόμοια είναι και τα δικά μας ευρήματα, αφού ο δείκτης αστάθειας β έδειξε σημαντική αρνητική γραμμική συσχέτιση με την CEC ($r=-0.84^{**}$) και την ολική ειδική επιφάνεια ($r=-0.89^{***}$).

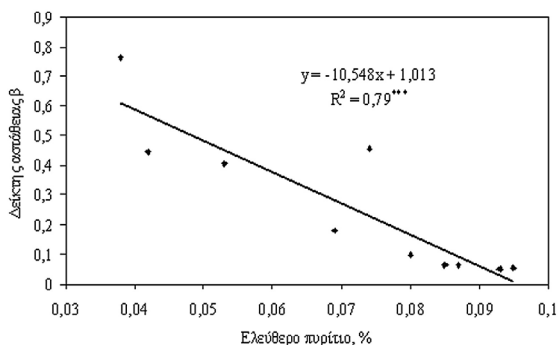
Η οργανική ουσία είναι ένας άλλος παράγοντας από τους πιο σημαντικούς και καλά γνωστούς για το ρόλο του στη δομική σταθερότητα των εδαφών. Οι Wischmeier and Mannering (1969) θεωρούν ότι είναι η δεύτερη πιο σημαντική ιδιότητα, που επηρεάζει τη διαβρωσιμότητα των εδαφών, μετά την κοκκομετρική σύσταση. Προσφάτως, δεδομένα των Barthès et al. (2000) και Le Bissonnais et al. (2002) από εδάφη τροπικών περιοχών και γαλλικά εδάφη, αντίστοιχα, επιβεβαιώνουν τη στενή σχέση μεταξύ οργανικού άνθρακα και σταθερότητας συσσωματωμάτων. Τα αποτελέσματα της δικής μας έρευνας βρίσκονται σε συμφωνία με τα αναφερόμενα παραπάνω. Ο δείκτης αστάθειας β είναι σε ισχυρή αρνητική γραμμική σχέση με το ποσοστό της οργανικής ουσίας ($r=-0.81^{**}$), ενώ η αντίστοιχη σχέση υπερβολής είναι ελαφρώς ισχυρότερη ($r=-0.83^{**}$, Σχήμα 2). Η τελευταία σχέση φανερώνει ότι ο ρυθμός αύξησης της σταθερότητας συσσωματωμάτων είναι μεγάλος σε μικρές μεταβολές της οργανικής ουσίας, όταν τα ποσοστά της είναι χαμηλά και μειώνεται με την αύξηση αυτής πέραν του 2 %.



Σχήμα 2. Σχέση δείκτη αστάθειας β και ποσοστού οργανικής ουσίας

Figure 2. Relationship between instability index β and organic matter percentage

Μελέτες των δομικών παραμέτρων του εδάφους έχουν αποδείξει τη σημασία των οξειδίων και υδροξειδίων του Fe και Al (sesquioxides) στη φυσική συμπεριφορά του εδάφους και πιο συγκεκριμένα στη σταθερότητα των συσσωματωμάτων (Trott and Singer 1983, Le Bissonnais and Singer 1993, Barral et al. 1998). Στα πλαίσια της δικής μας μελέτης διαπιστώθηκε θετικός ρόλος στη σταθερότητα συσσωματωμάτων του άμορφου Al, που εκχυλίζεται με οξάλικό οξύ, αφού παρατηρήθηκε σημαντική αρνητική συσχέτιση με το δείκτη αστάθειας β ($r = -0.74^*$). Φαίνεται ότι η μορφή αυτή του Al είναι περισσότερο δραστική, όσον αφορά στη συγκολλητική του δράση, αφού βρίσκεται σε πολύ λεπτό διαμερισμό και παρουσιάζει μικρότερη τάση κρυστάλλωσης (Schwertmann and Taylor, 1989). Βρέθηκε επίσης πολύ ισχυρή γραμμική συσχέτιση του δείκτη β με τα ελεύθερα οξείδια του Si ($r = -0.89^{***}$, Σχήμα 3). Ο Allison (1968) αναφέρει ότι, εκτός από τα οξείδια Fe, Al και το άμορφο Si συμβάλλει στη σταθερότητα συσσωματωμάτων, ειδικά σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα οργανικής ουσίας.



Σχήμα 3. Σχέση δείκτη αστάθειας β και ποσοστού ελεύθερου πυριτίου

Figure 3. Relationship between instability index β and free silicon percentage

Από τα παραπάνω αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι η σταθερότητα συσσωματωμάτων των μελετηθέντων εδαφών επηρεάζεται, γενικά, από την κοκκομετρική σύσταση, την ορυκτολογία της αργίλου και την περιεκτικότητα οργανικής ουσίας, άμορφου Al και ελεύθερου Si.

Relationships between soil characteristics and aggregate stability in cultivated soils

D. Dimoyiannis¹, S. Valmis², N. Danalatos³ and G. Argyropoulos¹

ABSTRACT

Soil erodibility greatly depends on aggregate stability. In the present work the water aggregate stability of ten agricultural surface soils located in central Greece was studied, using an instability index determined by the wet sieving technique. Instability index was correlated with various soil properties. Instability index showed a strong correlation with clay content ($r = -0.92$, $P < 0.001$), sand content ($r = 0.71$, $P < 0.5$) and the ratio (sand+silt)/clay ($r = 0.92$, $P < 0.001$). The greater the ratio the greater the aggregate instability. Concerning clay mineralogy, a strong correlation with montmorillonite percentage ($r = -0.87$, $P < 0.001$) was found. The montmorillonitic soils had a lower instability index. Strong correlations were also found between instability index and CEC ($r = -0.84$, $P < 0.01$), total specific area ($r = -0.89$, $P < 0.001$), organic matter ($r = -0.81$, $P < 0.01$), amorphous aluminum ($r = -0.74$, $P < 0.05$) and free silicon content ($r = -0.89$, $P < 0.001$). From these results it was concluded that, in general, water aggregate stability was significantly affected by soil texture, clay mineralogy, organic matter and sesquioxides content.

Key words: soil structure stability, soil properties, cultivated soils of central Greece.

¹ N. AG. RE. F., Institute of Soil Mapping & Classification

² Agricultural University of Athens, Laboratory of Agricultural Engineering

³ University of Thessaly, Laboratory of Field Crops

4. Βιβλιογραφία

- Allison, F. E., 1968. Soil aggregation – some facts and fallacies as seen by a microbiologist. *Soil Science* 106: 136-143.
- Attou, F., Bruand, A. and Le Bissonnais, Y., 1998. Effect of clay content and silt-clay fabric on stability of artificial aggregates. *European Journal of Soil Science* 49: 569-577.
- Barral, M. T., Arias, M. and Guérif, J., 1998. Effects of iron and organic matter on the porosity and structural stability of soil aggregates. *Soil and Tillage Research* 46: 261-272.
- Barthès, B. and Roose, E., 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion: validation at several levels. *Catena* 47: 133-149.
- Barthès, B., Albrecht, A., Asseline, J., De Noni, G. and Roose, E., 1999. Relationship between soil erodibility and topsoil aggregate stability or carbon content in a cultivated mediterranean highland (Aveyron, France). *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 30: 1929-1938.
- Barthès, B., Azontonde, A., Boli, B. Z., Prat, C. and Roose, E., 2000. Field-scale run-off and erosion in relation to topsoil aggregate stability in three tropical regions (Benin, Cameroon, Mexico). *European Journal of Soil Science* 51: 485-495.
- Bouyoucos, G. J., 1935. The clay ratio as a criterion of susceptibility of soils to erosion. *Journal of the American Society of Agronomy* 27: 738-741.
- Bryan, R. B., 1968. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. *Geoderma* 2: 5-26.
- Cihacek, L. J. and Bremner, J. M., 1979. A simplified ethylene glycol monoethyl ether procedure for assessment of soil surface area. *Soil Science Society of America Journal* 43: 821-822.
- Goldberg, S., Suarez, D. L. and Glaubig, R. A., 1988. Factors affecting clay dispersion and aggregate stability of arid-zone soils. *Soil Science* 146: 317-325.
- Gollany, H. T., Schumacher, T. E., Evenson, P. D., Lindstrom, M. J. and Lemme, G. D., 1991. Aggregate stability of an eroded and desurfaced Typic Argiustoll. *Soil Science Society of America Journal* 55: 811-816.
- Jackson, M. L. 1965. Free oxides, hydroxides and amorphous aluminosilicates, pp 578-603. In Black, C. A. et al. (Editors), *Methods of Soil Analysis, Part 1*, ASA, Agronomy 9.
- Kemper, W. D., 1965. Aggregate stability, pp 511-519. In Black, C. A. et al. (Editors), *Methods of Soil Analysis, Part 1*, ASA, Agronomy 9.
- Le Bissonnais, Y., 1995. Soil characteristics and aggregate stability, pp 41-60. In Agassi, M. (Editor), *Soil Erosion, Conservation, and Rehabilitation*, Marcel Dekker, New York.
- Le Bissonnais, Y., 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science* 47: 425-437.
- Le Bissonnais, Y. and Arrouays, D., 1997. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. *European Journal of Soil Science* 48: 39-48.
- Le Bissonnais, Y. and Singer, M. J., 1993. Seal formation, runoff, and interrill erosion from seventeen California soils. *Soil Science Society of America Journal* 57: 224-229.
- Le Bissonnais, Y., Cros-Cayot, S. and Gascuel-Oudou, C., 2002. Topographic dependence of aggregate stability, overland flow and sediment transport. *Agronomie* 22: 489-501.
- Levy, G. J. and Miller, W. P., 1997. Aggregate stabilities of some southeastern U. S. soils. *Soil Science Society of America Journal* 61: 1176-1182.
- Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R., 1982. *Methods of Soil Analysis. Part 2*, 2nd ed., Agronomy 9, ASA, SSSA, Madison, Wisconsin.
- Reichert, J. M. and Norton, L. D., 1994. Aggregate stability and rain-impacted sheet erosion of air-dried and prewetted clayey surface soils under intense rain. *Soil Science* 158: 159-169.
- Russel, M. B. and Feng, C. L., 1947. Characterization of the stability of soil aggregates. *Soil Science* 63: 299-304.
- Schwertmann, U., 1964. The differentiation of iron oxides in soil by extraction with ammonium oxalate solution. *Zeitschr. Pflanzernern. Düngung, Bodenk.* 105: 194-202.
- Schwertmann, U. and Taylor, R. M., 1989. Iron oxides, pp 380-438. In Dixon, J. B. and Weed, S. B. (Editors), *Minerals in Soil Environments*, SSSA, Madison, Wisconsin.
- Singer, M. J. and Le Bissonnais, Y., 1998. Importance of surface sealing in the erosion of some soils from a mediterranean climate. *Geomorphology* 24: 79-85.

- Soil Survey Staff, 1975. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture Handbook 436, USDA, Washington, DC.
- Trott, K. E. and Singer, M. J., 1983. Relative erodibility of 20 California range and forest soils. Soil Science Society of America Journal 47: 753-759.
- Valmis, S., Kerkides, P. and Aggelides, S., 1988. Soil aggregate instability index and statistical determination of oscillation time in water. Soil Science Society of America Journal 52: 1188-1191.
- Whittig, L. D. and Allardice, W. R., 1986. X-ray diffraction techniques, pp 331-362. In Klute, A. (Editor), Methods of Soil Analysis, 2nd ed., Part 1, Agronomy 9, ASA, SSSA, Madison, Wisconsin.
- Wischmeier, W. H. and Mannering, L. V., 1969. Relation of soil properties to its erodibility. Soil Science Society of America Proceedings 33: 131-137.

Τάσεις και προοπτικές του εμπορίου των αγροτικών προϊόντων στις χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης

Γ. Θεοδοσίου¹ και Α. Μιχαηλίδης²

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια διερεύνησης της διαχρονικής εξέλιξης του εξωτερικού εμπορίου των αγροτικών προϊόντων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) με τις χώρες της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης (ΧΚΑΕ) και την Ελλάδα. Παράλληλα, εξετάζεται η γεωγραφική διάσταση των εμπορικών σχέσεων και η διάρθρωση του εμπορίου των αγροτικών προϊόντων μεταξύ της Ελλάδας και των ΧΚΑΕ. Ωστόσο, ο κύριος στόχος της εργασίας αναφέρεται στη διερεύνηση της δομής του εμπορίου των αγροτικών προϊόντων μεταξύ της Ελλάδας και των ΧΚΑΕ και ιδιαίτερα στην αναζήτηση των παραγόντων που επιδρούν στην ανάπτυξη του.

Για το λόγο αυτό, επιχειρήθηκε μια προσέγγιση ταξινόμησης των δέκα χωρών με βάση τη σχετική σημασία τους, στο εμπόριο ορισμένων επιλεγμένων αγροτικών προϊόντων με την Ελλάδα, και με βάση τη διαχρονική εξέλιξη του εμπορίου με την Ελλάδα. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν αναφέρονται στις εισαγωγές 12 προϊόντων και στις εξαγωγές 21 προϊόντων για 9 χρόνια, δηλαδή 33 μεταβλητές ανά χώρα. Η επιλογή των προϊόντων βασίστηκε στο κριτήριο της σχετικής τους σημασίας στο σύνολο του εμπορίου, απορρίπτοντας όλα τα προϊόντα που δεν συμβάλλουν σημαντικά στο εξωτερικό εμπόριο της Ελλάδας με τις ΧΚΑΕ, είτε ως προς τις εισαγωγές είτε ως προς τις εξαγωγές.

Ο μεγάλος όγκος των δεδομένων οδήγησε στη χρήση της μεθόδου «παραγοντικής ανάλυσης», η οποία επιτρέπει τη συμπύκνωση των αρχικών δεδομένων σε περιορισμένο αριθμό συνθετικών μεταβλητών οι οποίες αποτελούν τους παραγοντικούς άξονες.

Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι ο κύριος στόχος της ελληνικής γεωργίας είναι η βιωσιμότητα της σε μια ανεπτυγμένη ύπαιθρο. Επιπλέον, προκύπτει ότι τα καθαρά μεσογειακά προϊόντα που παράγονται στην Ελλάδα, λάδι και ελιές, έχουν πολύ μικρή διεισδυτικότητα στις αγορές των ΧΚΑΕ.

Λέξεις κλειδιά: εμπορικό ισοζύγιο, δείκτες εμπορίου, συγκριτικό πλεονέκτημα, παραγοντική ανάλυση, εξειδίκευση, ανταγωνιστικότητα

1. Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, οι οικονομικές σχέσεις της Ελλάδας με τις ΧΚΑΕ αναπτύχθηκαν με ιδιαίτερα έντονο ρυθμό, κυρίως λόγω των πολιτικών απελευθέρωσης των αγορών στις εν λόγω χώρες. Προς αυτή την κατεύθυνση συνέβαλε αποφασιστικά και η διαδικασία μετάβασης η οποία ενεργοποίησε την αύξηση της ζήτησης των αγροτικών προϊόντων. Οι ΧΚΑΕ με την είσοδο τους στην Ε.Ε. και την άρση των εμπορικών εμποδίων, δραστηριοποιήθηκαν σε μια μεγαλύτερη α-

γορά, όπου ήταν δυνατή η πραγματοποίηση οικονομικών κλίμακας και η μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας της οικονομίας τους, λόγω των συγκριτικών πλεονεκτημάτων που διέθεταν κυρίως σε προϊόντα εντάσεως εργασίας ή ακατέργαστα προϊόντα (Θεοδοσίου, 2006).

Κατ' αυτή την έννοια, η απελευθέρωση των αγορών προήγαγε και συνεχίζει να προάγει την ανάπτυξη τόσο των ΧΚΑΕ ξεχωριστά όσο και την ευρωπαϊκή και παγκόσμια οικονομία γενικότερα. Ταυτόχρονα, η επέκταση της αγοράς δημιουργεί

¹ Τ.Ε.Ι. Δυτικής Μακεδονίας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Εμπορίας και Ποιοτικού Ελέγχου Αγροτικών Προϊόντων, geortheo@lar.forthnet.gr

² Τ.Ε.Ι. Δυτικής Μακεδονίας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Εμπορίας και Ποιοτικού Ελέγχου Αγροτικών Προϊόντων, tassosm@agro.auth.gr

νέες προοπτικές για την προσέλκυση ξένων άμεσων επενδύσεων, σε όλους τους τομείς της οικονομίας, για την ενίσχυση του ανταγωνισμού μεταξύ των χωρών και για τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των παραγόμενων προϊόντων (Melfou et al., 1991).

Στην εργασία αυτή, γίνεται μια προσπάθεια διερεύνησης της διαχρονικής εξέλιξης του εξωτερικού εμπορίου των αγροτικών προϊόντων της Ε.Ε. με τις ΧΚΑΕ και την Ελλάδα. Παράλληλα, εξετάζεται η γεωγραφική διάσταση των εμπορικών σχέσεων και η διάρθρωση του εμπορίου των αγροτικών προϊόντων μεταξύ της Ελλάδας και των ΧΚΑΕ. Ωστόσο, ο κύριος στόχος της εργασίας αναφέρεται στη διερεύνηση της δομής του εμπορίου των αγροτικών προϊόντων μεταξύ της Ελλάδας και των ΧΚΑΕ και ιδιαίτερα στην αναζήτηση των παραγόντων που επιδρούν στην ανάπτυξη του.

2. Γεωγραφική διάσταση των εμπορικών σχέσεων

Από τα πρώτα χρόνια της μεταβατικής διαδικασίας μέχρι σήμερα, το εμπορικό ισοζύγιο των ΧΚΑΕ, σε σχέση με την Ε.Ε., παραμένει αρνητικό, με εξαίρεση την Βουλγαρία και την Ουγγαρία οι οποίες διατηρούν χαμηλά επίπεδα ανάπτυξης (Θεοδοσίου, 2006). Στην Ουγγαρία, για παράδειγμα, αν και οι εξαγωγές των αγροτικών προϊόντων, προς τις αγορές της Ε.Ε. έχουν αυξηθεί σημαντικά, εντούτοις υστερούν σε σχέση με τις συνολικές εξαγωγές. Έτσι, ενώ το 1996 αντιπροσώπευαν το 18,5% των συνολικών εξαγωγών, το 2000 αντιπροσώπευαν μόλις το 7% (Eurostat, 2002). Η ίδια τάση παρατηρείται και στις υπόλοιπες ΧΚΑΕ, ενώ αξίζει να σημειωθεί, η σημαντική αναλογία των εξαγωγικών προϊόντων χαμηλής προστιθέμενης αξίας σε σχέση με τα αντίστοιχα υψηλής προστιθέμενης αξίας (Κότιος και Πετράκος, 2000).

Ο διαμελισμός των ΧΚΑΕ σε μικρότερα κράτη είχε σαν αποτέλεσμα τη συρρίκνωση του εθνικού οικονομικού τους χώρου και κατά συνέπεια τον περιορισμό της αξιοποίησης των υφιστάμενων οικονομικών κλίμακας. Οι εθνικές αγορές δεν έχουν πλέον ικανοποιητικό μέγεθος για τη δημιουργία εξωτερικών οικονομιών κλίμακας και η εξειδίκευση δε λειτουργεί ανταγωνιστικά (Anderson and Tyers, 1993). Για να λειτουργήσουν ικανοποιητικά οι εξωτερικές οικονομίες κλίμακας, στις ΧΚΑΕ, θα πρέπει να αναπτυχθεί σημαντικά το εμπόριο τους με τις ανώτερες οικονομικά γειτνιάζουσες

χώρες (Σκούντζος, 1997). Η ανάπτυξη του εμπορίου, μεταξύ των γειτονικών χωρών, θεωρείται ευκολότερη σε σχέση με τις λοιπές χώρες κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους μεταφοράς των προϊόντων και δευτερευόντως λόγω της πιθανής ομοιότητας των καταναλωτικών και πολιτιστικών προτύπων (Boeri and Brucker, 2001). Οι χώρες της Βαλτικής, η Ρουμανία και η Βουλγαρία, βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τις αγορές της δυτικής Ευρώπης και επομένως η μεταφορά των προϊόντων γίνεται διαμέσου χωρών με πολύ χαμηλό επίπεδο υποδομών. Έτσι, οι χώρες αυτές, έχουν αναπτύξει σημαντικές ενδοπεριφερειακές ροές μεταξύ των γειτονικών χωρών. Για παράδειγμα, οι χώρες της Βαλτικής, ενίσχυσαν τις παραδοσιακές σχέσεις, με τη Ρωσία, η Ρουμανία με την Τουρκία και η Βουλγαρία με την Ελλάδα. Όσο μικρότερη είναι η απόσταση και όσο μικρότερα είναι τα γεωγραφικά, μορφολογικά, συνοριακά ή άλλης φύσης εμπόδια που παρεμβάλλονται, μεταξύ των χωρών, τόσο ευεργετικότερα και περισσότερο ομοιόμορφα κατανεμημένα θα είναι τα αποτελέσματα της διάχυσης στις μεταβατικές οικονομίες (Petrakos, 1999). Χαμηλό κόστος μεταφοράς συνεπάγεται υψηλότερη ανταγωνιστικότητα και πιθανότατα συγκριτικό πλεονέκτημα για τη χώρα εξαγωγής (Griffin, 1989).

3. Εμπόριο αγροτικών προϊόντων

Το εμπόριο των αγροτικών προϊόντων της Ελλάδας με τις ΧΚΑΕ εμφανίζει παρόμοια χαρακτηριστικά με το αντίστοιχο της Ε.Ε. (Θεοδοσίου, 2004). Στον πίνακα Ι, διακρίνεται η διαχρονική βελτίωση του ελληνικού εμπορίου, σε τρέχουσες τιμές για την περίοδο 1995-2001. Η εισαγωγές της Ελλάδας αναφέρονταν κυρίως σε προϊόντα ζωικής προέλευσης και οι εξαγωγές σε μεσογειακά προϊόντα όπως ελιές, βαμβάκι, καπνό, λάδι και εσπεριδοειδή. Κατά το έτος 2001, το 75% της αξίας των εξαγωγών της Ελλάδας προς τις ΧΚΑΕ, προοριζόταν προς τη Βουλγαρία και τη Ρουμανία, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό των εισαγωγών ήταν 65% (Θεοδοσίου, 2004).

Καθ' όλη την περίοδο μελέτης (1995-2001), το συνολικό εμπορικό ισοζύγιο της Ελλάδας με τις ΧΚΑΕ ήταν αρνητικό και ο λόγος των εξαγωγών προς τις εισαγωγές, για τα αγροτικά προϊόντα και κυρίως για τα προϊόντα ζωικής προέλευσης, ήταν μικρότερος της μονάδας υποδηλώνοντας τη χαμηλή ανταγωνιστικότητα του αγροτικού τομέα της Ελλά-

Πίνακας Ι. Εμπόριο αγροτικών προϊόντων της Ελλάδας και των ΧΚΑΕ
Table I. Agricultural trade between Greece and Central-East European Countries

ΕΞΑΓΩΓΕΣ 1995-2001 (αξία σε εκατ. €.)							
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
ΣΥΝΟΛΟ	7456,75	8381,03	8935,11	9399,84	9931,20	12575,48	11629,19
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	304,08	221,78	256,53	382,77	374,26	482,37	636,87
ΕΣΘΟΝΙΑ	0,65	1,44	1,01	2,77	2,01	2,69	5,13
ΛΕΤΟΝΙΑ	1,12	3,57	4,58	4,54	6,01	5,3	6,15
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	2,92	3,71	16,03	7,15	6,16	9,21	8,23
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	32,01	38,54	45,21	46,72	44,29	53,89	65,68
ΠΟΛΩΝΙΑ	58,06	54,09	69,04	81,02	76,25	94,61	129,73
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	122,67	123,38	141,41	175,57	192,13	411,15	399,05
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	6,57	12,21	11,01	13,02	10,21	14,09	20,44
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	30,30	8,71	15,06	19,47	19,65	23,54	34,91
ΤΣΕΧΙΑ	36,28	33,37	39,71	45,93	43,40	57,71	66,30
ΣΥΝΟΛΟ ΧΚΑΕ	594,66	500,88	599,59	778,96	774,37	1154,56	1372,49
ΕΙΣΑΓΩΓΕΣ 1995-2001 (αξία σε εκατ. €.)							
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
ΣΥΝΟΛΟ	17339,30	20264,18	21814,32	26217,20	27381,48	35823,47	31836,29
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	328,93	263,31	336,22	342,10	321,57	426,89	472,81
ΕΣΘΟΝΙΑ	0,96	0,71	0,59	3,13	1,3	2,17	3,98
ΛΕΤΟΝΙΑ	0,51	0,64	1,35	4,95	1,39	1,25	13,64
ΛΙΘΟΥΑΝΙΑ	0,97	2,16	1,73	1,82	1,23	11,53	4,56
ΟΥΓΓΑΡΙΑ	45,53	67,68	71,92	82,90	70,32	118,65	129,41
ΠΟΛΩΝΙΑ	45,10	70,64	69,69	91,35	91,52	202,65	131,62
ΡΟΥΜΑΝΙΑ	91,26	102,03	164,28	170,48	189,78	322,13	380,12
ΣΛΟΒΑΚΙΑ	20,64	25,65	29,17	290,02	24,67	34,01	63,47
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	20,31	18,76	19,25	21,77	20,01	24,44	29,91
ΤΣΕΧΙΑ	62,67	73,95	79,85	100,56	83,9	141,31	161,71
ΣΥΝΟΛΟ ΧΚΑΕ	616,88	625,53	774,05	848,08	805,69	1285,03	1391,23
ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	-22,22	-124,65	-174,46	-69,12	-31,32	-130,47	-18,97
ΕΞΑΓ./ΕΙΣΑΓ.	0,964	0,801	0,775	0,918	0,961	0,898	0,987

Πηγή: F.A.O., 2006

δας σε σχέση με τις ΧΚΑΕ (Πίνακας Ι).

Από τη μελέτη των παρακάτω δεικτών (πίνακας

II) προκύπτει ότι η Ελλάδα έχει μεγάλη διεισδυτικότητα στα μεσογειακά προϊόντα, όπως βαμβάκι, ελιές

Πίνακας II. Ο δείκτης εξαγωγών/εισαγωγών της Ελλάδας με τις ΧΚΑΕ (έτος 2001)

Table II. Intra-EU trade indexes between Greece and Central-East European Countries (year 2001)

ΖΩΝΤΑ ΖΩΑ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΡΕΑΤΟΣ	0,030
ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ	0,057
ΒΑΜΒΑΚΙ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΒΑΜΒΑΚΟΣ	219,07
ΕΛΙΕΣ	712,84
ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ	(Δεν υπάρχουν εισαγωγές από τις ΧΚΑΕ)
ΦΡΟΥΤΑ	3.337,36
ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΑ	0,085

Πηγή: F.A.O., 2006

και φρούτα (κυρίως εσπεριδοειδή), ενώ αντίθετα έχει ελάχιστη διεισδυτικότητα στα προϊόντα του κτηνοτροφικού κλάδου και στα δημητριακά. Οι εξαγωγές δημητριακών είναι σε χαμηλότερο επίπεδο από τις εισαγωγές λόγω της μείωσης της παραγωγής του σκληρού σίτου ο οποίος κατά κανόνα προορίζεται για εξαγωγή.

Τα προϊόντα των χωρών αυτών έχουν μεγαλύτερη διεισδυτικότητα στην αγορά της Ελλάδας από ότι τα ελληνικά προϊόντα στις αγορές των ΧΚΑΕ. Το γεγονός αυτό έχει μεγάλη σημασία, γιατί όλες ανεξαιρέτως οι ΧΚΑΕ έχουν αυξανόμενα εμπορικά ελλείμματα που οφείλονται στο άνοιγμα των οικονομιών τους, στην περιορισμένη ανταγωνιστικότητα, στην κατάρρευση σημαντικού μέρους της παραγωγικής δομής και στις ευρωπαϊκές συμφωνίες για την απελευθέρωση του εμπορίου.

4. Συγκριτικό πλεονέκτημα

Το συγκριτικό πλεονέκτημα είναι η κυρίαρχη άποψη στη θεωρία του Διεθνούς εμπορίου (Porter, 1990). Το ελεύθερο εμπόριο είναι η διέξοδος, αφού με το κέρδος του συγκριτικού πλεονεκτήματος το προϊόν ή τα προϊόντα θα καταστούν φθηνότερα και τα κέρδη θα μεγιστοποιηθούν εξασφαλίζοντας οικονομική ανάπτυξη. Ποιος είναι όμως ο μηχανισμός ο οποίος, σε συνθήκες ελεύθερου εμπορίου, θα οδηγήσει κάθε χώρα να εξειδικευτεί στην παραγωγή του προϊόντος που παρουσιάζει συγκριτικό πλεονέκτημα; Εάν υποθεθεί ότι μια εξαγωγική χώρα πουλά τα προϊόντα της σε μια άλλη χώρα, θα το κάνει για μια τιμή υψηλότερη από αυτή που θα εισέπραττε εάν τα πουλούσαν στο εσωτερικό της χώρας εξαγωγής και χαμηλότερη από αυτή στην οποία πουλιούνται στη χώρα εισαγωγής. Αυτό θα οδηγήσει σε σταδιακή μεταφορά χρήματος από τη χώρα εισαγωγής στη χώρα εξαγωγής. Η αύξηση της προσφοράς χρήματος θα είναι μεγαλύτερη από την αύξηση της αξίας των παραγομένων αγαθών αφού τα εξαγόμενα προϊόντα πουλιούνται σε τιμές υψηλότερες από την αξία τους στη χώρα παραγωγής. Με βάση τη ποσοτική θεωρία του χρήματος θα έχουμε αύξηση του επιπέδου των τιμών στη χώρα εισαγωγής έως ότου τα προϊόντα της καταστούν ακριβότερα από τα αντίστοιχα της χώρας εισαγωγής. Τότε θα μπει σε λειτουργία η αντίστροφη διαδικασία που θα οδηγήσει σε ισορροπία με βάση το συγκριτικό πλεονέκτημα.

Στην ανάλυση των εμπορικών συναλλαγών, ένας δείκτης συγκριτικού πλεονεκτήματος έχει

σκοπό τη μέτρηση της εξειδίκευσης μιας χώρας. Αυτή είναι μια ένδειξη τρόπου με τον οποίο μια χώρα κατανέμει τους πόρους της στους διάφορους οικονομικούς κλάδους. Η συμβολή οποιουδήποτε προϊόντος ή βιομηχανίας στο θεωρητικό επίπεδο της εξειδίκευσης πρέπει να διαχωρίζεται από τη επίδραση του οικονομικού κύκλου και των αλλαγών του εμπορίου. Ο δείκτης Revealed Comparative Advantage (RCA) μετρά το συγκριτικό πλεονέκτημα της χώρας. Ο εν λόγω δείκτης συγκρίνει το ποσοστό ενός κλάδου στις συνολικές εξαγωγές της χώρας με το ποσοστό αυτού του κλάδου στις συνολικές παγκόσμιες εξαγωγές. Σύμφωνα με αυτόν το δείκτη καταρτίστηκε ο πίνακας ΙΙΙ, που παρατίθεται στη συνέχεια. Για τιμές του κλάδου μεγαλύτερες της μονάδας, ο RCA δείχνει ότι η χώρα έχει εξειδίκευση στον κλάδο και το αντίστροφο.

Από τα στοιχεία του πίνακα ΙΙΙ προκύπτει ότι η Ελλάδα σε σχέση με τις 10 ΧΚΑΕ έχει σημαντική εξειδίκευση στα επεξεργασμένα τρόφιμα, στα φρέσκα φρούτα, στον καπνό, το βαμβάκι και το ελαιόλαδο. Ο δείκτης RCA για τα επεξεργασμένα τρόφιμα για την Ελλάδα είναι 3,28 και για φρέσκα φρούτα 3,46, ενώ στις ΧΚΑΕ είναι μικρότερος και σε 5 χώρες είναι μικρότερος από τη μονάδα. Η μοναδική χώρα που βρίσκεται σε εγγύτητα με το δείκτη της Ελλάδας στους δυο αυτούς κλάδους είναι η Βουλγαρία. Η μικρή σχετικά προστιθέμενη αξία των αγροτικών προϊόντων που εξάγονται δίνεται από το δείκτη για το κλάδο των φρέσκων φρούτων που είναι μεγαλύτερος από τα τον αντίστοιχο των επεξεργασμένων προϊόντων. Ο δείκτης RCA για το ελληνικό βαμβάκι (συμπεριλαμβάνει όλα τα προϊόντα, εκκοκκισμένο βαμβάκι, νήματα κ.ά.) και το ελληνικό ελαιόλαδο είναι 26,8 και 71,5 αντίστοιχα, ενώ για τα προϊόντα των ΧΚΑΕ είναι ιδιαίτερα μικρός λόγω της περιορισμένης καλλιέργειας των εν λόγω προϊόντων στις χώρες αυτές. Έτσι, υπό τις παρούσες συνθήκες, η πρόβλεψη των εμπορικών πλεονασμάτων δεν μπορεί να είναι ευνοϊκή.

Τα αγροτο-διατροφικά προϊόντα κατέχουν πολύ σημαντική θέση στο διεθνές εμπόριο της Ελλάδας. Καλύπτουν το 30% των συνολικών εξαγωγών και το 20% των εισαγωγών. Το ισοζύγιο είναι αρνητικό τα τελευταία 10 χρόνια τόσο με την Ε.Ε. όσο και με τις ΧΚΑΕ.

Τα οπωροκηπευτικά εξακολουθούν να συνεισφέρουν το 35%-40% της αξίας των εξαγωγών, ε-

Πίνακας III. Ο δείκτης RCA για την Ελλάδα και τις ΧΚΑΕ (2001)**Table III.** RCA factor for the Greece and Central-East European Countries (2001)

ΑΓΡΟΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΕΛΛ.	ΒΟΥΛ.	ΠΟΛ	ΤΣΕΧ.	ΕΣΘ.	ΟΥΓΓ.	ΛΕΤ.	ΛΙΘ.	ΡΟΥΜ.	ΣΛΟ- ΒΑΚ.	ΣΛΟ- ΒΕΝ.
ΕΠΕΞΕΡ. ΤΡΟΦΙΜΑ	3,28	2,48	1,27	0,66	1,37	0,82	1,70	2,48	0,32	0,64	0,79
ΦΡΕΣΚΑ ΦΡΟΥΤΑ	3,46	1,24	0,74	0,34	1,15	1,15	0,51	1,24	0,64	0,26	0,21
ΥΦΑΣΜΑΤΑ	1,54	2,11	0,90	1,55	1,73	0,48	2,30	2,11	0,82	1,05	1,38
ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ	0,40	2,39	2,04	1,34	4,25	0,82	11,38	2,39	1,74	2,13	2,35
ΗΛΕΚΤΡ. ΜΗΧΑΝ. ΕΥΡΕΙΑΣ ΚΑΤΑΝ.	0,32	0,21	0,36	0,64	2,03	2,06	0,09	0,21	0,36	0,27	0,21
ΧΗΜΙΚΑ	0,89	0,83	0,72	0,77	0,55	0,65	0,58	0,83	0,52	0,85	1,24
ΒΑΜΒΑΚΙ	26,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ	71,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΓΑΛΑΚΤΟΚΟ- ΜΙΚΑ & ΑΥΓΑ	2,58	1,69	2,48	1,44	3,99	0,85	3,99	8,33	0,18	1,04	1,16
ΚΡΕΑΣ (ΣΥΝΟΛΙΚΑ)	0,18	1,71	1,38	0,92	0,91	1,63	0,31	0,28	0,25	0,10	1,24
ΚΑΠΝΟΣ	10,16	4,51	0,71	0,82	0,025	0,074	4,71	2,11	0,28	-	0,67

Πηγή: Υπολογισμοί των συγγραφέων, 2001

νώ καπνά, βαμβάκι, σκληρό σιτάρι, ελαιόλαδο μοιράζονται ισόποσα το 40%-50%. Το μεγαλύτερο μέρος των προϊόντων αυτών πωλείται χύδη, χωρίς επωνυμίες και ο μεγάλος πελάτης της ελληνικής γεωργίας είναι η ιταλική βιομηχανία τροφίμων που διακινεί με δικές της επωνυμίες ελληνικά προϊόντα (ελαιόλαδο, σκληρό σιτάρι, βιομηχανική ντομάτα, βρώσιμες ελιές κλπ). Με τον ίδιο τρόπο εμπορεύονται στην παγκόσμια αγορά και οι κομπόστες φρούτων, στις οποίες η ελληνική βιομηχανία είναι πρωτοπόρος. Σε ότι αφορά τις εισαγωγές, τα κυριότερα προϊόντα ενδοκοινοτικής προέλευσης είναι τα γαλακτοκομικά προϊόντα και το κρέας. Το εξωτερικό εμπόριο της Ελλάδος στα αγροτικά προϊόντα αδυνατεί να προωθήσει επώνυμα προϊόντα στα μεγάλα εμπορικά κέντρα. Η εγχώρια κτηνοτροφία και η γαλακτοκομία δεν επαρκούν να ικανοποιήσουν τη ζήτηση της συνεχώς διευρυνόμενης αγοράς, με αποτέλεσμα, το έλλειμμα να καλύπτεται με εισαγωγές κρεάτων και γαλακτοκομικών προϊόντων από τις χώρες της Ε.Ε. αλλά και από τις ΧΚΑΕ, όπως Ουγγαρία, Τσεχία και Πολωνία. Η διάρθρωση

της γεωργίας των ΧΚΑΕ δεν είναι ανταγωνιστική με εκείνη της Ελλάδας, εκτός από τις περιπτώσεις του καπνού με τη Βουλγαρία. Αλλά και η επίπτωση αυτή φαίνεται να μειώνεται γιατί η Βουλγαρία θα ενταχθεί σε μεταγενέστερο στάδιο. Η ένταξη των ΧΚΑΕ στην Ε.Ε μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση των εξαγωγών της Ελλάδος, φυσικά με τις προϋποθέσεις, που αναφέρονται παρακάτω, πλέον του γεγονότος της μη μεταφοράς αγροτο-διατροφικών βιομηχανιών από της Ελλάδα στις χώρες αυτές, λόγω του συγκριτικού γεωγραφικού και κοστολογικού πλεονεκτήματος (κοντά στις μεγάλες αγορές της Ευρώπης, μικρό εργατικό κόστος κλπ).

Η ένταξη των ΧΚΑΕ στην Ε.Ε. μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση των εξαγωγών της Ελλάδος, φυσικά με τις προϋποθέσεις, που αναφέρονται παρακάτω, πλέον του γεγονότος της μη μεταφοράς αγροτο-διατροφικών βιομηχανιών από την Ελλάδα στις χώρες αυτές, λόγω του συγκριτικού γεωγραφικού και κοστολογικού πλεονεκτήματος (κοντά στις μεγάλες αγορές της Ευρώπης, μικρό εργατικό κόστος κλπ).

Η ανταγωνιστικότητα είναι το σημαντικότερο πρόβλημα της εμπορίας των αγροτικών προϊόντων της Ελλάδας. Το σημαντικότερο πρόβλημα δεν είναι μόνο το κόστος παραγωγής αλλά η εμπορία, η ποιότητα, η οργάνωση της προσφοράς στο χρόνο και τον τόπο και η ομαλή διακίνηση σε όλη την έκταση της αγροτο-διατροφικής αλυσίδας (Crawford, 1997). Το κόστος παραγωγής είναι ένας σημαντικός παράγων, αλλά ο σημαντικότερος είναι η ανάδειξη και η καθιέρωση στις αγορές της Δυτικής Ευρώπης αλλά και σε αυτές των νέων μελών της Ε.Ε. των Ελληνικών αγροτικών προϊόντων, ώστε να συμβάλλει στην αύξηση του πλούτου της χώρας (Loizou et al., 1997).

Οι κυριότεροι λόγοι της χαμηλής ανταγωνιστικότητας των προϊόντων του αγροτικού τομέα της Ελλάδας είναι: (α) η ανισομερής στήριξη της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής στα προϊόντα, (β) η ποιότητα και η διάθεση των προϊόντων στις διεθνείς αγορές και (γ) η αλλαγή στους όρους της εμπορίας

Η ανάλυση που προηγήθηκε έχει δείξει ότι οι εξαγωγές προϊόντων πρωτογενούς παραγωγής προς τις ΧΚΑΕ είναι σε πολύ χαμηλό επίπεδο. Αυτό οφείλεται και σ' έναν άλλον παράγοντα που είναι το χαμηλό επίπεδο της αγοραστικής δύναμης των χωρών αυτών (OECD, 1996).

5. Μεθοδολογία

Ακολούθως εξετάζεται η εξέλιξη του εμπορίου της Ελλάδας με τις ΧΚΑΕ, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να αναδειχθούν οι ιδιαιτερότητες των συναλλαγών αυτών. Τα δεδομένα αναφέρονται στις εισαγωγές και στις εξαγωγές των σημαντικότερων αγροτικών προϊόντων, εκφρασμένων σε αξίες, για τη χρονική περίοδο 1994-2002. Η μικρή εξεταζόμενη περίοδος δεν επέτρεπε μια περισσότερο αξιόπιστη οικονομετρική ανάλυση των τάσεων που διαμορφώνονται. Για το λόγο αυτό, επιχειρήθηκε μια διαφορετική προσέγγιση με την έννοια της ταξινόμησης των 10 χωρών, (α) ως προς τη σημασία τους στο εμπόριο των επιλεγμένων προϊόντων με την Ελλάδα καθώς και (β) ως προς τη διαχρονική εξέλιξη των εισαγωγών και εξαγωγών με την Ελλάδα.

Με βάση τα παραπάνω, τα δεδομένα που επεξεργάστηκαν αφορούν στις εισαγωγές 12 προϊόντων και στις εξαγωγές 21 προϊόντων για 9 χρόνια, δηλαδή 33 μεταβλητές ανά χώρα. Η επιλογή των προϊόντων βασίστηκε στο κριτήριο της σχετικής σημασίας στο σύνολο των εισαγωγών ή εξαγωγών,

απορρίπτοντας όλα τα προϊόντα που δε συμβάλουν σημαντικά στο εξωτερικό εμπόριο της Ελλάδας με τις ΧΚΑΕ είτε ως προς τις εισαγωγές είτε ως προς τις εξαγωγές. Ο μεγάλος όγκος δεδομένων επιβεβαιώνει τη χρήση της γνωστής μεθόδου ανάλυσης δεδομένων, της παραγοντικής ανάλυσης, η οποία επιτρέπει τη συμπύκνωση των αρχικών δεδομένων σε περιορισμένο αριθμό συνθετικών μεταβλητών οι οποίες αποτελούν τους παραγοντικούς άξονες.

Σε πρώτη φάση, εξετάστηκε η χρονική σειρά των εισαγωγών και εξαγωγών ανά επιλεγμένο προϊόν για τις 10 χώρες, δημιουργώντας διαγράμματα που αφορούν την εξέλιξη κάθε προϊόντος σε κάθε χώρα. Συνολικά, διαμορφώθηκαν 33 διαγράμματα που αντανakλούν τη χρονική εξέλιξη των επιλεγμένων εισαγωγών και εξαγωγών από και προς τις 10 εξεταζόμενες χώρες. Η στατιστική αυτή ανάλυση οδήγησε σε μια κωδικοποίηση της κάθε αρχικής μεταβλητής. Η κωδικοποίηση αντανακλά τόσο το σχετικό βάρος του προϊόντος για κάθε εξεταζόμενη χώρα στο εξωτερικό εμπόριο της με την Ελλάδα όσο και η βασική τάση του εμπορίου του προϊόντος για τη συγκεκριμένη χώρα κατά την εξεταζόμενη περίοδο. Η κωδικοποίηση διαμορφώθηκε ως εξής: (+2)=έντονη αυξητική τάση εμπορικών συναλλαγών, (+1)=ασθενή αυξητική τάση ή σταθερή θετική τάση, (0)=σταθερή τάση ή καμιά συναλλαγή, (-1)=ασθενή πτωτική τάση ή έντονη μεταβλητότητα της τάσης και (-2)=έντονη πτωτική τάση. Οι μεταβλητές που περιλαμβάνονται στην παραγοντική ανάλυση περιγράφονται στον πίνακα IV που ακολουθεί:

Σε δεύτερη φάση, με βάση τις επιλεγμένες μεταβλητές, η Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες (ΑΚΣ) εφαρμόστηκε ξεχωριστά για τις εισαγωγές και τις εξαγωγές με αποτέλεσμα τη δημιουργία: (α) τεσσάρων συνθετικών μεταβλητών για τις εισαγωγές και (β) πέντε συνθετικών μεταβλητών για τις εξαγωγές. Η προβολή των συντεταγμένων των μεταβλητών και των χωρών στους κύριους άξονες επέτρεψε την ταξινόμηση και τη συσχέτιση των χωρών με τα κυριότερα αγροτικά προϊόντα του εξωτερικού εμπορίου των ΧΚΑΕ με την Ελλάδα.

6. Αποτελέσματα

Η ανάλυση των κύριων συνιστωσών έχει ως στόχο να αποκαλύψει τις υπάρχουσες συσχετίσεις μεταξύ των αρχικών μεταβλητών, δημιουργώντας νέες συνθετικές μεταβλητές. Η συσχέτιση αυτή γίνεται

Πίνακας IV. Περιγραφή μεταβλητών παραγοντικής ανάλυσης (m:εισαγωγές και x:εξαγωγές)
Table IV. Variable description of factor analysis (m: imports and x: exports)

m01_02	Βοοειδή ζωντανά
m01_04	Προβατοειδή και αιγοειδή, ζωντανά
m02_02	Κρέατα βοοειδών, κατεψυγμένα
m04_06	Τυριά και πηγμένο γάλα για τυρί
m07_03	Κρεμμύδια, ασκαλώνια, σκόρδα, πράσα και άλλα λαχανικά του γένους Allium, νωπά ή διατηρημένα με απλή ψύξη
m07_10	Λαχανικά, άβραστα ή βρασμένα στο νερό ή στον ατμό, κατεψυγμένα
m07_13	Όσπρια ξερά, χωρίς λοβό, έστω και ξεφλουδισμένα ή σπασμένα
m17_01	Ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο ή από τεύτλα και ζαχαρόζη χημικώς καθαρή, σε στερεή κατάσταση
m20_01	Λαχανικά, καρποί και φρούτα και άλλα βρώσιμα μέρη φυτών, παρασκευασμένα ή διατηρημένα με ξίδι ή οξικό οξύ
m24_01	Καπνά ακατέργαστα ή που δεν έχουν βιομηχανοποιηθεί. Απορρίμματα καπνού
m52_03	Βαμβάκι,
m22_04a	Κρασιά από νωπά σταφύλια, στα οποία περιλαμβάνονται και τα εμπλουτισμένα με αλκοόλη, και ο μούστος σταφυλιών του οποίου η ζύμωση εμποδίστηκε με προσθήκη αλκοόλης, σε δοχεία με περιεχόμενο ≤ 2 (εκτός από κρασιά αφρώδη)
x02_02	Κρέατα βοοειδών, κατεψυγμένα
x02_03	Κρέατα χοιροειδών, νωπά, διατηρημένα με απλή ψύξη ή κατεψυγμένα
x02_07	Κρέατα και παραπροϊόντα βρώσιμα σφαγίων πουλερικών κατοικίδιων "πετεινού, κότας, πάπιας, χήνας, γάλου, γαλοπούλας και φραγκόκοτας", νωπά, διατηρημένα με απλή ψύξη ή κατεψυγμένα
x04_06	Τυριά και πηγμένο γάλα για τυρί
x07_01	Πατάτες, νωπές ή διατηρημένες με απλή ψύξη
x07_02	Ντομάτες, νωπές ή διατηρημένες με απλή ψύξη
x07_07	Αγγούρια και αγγουράκια, νωπά ή διατηρημένα με απλή ψύξη
x07_09	Λαχανικά, νωπά ή διατηρημένα με απλή ψύξη (εκτός από πατάτες, ντομάτες, λαχανικά του γένους Allium, προϊόντα του γένους Brassica, μαρούλια του είδους Lactuca sativa και του γένους Cichorium, καρότα, γογγύλια, κοκκινογούλια
x08_05	Εσπεριδοειδή, νωπά ή ξερά
x08_06	Σταφύλια, νωπά ή ξερά
x08_07	Πεπόνια, στα οποία περιλαμβάνονται και τα καρπούζια, και καρποί παπάγιας, νωπά
x08_09	Βερίκοκα, κεράσια, ροδάκινα, στα οποία περιλαμβάνονται και τα brugnons και nectarines, δαμάσκηνα και αγριοδαμάσκηνα, νωπά
x08_10	Φράουλες, σμέουρα, βατόμουρα, φραγκοστάφυλα κάθε είδους, λαγοκέρασα και άλλοι καρποί και φρούτα βρώσιμα, νωπά (εκτός από καρπούς με κέλφος, μπανάνες, χουρμάδες, σύκα, ανανάδες, καρποί αβοκάντο, γκουάβες, καρποί μάγγο, μαγγούστες, καρποί παπάγιας,
x20_01	Λαχανικά, καρποί και φρούτα και άλλα βρώσιμα μέρη φυτών, παρασκευασμένα ή διατηρημένα με ξίδι ή οξικό
x20_02	Ντομάτες παρασκευασμένες ή διατηρημένες χωρίς ξίδι ή οξικό οξύ

x20_09	Χυμοί φρούτων, στους οποίους περιλαμβάνεται και ο μούστος σταφυλιών, ή λαχανικών, που δεν έχουν υποστεί ζύμωση, χωρίς προσθήκη αλκοόλης, με ή χωρίς προσθήκη ζάχαρης ή άλλων γλυκαντικών
x24_01	Καπνά ακατέργαστα ή που δεν έχουν βιομηχανοποιηθεί. Απορρίμματα καπνού
x15_09	Ελαιόλαδο και τα κλάσματά του, που λαμβάνονται αποκλειστικά από ελιές με τη χρήση μηχανικών ή φυσικών μέσων υπό συνθήκες που δεν προκαλούν αλλοίωση του ελαίου, έστω και εξευγενισμένα, αλλά χημικώς μη μετασχηματισμένα
x22_04	Κρασιά από νωπά σταφύλια, στα οποία περιλαμβάνονται και τα εμπλουτισμένα με αλκοόλη κρασιά, και μούστος σταφυλιών του οποίου η ζύμωση εμποδίστηκε ή σταμάτησε με προσθήκη αλκοόλης, σε δοχεία με περιεχόμενο ≤ 21 (εκτός από κρασιά αφρώδη)
x20_01a	Ελιές, παρασκευασμένες ή διατηρημένες με ξίδι ή οξικό οξύ
x20_05	Ελιές, παρασκευασμένες ή διατηρημένες χωρίς ξίδι ή οξικό οξύ, μη κατεψυγμένες, σε άμεσες συσκευασίες καθαρού περιεχομένου που δεν υπερβαίνει τα 5 kg

με την προβολή σε κατανοητούς χώρους των συντεταγμένων των μεταβλητών και ατόμων. Δεδομένου ότι, οι αρχικές μεταβλητές έχουν την ίδια μονάδα μέτρησης δεν είναι απαραίτητο να υπολογιστούν οι τυπικές τιμές, δηλαδή να γίνει κεντροποίηση και ομογενοποίηση των δεδομένων.

Όπως προκύπτει από τον πίνακα V που ακολου-

διαμορφώνεται στη βάση των 11 μεταβλητών και των 10 χώρων. Ο μεν πρώτος άξονας αντανακλά το 43,5% και διέρχεται από το σημείο κέντρο βάρους του νέφους και έχει διεύθυνση παράλληλη της μεγαλύτερης διασποράς του νέφους. Ο δε δεύτερος λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο και αντανακλά το 27,1% του νέφους.

Πίνακας V. Ιδιοτιμές και ποσοστό αδράνειας των παραγοντικών αξόνων
Table V. Eigenvalues and inactivity values of factor axes

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ	Ιδιοτιμές	Ποσοστό αδράνειας	Αθροιστική αδράνεια
1	5,223	43,5%	43,5%
2	3,261	27,2%	70,7%
3	2,152	17,9%	88,6%
4	1,111	9,3%	97,9%
5	0,226	1,9%	99,8%
6	0,028	0,2%	100%

θεί, η εξαγωγή αξόνων είναι ιεραρχημένη κατά φθίνουσα σειρά ως προς το ποσοστό απόδοσης της αρχικής πληροφορίας από κάθε συνθετική μεταβλητή, δηλαδή το ποσοστό αδράνειας που «καταναλώνει» ο κάθε παραγοντικός άξονας. Το βασικό κριτήριο για την τελική επιλογή των συνθετικών μεταβλητών (άξονες) δίνεται από τις ιδιοτιμές (eigenvalues) που έχουν τιμή μεγαλύτερη από τη μονάδα. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό, τέσσερις είναι οι σημαντικοί άξονες για τις εισαγωγές.

Οι άξονες αυτοί αντανακλούν το 97,9% της συνολικής αδράνειας δηλαδή της συνολικής πληροφορίας που περιλαμβάνει το αρχικό νέφος όπως αυτό

Επομένως, το συνολικό ποσοστό αδράνειας που εκφράζεται από τους δύο πρώτους άξονες (πλάνο X, Y) ανέρχεται 70,7%, ποσοστό εξαιρετικά ικανοποιητικό. Οι δύο επόμενοι άξονες έχουν και αυτοί μια σχετική συμβολή στην ερμηνεία του συνολικού νέφους εφόσον εξηγούν το 17,9% και 9,3% αντίστοιχα.

Η συσχέτιση των αρχικών μεταβλητών με τους άξονες μπορεί να εξεταστεί μέσω των προβολών των συντεταγμένων αυτών των μεταβλητών στους επιλεγμένους άξονες καθώς και με βάση τις σχετικές συμμετοχές των αρχικών μεταβλητών στην αδράνεια του κάθε άξονα.

Πίνακας VI. Προβολές των μεταβλητών στους κύριους παραγοντικούς άξονες
Table VI. Variables setting off on the main factor axes

ΠΡΟΪΟΝΤΑ		ΑΞΟΝΕΣ			
		1	2	3	4
m01_02	Βοοειδή ζωντανά	0,802	-0,487	-0,105	0,268
m01_04	Προβατοειδή και αιγοειδή, ζωντανά	0,793	0,244	-0,542	0,116
m02_02	Κρέατα βοοειδών, κατεψυγμένα	-0,383	0,747	0,321	0,262
m04_06	Τυριά και πηγμένο γάλα για τυρί	0,951	0,002	-0,007	0,301
m07_03	Κρεμμύδια, ασκαλώνια, σκόρδα, πράσα και άλλα λαχανικά, νωπά ή διατηρημένα με απλή ψύξη	-0,856	0,073	-0,440	0,257
m07_10	Λαχανικά, νωπά ή βρασμένα ή κατεψυγμένα	-0,443	-0,649	0,506	0,355
m07_13	Όσπρια ξερά, χωρίς λοβό, έστω και ξεφλουδισμένα ή σπασμένα	0,424	0,841	0,163	0,259
m17_01	Ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο ή από τεύτλα και ζαχαρόζη χημικώς καθαρή	0,069	0,931	-0,202	0,257
m20_01	Λαχανικά, καρποί και φρούτα και άλλα βρώσιμα μέρη φυτών, παρασκευασμένα ή διατηρημένα με ξίδι ή οξικό οξύ	-0,856	0,073	-0,440	0,257
m24_01	Καπνά ακατέργαστα ή που δεν έχουν βιομηχανοποιηθεί. Απορρίμματα καπνού	-0,231	-0,582	-0,572	0,519
m52_03	Βαμβάκι,	-0,665	0,098	0,674	0,266
m22_04	Κρασιά	0,749	-0,228	0,502	0,365

Πίνακας VII. Ποσοστιαία συμμετοχή των μεταβλητών στη διαμόρφωση των αξόνων
Table VII. Variables participation on the axes configuration

ΠΡΟΪΟΝΤΑ		ΑΞΟΝΕΣ			
		1	2	3	4
m01_02	Βοοειδή ζωντανά	18,1	3,3	3,8	1,7
m01_04	Προβατοειδή και αιγοειδή, ζωντανά	5,0	2,2	24,3	0,5
m02_02	Κρέατα βοοειδών, κατεψυγμένα	2,0	22,3	5,0	0,5
m04_06	Τυριά και πηγμένο γάλα για τυρί	19,8	0,9	6,0	0,1
m07_03	Κρεμμύδια, ασκαλώνια, σκόρδα, πράσα και άλλα λαχανικά, νωπά ή διατηρημένα με απλή ψύξη	13,5	0,5	1,1	21,5
m07_10	Λαχανικά, νωπά ή βρασμένα ή κατεψυγμένα	0,4	5,7	24,6	4,5
m07_13	Όσπρια ξερά, χωρίς λοβό, έστω και ξεφλουδισμένα ή σπασμένα	2,1	27,8	1,2	3,6
m17_01	Ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο ή από τεύτλα και ζαχαρόζη χημικώς καθαρή	0,5	30,5	2,9	0,0
m20_01	Λαχανικά, καρποί και φρούτα και άλλα βρώσιμα μέρη φυτών, παρασκευασμένα ή διατηρημένα με ξίδι ή οξικό οξύ	13,5	0,5	1,1	21,5
m24_01	Καπνά ακατέργαστα ή που δεν έχουν βιομηχανοποιηθεί. Απορρίμματα καπνού	0,0	4,3	0,1	45,1
m52_03	Βαμβάκι,	1,3	1,9	29,3	0,0
m22_04	Κρασιά	23,9	0,0	0,6	1,1

Από τους παραπάνω πίνακες VI και VII, προκύπτει ότι οι δύο πρώτοι από τους βασικούς άξονες αντιπροσωπεύουν στο 71% της συνολικής αδράνειας και ερμηνεύονται ως εξής:

- ο πρώτος άξονας συσχετίζεται με τις εισαγωγές σε βοοειδή ζωντανά ζώα, γαλακτοκομικά προϊόντα και κρασιά.

- ο δεύτερος άξονας συσχετίζεται με τις κατηγορίες εισαγωγών: τη ζάχαρη, τα όσπρια και τα κρέατα

- ο τρίτος άξονας αφορά εισαγωγές σε βαμβάκι και επεξεργασμένα λαχανικά και ζωντανά προβατοειδή.

- τέλος, ο τέταρτος άξονας αφορά κυρίως το καπνό και σε δεύτερο βαθμό τα νωπά λαχανικά.

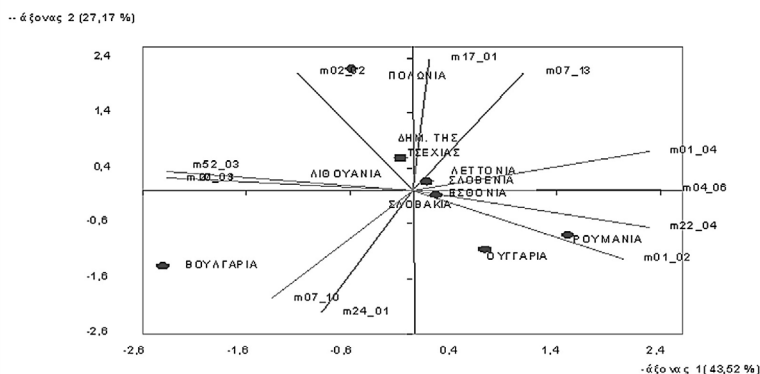
Η προβολή των μεταβλητών και των χωρών στο πρώτο πλάνο που αποτελείται από τους δύο σημαντικότερους άξονες παριστάνονται στο γράφημα I. Η διπλή αυτή προβολή (μεταβλητών και χωρών) αναδεικνύει το κυρίαρχο ρόλο τεσσάρων από τις 10 εξετα-

ζόμενες χώρες: η Ρουμανία και Ουγγαρία για τις εισαγωγές ζωντανών ζώων και κρασιού, η Βουλγαρία ειδικά για ορισμένα λαχανικά και για το καπνό και η Πολωνία για κρέατα και ζάχαρη. Οι υπόλοιπες χώρες έχουν ασήμαντη σημασία όσον αφορά τις εισαγωγές με μια σχετική όμως διαφοροποίηση της Δημοκρατίας της Τσεχίας από την οποία γίνονται εισαγωγές καταψυγμένων κρεάτων.

Η ανάλυση των εξαγωγών βασίζεται στην ίδια μεθοδολογία όπως παρουσιάστηκε στη προηγούμενη για τις εισαγωγές. Βασική διάφορα είναι ο αριθμός αρχικών μεταβλητών. Σε σχέση με τις εισαγωγές, οι εξαγωγές της Ελλάδας προς τις 10 χώρες ΧΚΑΕ είναι σημαντικά πιο διαφοροποιημένες και αυτό αποτελεί σχετικό εμπόδιο για την ποιότητα της ανάλυσης. Ήταν όμως αδύνατο, με βάση το επιλεγμένο επίπεδο κατηγοριοποίησης των προϊόντων και τα κριτήρια επιλογής, να μη λαμβάνεται υπόψη ορισμένα από αυτά τα προϊόντα. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ως το αποτέλεσμα της μεγαλύτερης διακύμανσης αυτών των μεταβλητών σε σχέση με τις πρώ-

τες. Για το λόγο αυτό, επιχειρήθηκε μια ανάλυση κυρίων συνιστωσών με σκοπό την ανάδειξη ορισμένων τάσεων.

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα VIII, πέντε είναι οι σημαντικοί άξονες οι οποίοι αντανakλούν το 94% της συνολικής αδράνειας, δηλαδή της συνολικής πληροφορίας που περιλαμβάνει το αρχικό νέφος όπως αυτό διαμορφώνεται στη βάση των 22 μεταβλητών και των 10 χωρών. Ο μιν πρώτος άξονας αντανakλά το 27,7% και διέρχεται από τα σημείο κέντρο βάρους του νέ-



Γράφημα I. Προβολή των μεταβλητών και των χωρών (2 άξονες, εισαγωγές)
Figure I. Country and Variable setting off (2 axes, imports)

Πίνακας VIII. Ιδιοτιμές και ποσοστό αδράνειας των παραγοντικών αξόνων
Table VIII. Eigenvalues and inactivity values of factor axes

ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ	Ιδιοτιμές	Ποσοστό αδράνειας	Αθροιστική αδράνεια
1	7,851	37,4%	37,4%
2	4,705	22,4%	59,8%
3	3,296	15,7%	75,5%
4	2,425	11,5%	87,0%
5	1,472	7,0%	94,0%
6	0,926	4,4%	98,4%
7	0,248	1,2%	99,6%
8	0,078	0,4%	100,0%

φους και έχει διεύθυνση παράλληλη της μεγαλύτερης διασποράς του νέφους. Ο δε δεύτερος λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο και αντανακλά σχεδόν το ίδιο ποσοστό (26,1% του νέφους). Επομένως, το συνολικό ποσοστό αδράνειας που εκφράζεται από τους δύο πρώτους άξονες (πλάνο X, Y) ανέρχεται 53,8%,

ποσοστό αρκετά ικανοποιητικό. Οι τρεις επόμενοι άξονες έχουν και αυτοί μια σχετική συμβολή στην ερμηνεία του συνολικού νέφους εφόσον εξηγούν το 16,2%, 14,1% και 9,8% αντίστοιχα.

Η συσχέτιση των αρχικών μεταβλητών με τους άξονες μπορεί να εξεταστεί μέσω της προβολής των

Πίνακας ΙΧ. Προβολές των μεταβλητών στους κύριους παραγοντικούς άξονες
Table IX. Variables setting off on the main factor axes

	ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΑΞΟΝΕΣ				
		1	2	3	4	5
X02_02	Κρέατα βοοειδών, κατεψυγμένα	0,083	-0,949	0,113	0,088	0,241
X02_03	Κρέατα χοιροειδών, νωπά, διατηρημένα με απλή ψύξη ή κατεψυγμένα	0,259	-0,133	0,263	0,246	0,875
X02_07	Κρέατα και παραπροϊόντα βρώσιμα σφαγίων πουλερικών κατοικίδιων "πετεινού, κότας, πάπιας, χήνας, γάλου, γαλοπούλας και φραγκόκοτας", νωπά, διατηρημένα με απλή ψύξη ή κατεψυγμένα	0,400	-0,667	0,075	0,453	-0,427
X04_06	Τυριά και πηγμένο γάλα για τυρί	0,748	-0,045	0,065	0,442	0,303
X07_01	Πατάτες, νωπές ή διατηρημένες με απλή ψύξη	-0,892	0,180	0,095	-0,179	0,212
X07_02	Ντομάτες, νωπές ή διατηρημένες με απλή ψύξη	-0,930	0,203	0,187	-0,103	0,177
X07_07	Αγγούρια και αγγουράκια, νωπά ή διατηρημένα με απλή ψύξη	0,232	-0,133	0,157	0,938	0,056
X07_09	Λαχανικά, νωπά ή διατηρημένα με απλή ψύξη	-0,145	0,862	-0,392	-0,044	-0,200
X08_05	Εσπεριδοειδή, νωπά ή ξερά	-0,783	0,567	0,084	0,137	-0,186
X08_06	Σταφύλια, νωπά ή ξερά	-0,970	-0,060	0,022	-0,205	-0,027
X08_07	Πεπόνια, στα οποία περιλαμβάνονται και τα καρπούζια, και καρποί παπάγιας, νωπά	-0,921	0,051	0,090	-0,071	-0,362
X08_09	Βερίκοκα, κεράσια, ροδάκινα, κλπ	-0,192	-0,291	0,895	-0,069	0,204
X08_10	Φράουλες, σμέουρα, βατόμουρα, φραγκοστάφυλα	-0,155	0,075	0,935	0,176	0,024
X20_01	Λαχανικά, καρποί και φρούτα και άλλα βρώσιμα μέρη φυτών, παρασκευασμένα ή διατηρημένα με ξίδι ή οξικό	-0,153	0,235	-0,416	-0,649	-0,335
X20_02	Ντομάτες παρασκευασμένες ή διατηρημένες χωρίς ξίδι ή οξικό οξύ	0,248	0,301	-0,124	0,860	-0,019
X20_09	Χυμοί φρούτων,	0,024	-0,860	-0,245	0,173	-0,024
X24_01	Καπνά ακατέργαστα ή που δεν έχουν βιομηχανοποιηθεί. Απορρίμματα καπνού	0,012	0,833	-0,406	0,154	-0,184
X15_09	Ελαιόλαδο και τα κλάσματά του,	-0,253	-0,495	-0,506	0,584	0,000
X22_04	Κρασιά	-0,627	-0,430	-0,028	-0,203	0,588
X20_01a	Ελιές, παρασκευασμένες ή διατηρημένες με ξίδι - οξικό οξύ	0,286	-0,743	-0,335	-0,131	-0,381
X20_05	Ελιές, παρασκευασμένες ή διατηρημένες χωρίς ξίδι ή οξικό οξύ, μη κατεψυγμένες, σε άμεσες συσκευασίες καθαρού περιεχομένου που δεν υπερβαίνει τα 5 kg	0,446	-0,557	-0,428	0,549	-0,015

Πίνακας X. Ποσοστιαία συμμετοχή των μεταβλητών στη διαμόρφωση των αξόνων
Table X. Variables participation on the axes configuration

	ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΑΞΟΝΕΣ				
		1	2	3	4	5
X02_02	Κρέατα βοοειδών, κατεψυγμένα	0,1	16,4	0,4	0,2	2,8
X02_03	Κρέατα χοιροειδών, νωπά, διατηρημένα με απλή ψύξη ή κατεψυγμένα	1,2	0,3	2,3	1,8	37,1
X02_07	Κρέατα και παραπροϊόντα βρώσιμα σφαγίων πουλερικών κατοικιδίων "πετεινού, κότας, πάπιας, χήνας, γάλου, γαλοπούλας και φραγκόκοτας", νωπά, διατηρημένα με απλή ψύξη ή κατεψυγμένα	2,8	8,1	0,2	6,0	8,8
X04_06	Τυριά και πηγμένο γάλα για τυρί	9,6	0,0	0,1	5,7	4,4
X07_01	Πατάτες, νωπές ή διατηρημένες με απλή ψύξη	13,7	0,6	0,3	0,9	2,2
X07_02	Ντομάτες, νωπές ή διατηρημένες με απλή ψύξη	14,9	0,8	1,2	0,3	1,5
X07_07	Αγγούρια και αγγουράκια, νωπά ή διατηρημένα με απλή ψύξη	0,9	0,3	0,8	25,8	0,2
X07_09	Λαχανικά, νωπά ή διατηρημένα με απλή ψύξη	0,4	13,5	5,2	0,1	1,9
X08_05	Εσπεριδοειδή, νωπά ή ξερά	10,6	5,9	0,2	0,5	1,7
X08_06	Σταφύλια, νωπά ή ξερά	16,2	0,1	0,0	1,2	0,0
X08_07	Πεπόνια, στα οποία περιλαμβάνονται και τα καρπούζια, και καρποί παπάγιας, νωπά	14,6	0,0	0,3	0,1	6,4
X08_09	Βερίκοκα, κεράσια, ροδάκινα, κλπ	0,6	1,5	27,0	0,1	2,0
X08_10	Φρούλες, σμέουρα, βατόμουρα, φραγκοστάφυλα κάθε είδους,	0,4	0,1	29,4	0,9	0,0
X20_01	Λαχανικά, καρποί και φρούτα και άλλα βρώσιμα μέρη φυτών, παρασκευασμένα ή διατηρημένα με ξίδι ή οξικό	0,4	1,0	5,8	12,3	5,4
X20_02	Ντομάτες παρασκευασμένες ή διατηρημένες χωρίς ξίδι ή οξικό οξύ	1,1	1,6	0,5	21,7	0,0
X20_09	Χυμοί φρούτων,	0,0	13,5	2,0	0,9	0,0
X24_01	Καπνά ακατέργαστα ή που δεν έχουν βιομηχανοποιηθεί. Απορρίμματα καπνού	0,0	12,6	5,5	0,7	1,6
X15_09	Ελαιόλαδο και τα κλάσματά του,	1,1	4,5	8,6	10,0	0,0
X22_04	Κρασιά	6,8	3,4	0,0	1,2	16,7
X20_01a	Ελιές, παρασκευασμένες ή διατηρημένες με ξίδι ή οξικό οξύ	1,4	10,1	3,8	0,5	7,0
X20_05	Ελιές, παρασκευασμένες ή διατηρημένες χωρίς ξίδι ή οξικό οξύ, μη κατεψυγμένες, σε άμεσες συσκευασίες καθαρού περιεχομένου που δεν υπερβαίνει τα 5 kg	3,4	5,7	6,2	8,8	0,0

συντεταγμένων αυτών των μεταβλητών στους επιλεγμένους άξονες καθώς και με βάση τις σχετικές συμμετοχές των αρχικών μεταβλητών στην αδράνεια του κάθε άξονα.

Με βάση τους δύο παραπάνω πίνακες XI και X, προκύπτει ότι οι δύο πρώτοι από τους βασικούς άξονες αντιστοιχούν περίπου στο 60% της συνολικής α-

δράνειας και ερμηνεύονται ως έξης:

- ο πρώτος άξονας συσχετίζεται με τις εξαγωγές φρούτων και νωπών λαχανικών

- ο δεύτερος άξονας συσχετίζεται με τις κατηγορίες εξαγωγών: κρέατα εκτός χοιροειδή, λαχανικά εκτός από πατάτες και ντομάτες, χυμοί, καπνά και ελιές. Σε αντίθεση με το πρώτο άξονα, δε συσχετίζε-

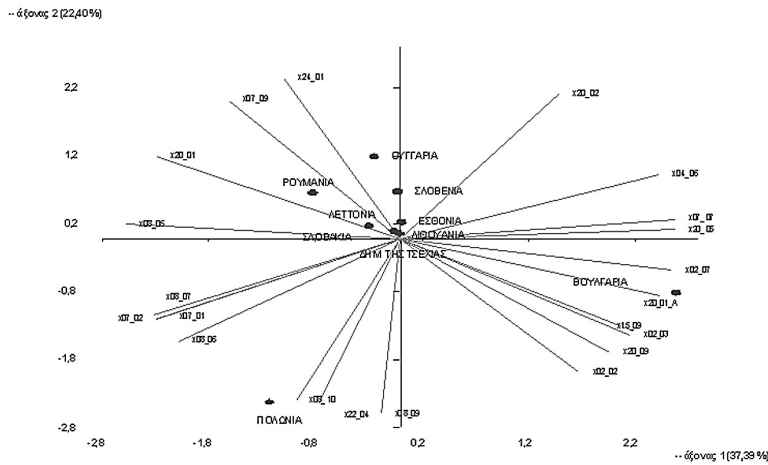
ται με εξειδικευμένες εξαγωγές σε συγκεκριμένα προϊόντα

- ο τρίτος άξονας αφορά εξαγωγές συγκεκριμένων φρούτων όπως βερίκοκα, κεράσια, ροδάκινα καθώς και φράουλες

- ο τέταρτος άξονας αφορά κυρίως διατηρημένα λαχανικά, ειδικά ντομάτες και αγγούρια

- τέλος, ο πέμπτος άξονας αφορά κρέατα χοιροειδών και σε πολύ μικρότερο βαθμό, κρασί

Η προβολή των μεταβλητών και των χωρών στο πρώτο πλάνο, που αποτελείται από τους δύο σημαντικότερους άξονες, παριστάνεται γραφικά στο γράφημα II που ακολουθεί.



Γράφημα II. Προβολή των μεταβλητών και των χωρών (2 άξονες, εξαγωγές)
Figure II. Country and Variable setting off (2 axes, exports)

Η διπλή αυτή προβολή (μεταβλητών και χωρών) αναδεικνύει το κυρίαρχο ρόλο δυο από τις 10 εξεταζόμενες χώρες: Πολωνία, Βουλγαρία, και η Ρουμανία, Ουγγαρία και Σλοβενία σε μικρότερο βαθμό. Οι υπόλοιπες χώρες έχουν ασήμαντη σημασία όσον αφορά τις εξαγωγές.

7. Συμπεράσματα-Προτάσεις

Από την ανάλυση που προηγήθηκε προκύπτει ότι η Ελλάδα είναι μια καθαρά εισαγωγική χώρα σε κτηνοτροφικά προϊόντα από τις ΧΚΑΕ ενώ οι εξαγωγές της αναφέρονται σε φρούτα και νωπά λαχανικά, καπνά, ελιές, βαμβάκι και καπνό. Επίσης, πέντε χώρες: Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Σλοβακία και Σλοβενία δεν έχουν σημαντική θέση στο εξωτερικό εμπόριο της Ελλάδας. Η Δημοκρατία της Τσεχίας εμφανίζεται κυρίως για τις εισαγωγές αλλά σε μικρό

βαθμό ενώ ο βασικός όγκος του εξωτερικού εμπορίου της Ελλάδας συσχετίζεται με τις υπόλοιπες τέσσερις χώρες, Βουλγαρία, Ρουμανία, Ουγγαρία και Πολωνία, με ειδική έμφαση στα κτηνοτροφικά προϊόντα τα οποία συμμετέχουν συστηματικά στη διαμόρφωση είτε του πρώτου (εισαγωγές) είτε του δεύτερου άξονα (εξαγωγές).

Από την δομή του εξαγωγικού εμπορίου της Ελλάδας προκύπτει ότι το καθαρά μεσογειακά προϊόντα που παράγονται στην Ελλάδα, λάδι και ελιές έχουν πολύ μικρή διεισδυτικότητα στις αγορές των ΧΚΑΕ. Αυτό οφείλεται κυρίως στις υψηλές γενικά τιμές των προϊόντων αυτών, στο χαμηλό επίπεδο αγοραστικής δύναμης και στις καταναλωτικές συνήθειες των πολιτών των χωρών αυτών.

Ο κύριος στόχος της ελληνικής γεωργίας είναι η βιωσιμότητα της σε μια ανεπτυγμένη ύπαιθρο. Ωστόσο, για να πραγματοποιηθεί ο στόχος αυτός θα πρέπει να επιτευχθούν ορισμένοι επιμέρους στόχοι όπως:

- η υψηλή ποιότητα των παραγομένων προϊόντων
- η αύξηση της προστιθέμενης αξίας των αγροτικών προϊόντων
- η αύξηση της ανταγωνιστικότητας
- ο προσανατολισμός της παραγωγής στη διεθνή αγορά
- η προσαρμογή της προσφο-

ράς των παραγομένων προϊόντων στην ζήτηση

- η προσαρμογή της παραγωγικής αντίληψης των αγροτών στην επιχειρηματική αντίληψη

- Η ανάπτυξη της εμπορίας των ελληνικών αγροτικών προϊόντων προς τις ΧΚΑΕ μπορεί να γίνει προς διάφορες κατευθύνσεις όπως είναι η μεταρρύθμιση του συστήματος της γαιοκτησίας και η βελτίωση της αποδοτικότητας της εμπορίας των αγροτικών προϊόντων

Ο στρατηγικός στόχος της Ελληνικής γεωργίας θα πρέπει να είναι, η δημιουργία επιχειρηματικών αγροτικών εκμεταλλεύσεων, οι οποίες θα παράγουν προϊόντα σύμφωνα με τη διεθνή ζήτηση, σε διεθνώς ανταγωνιστικές τιμές και η επέκταση των αγορών τουλάχιστον στις νέες χώρες-μέλη της Ε.Ε. των 25, που παρουσιάζουν μια σημαντική δυναμική ανάπτυξης των οικονομιών τους (Gavruchenko κ.α, 2003).

Trends and perspectives regarding the trade of agricultural products in Central and East European Countries

G. Theodosiou¹ and A. Michailidis¹

SUMMARY

Trade in agricultural products is of great significance for almost any EU country, including countries from Central-East Europe and Greece, since some countries are large exporters and others are very important importers. Moreover, taking into account the importance of agricultural products, as high-valued tradable commodities and the drastic increase of the world trade in agricultural products over the last decade, the study of current and future imports and exports patterns is extremely valuable. Thus, in this work export patterns for some agricultural products are probed, and probable trends are assessed utilizing descriptive statistics and employing the factor analysis procedure. Results clearly demonstrate past and current import and export patterns, the magnitude of year to year variations and anticipating trends for the whole European Market and especially for the Greek Market of agricultural products.

Key words: agricultural trade balance, trade factors, relative advantage, specialization, competitiveness

Βιβλιογραφία

- E.Σ.Υ.Ε. (2004). "Αναλυτικοί Πίνακες Δεδομένων", Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας, Αθήνα.
- Θεοδοσιού, Γ. (2006) «Η νέα διεύρυνση της ΕΕ και οι επιπτώσεις της στην Ελληνική Γεωργία» Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πολυτεχνική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Gavruchenko, T., Chatzitheodoridis, F., Baltas, G. and Hadjidakis, S. (2003). "Comparative Marketing Strategies for Organic Olive Oil: The case of Greece and Holland, Cahier Options Mediterranee, Vol. 61, pp. 247-256.
- Κότιος, Α. και Πετράκος, Γ. (2000). "Προς μια ολοκληρωμένη στρατηγική για την ανάπτυξη των Βαλκανίων", στο "Η ανάπτυξη των Βαλκανίων", επιμέλεια: Γ. Πετράκος, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας-Gutenberg, Βόλος, σελ. 459-509.
- Σκούτζος, Θ. (1997). "Οικονομική ανάπτυξη: Θεωρία και πρακτική", Εκδόσεις: Α. Σταμούλης, Αθήνα.
- Anderson, K. and Tyers, R. (1993). "Implication of Expansion for European Agricultural Policies, Trade and Welfare", Discussion Paper No 829, Centre for Economic Research, London.
- Boeri, T. and Brucker, H. (2001). "The impact of Eastern Enlargement on Employment and Labour market in the EU Member States", C.E.P.I.I. Document du travail no 2002-03.
- Crawford, I. M. (1997). "Agricultural and food Marketing Management", Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, 1997.
- Eurostat (2002). "Statistical yearbook on Candidate and South-East European Countries", Statistical Data: 1996-2000, European Commission, Yearbook 2002.69.
- Griffin, K. (1989). "Alternative Strategies for Economic development", St Martin's Press, New York.
- Loizou E., Mattas K., and Pagoulatos A. (1997). Macro-monetary Effects on Agricultural Prices: the Case of Greek Agriculture. Applied Economics Letters, Vol. 4, pp. 397-401.
- Melfou, K., Kavallaris, P. (1991) Profil der Agrarexport wirtschaft Griechenlands und der Tuerkei am Beispiel ausgewaehlter Branchen - Struktur und Anpassungsbedarf der Exportunternehmen in Griechenland, In EISENBACH, J. (Hrsq.): Griechenland und Tuerkei im Vorfeld des Europaeischen Binnenmarktes: Potential und Perspektiven des Agrarexports bei Zitrusfruechten, Rosinen und Tomatenmarkt, Schriften des Zentrums fuer Regionale Entwicklungsforschung der Justus-Liebig, Universitaet Giessen, Bd. 42, Hamburg 1991, pp. 46-90.
- O.E.C.D., (1996), "Agricultural Policies, Markets and Trade in Transition Economy, Monitoring and Evaluation", O.E.C.D., Paris.
- Petrakos, G. (1999). "The spatial impact of East-West integration in Europe" in Petrakos, G., Maier, G. and Gorzelak, G. (eds) "Integration and transition in Europe: the Economic Geography of Interaction", London: Routledge, pp. 38-68.
- Porter, M. (1990). "The Competitive Advantage of Nations" New York: The Free Press.

¹ Technological Education Institution of Western Macedonia, School of Agriculture, Department of Agr. Producer Marketing and Quality Control.

Ο ρόλος των ενδομυκορριζών στην πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων, νερού, βαρέων μετάλλων, στη δράση φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών και στη σύνθεση των φυτοκοινοτήτων

Σ. Κουκούλη¹ και Α. Μαμόλος¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συμβίωση φυτού και μύκητα είναι επωφελής για αμφότερους τους συνιστώντες οργανισμούς. Στην αμοιβαίως επωφελή αυτή σχέση το φυτό προμηθεύει υδατάνθρακες στο μύκητα ενώ ο μύκητας εντείνει την πρόσληψη από το φυτό ανόργανων θρεπτικών στοιχείων, ειδικά φωσφόρου, τα οποία προσλαμβάνει με μεγαλύτερη ευκολία από το έδαφος και προστατεύει το φυτό από παθογόνους μύκητες και τοξικά στοιχεία. Η επίδραση των μυκορριζικών μυκήτων τόσο στην ενυδάτωση των φυτικών ιστών είναι συχνά αμελητέα και βραχύβια όσο και στην πρόσληψη βαρέων μετάλλων εξαρτάται από το είδος του φυτού και του μύκητα. Ολοένα και περισσότεροι πληθυσμοί μυκορριζικών μυκήτων μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση της ζωτικότητας των μυκηλιακών υφών, συνεισφέροντας έτσι στην αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση των εδαφικών πόρων από μεγαλύτερο αριθμό φυτικών ειδών και στην αύξηση της ποικιλότητας και της παραγωγικότητας των οικοσυστημάτων.

Λέξεις κλειδιά: Αμοιβαιότητα, Μυκόρριζα, Συμβίωση, Χερσαία οικοσυστήματα.

1. Εισαγωγή

Ο όρος "συμβίωση" χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Frank το 1877 (Smith και Read 1997) ως ένας ουδέτερος όρος ο οποίος δεν υποδήλωνε παραιοιτισμό, αλλά βασιζόταν απλά στη συνύπαρξη ανόμοιων οργανισμών. Ο De Bary, στον οποίο αποδίδεται η εισαγωγή του όρου, χρησιμοποίησε τον όρο το 1887 για να δηλώσει την κοινή ζωή παράσιτου και ξενιστή καθώς και των σχέσεων κατά τις οποίες οι οργανισμοί προφανώς βοηθούν ο ένας τον άλλο (Smith και Read 1997, Brundrett 2004, Govindarajulu κ.ά. 2005).

Η σπουδαιότητα της συμβίωσης μεταξύ διαφορετικών προκαριωτικών οργανισμών (χλωροπλάστες, μιτοχόνδρια) στην εξέλιξη των ευκαριωτικών κυττάρων των φυτών, ζώων, βακτηρίων και μυκήτων διατηρεί αμείωτο το ενδιαφέρον τα τελευταία έτη. Η συμβίωση σε επίπεδο πιο σύνθετων οργανισμών αποτελεί τον κανόνα, παρά την εξαίρεση. Οι αμοιβαίως επωφελείς σχέσεις μεταξύ οργανισμών, όπως αυτές μεταξύ φύκους και μύκητα (λειχήνες), φυτού και μύκητα (μυκόρριζες), φυκών και κοιλεντερωτών στα κοράλλια καθώς και μεταξύ αζωτοδεσμευ-

τικών βακτηρίων και φυτών, διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο τόσο στα φυσικά οικοσυστήματα, όσο και στα αγροοικοσυστήματα.

Ο σκοπός αυτής της ανασκόπησης είναι να διερευνήσει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ μυκορριζικών μυκήτων και φυτών σε σχέση με άλλους μύκητες του ριζικού συστήματος, καθώς και τους παράγοντες που τις ρυθμίζουν.

2. Μυκόρριζες

Οι ρίζες των ανώτερων φυτών στην πλειονότητά τους αναπτύσσουν συμβιωτικές σχέσεις με μύκητες. Το δομικό και λειτουργικό σύμπλεγμα που δημιουργείται μεταξύ μιας ρίζας και ενός μύκητα ονομάζεται μυκόρριζα. Παλαιοντολογικά ευρήματα δείχνουν ότι μυκόρριζες σχημάτιζαν και τα πρώτα φυτικά είδη τα οποία εμφανίσθηκαν στη Γη. Ο σχηματισμός μυκορριζών είναι φαινόμενο πολύ διαδεδομένο σε όλες τις φυτοκοινότητες της γης. Πολλά είδη αυτότροφων οργανισμών, που δεν σχηματίζουν ριζικά τριχίδια ή και ρίζες, μπορούν να υπάσχουν σε ορισμένες περιοχές, γιατί σχηματίζουν μυκόρριζες (Βερεσόγλου 2002). Στην αμοιβαίως ε-

¹ Εργαστήριο Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Γεωπονική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 54124

πωφελή αυτή σχέση, ο μύκητας προμηθεύει το φυτό με ανόργανα ιόντα (κυρίως φώσφορο) και το φυτό τροφοδοτεί τον μύκητα με φωτοσυνθετικά προϊόντα (οργανικό άνθρακα). Όταν υπάρχει επαρκής παροχή των απαραίτητων στοιχείων και ειδικά φωσφόρου, τότε πολλά φυτά αναπτύσσονται χωρίς την παρουσία μυκορριζικών μυκήτων. Σε περίπτωση όμως έλλειψης ανόργανων ιόντων, τα φυτά αδυνατούν να αναπτυχθούν, αν δεν συμβιώσουν με μυκορριζικούς μύκητες. Κατά συνέπεια, αφθονότερες μυκόρριζες διαμορφώνονται στα φυτά τα οποία διαβιούν σε εδάφη με χαμηλή διαθεσιμότητα σε θρεπτικά στοιχεία. Το μυκήλιο αναπτύσσεται γύρω από τη ρίζα και επεκτείνεται μέσα στο έδαφος. Έτσι, δημιουργείται ένα εκτεταμένο δίκτυο από ελεύθερες υφές που εκτείνεται πέρα από την επιφάνεια της ρίζας. Οι μυκηλιακές υφές αντικαθιστούν τα ριζικά τριχίδια, και σχηματίζουν μεγαλύτερη απορροφητική επιφάνεια από εκείνη της ρίζας με αποτέλεσμα τα μυκήλια να μπορούν να εκμεταλλεύονται αποδοτικότερα μεγαλύτερο όγκο εδάφους (Δεληβόπουλος 1994).

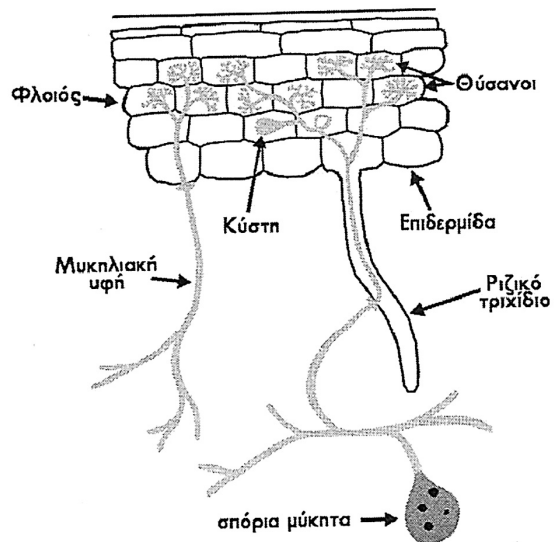
2.1. Τύποι μυκορριζών

Οι πιο κοινές και γνωστές σήμερα μυκόρριζες είναι οι ενδομυκόρριζες και οι εκτομυκόρριζες (Kottke 2002, Brundrett 2004). Οι εκτομυκόρριζες απαντούν στα δασικά είδη των εύκρατων και των αρκτικών περιοχών. Σχηματίζονται στις ρίζες των δένδρων από έναν βασιδιομύκητα ή ασκομύκητα. Στις εκτομυκόρριζες, ο μύκητας σχηματίζει ένα μανδύα γύρω από τη ρίζα, ένα δίκτυο υφών μεταξύ των κυττάρων του φλοιού της ρίζας και ένα εκτεταμένο μυκήλιο στο έδαφος. Επίσης, οι εκτομυκόρριζες φαίνεται να συμβάλουν στην επιτυχή εγκατάσταση δασικών δενδρυλλίων (Βερεσόγλου 2002). Στις ενδομυκόρριζες, ο μύκητας δεν σχηματίζει μανδύα γύρω από τη ρίζα, αλλά οι υφές εισβάλλουν εντός των κυττάρων του ξενιστή (Brundrett κ.ά. 1984, Smith και Read 1997, Kottke 2002).

Η χρησιμότητα των μυκορριζικών μυκήτων για τους ξενιστές τους έγκειται στο γεγονός ότι μεγιστοποιούν την πρόσληψη κάποιων θρεπτικών στοιχείων και κυρίως του φωσφόρου. Σε εδάφη με χαμηλή διαθεσιμότητα σε φώσφορο, τα φυτά με μυκορριζικούς μύκητες αυξάνονται περισσότερο απ' ό,τι τα φυτά χωρίς μυκορριζικούς μύκητες.

Οι ενδομυκόρριζες περιλαμβάνουν τρεις τύπους. Οι δύο είναι πολύ εξειδικευμένοι και συναντώνται στα φυτικά είδη της τάξης *Ericales* και της

οικογένειας *Orchidaceae*. Ο τρίτος τύπος ενδομυκορριζών είναι ο δενδρόμορφος (arbuscular) ο οποίος στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ως AMF από τα αρχικά των λέξεων Arbuscular Mycorrhiza Fungi και είναι ο συνηθέστερος δεδομένου ότι απαντά στις περισσότερες οικογένειες των φυτών (Trappe 1987), όπως επίσης σε πέριδες και σε βρυόφυτα (Βερεσόγλου 2002). Τα είδη που ανήκουν στην οικογένεια *Brassicaceae* (*Cruciferae*) αποτελούν μία από τις ελάχιστες εξαιρέσεις οικογένειας φυτών που δεν σχηματίζουν μυκόρριζες. Είδη της τάξης *Glomales* σχηματίζουν κυρίως τις δενδρόμορφες ενδομυκόρριζες (Morton και Benny 1990). Οι ενδομυκορριζικοί μύκητες διαμορφώνουν ειδικούς σχηματισμούς στα ριζικά κύτταρα που ονομάζονται δενδρόμορφες υφές (arbuscules) και είναι το σημείο από το οποίο μεταφέρονται τα θρεπτικά στοιχεία μεταξύ μύκητα και φυτού (Smith και Gianinazzi-Pearson 1988). Ενίοτε οι δενδρόμορφες ενδομυκόρριζες σχηματίζουν και κύστες (vesicles). Στο Σχήμα 1, απεικονίζεται μια δενδρόμορφη ενδομυκόρριζα.



Σχήμα 1 Δενδρόμορφη ενδομυκόρριζα: Διακρίνονται οι μυκηλιακές υφές, κύστες, οι θύσανοι και τα σπόρια του μύκητα.

Figure 1 Arbuscular mycorrhiza: Distinguish the mycelium hyphae, vesicles, arbuscules and the spores.

Οι δενδρόμορφες μυκόρριζες αναγνωρίστηκαν πρωτίστως και περιγράφηκαν τις τελευταίες δεκαετίες του 19ου αιώνα. Η συνήθης παρουσία τους σε φυτά στα περισσότερα μέρη του κόσμου και κυρίως στα τροπικά, κατανοήθηκε πολύ γρήγορα, αλλά πο-

λύ λίγες λειτουργικές πληροφορίες ήταν γνωστές μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1950.

Οι ρίζες των φυτών αποικίζονται από μυκηλιακές υφές που αναπτύσσονται στο έδαφος ή από πολλαπλασιαστικά όργανα όπως σπόρια ή "κοιμώμενες υφές" που βρίσκονται σε άλλες ήδη προσβεβλημένες ρίζες. Τα σπόρια μπορούν να βλαστήσουν και απουσία ριζών στο έδαφος. Εντούτοις, η παρουσία ζωντανών ριζών φαίνεται ότι διεγείρει τη βλάστηση των σπορίων (Σακελλαριάδης και Παυλάτου 1999). Μετά τη βλάστηση, μυκηλιακές υφές αναπτυσσόμενες πλησιάζουν τη ρίζα του φυτού, εισβάλλουν σ' αυτή και έτσι δημιουργείται η πρώτη προσβολή. Μετά την εισβολή, οι υφές επεκτείνονται σε άλλα μέρη του ριζικού συστήματος του φυτού. Έτσι, οι υφές μετά την εισβολή στα επιδερμικά κύτταρα εισβάλλουν στα εξωτερικά κύτταρα του φλοιού των ριζών. Οι ενδομυκορριζικοί μύκητες δεν επιφέρουν μεγάλη αλλοίωση της εξωτερικής μορφής της ρίζας, επειδή οι υφές τους είναι λεπτές και δεν σχηματίζουν παχύ στρώμα πάνω στη ρίζα. Στα εξωτερικά κύτταρα του φλοιού, οι υφές σχηματίζουν τους δενδρόμορφες υφές οι οποίες "πέπτονται" από τα φυτικά κύτταρα στα οποία έχουν εισέλθει και έτσι θρεπτικά συστατικά του ενδομυκορριζικού μύκητα χρησιμοποιούνται από το φυτό ξενιστή (Hodge κ.ά. 2001).

Πολύ σπουδαίο για την αξιοποίηση των ενδομυκορριζικών μυκήτων είναι το γεγονός ότι δεν έχουν συγκεκριμένο ξενιστή. Συνεπώς ο εμβολιασμός διαφόρων καλλιεργούμενων ειδών πραγματοποιείται εύκολα είτε μέσω του ίδιου του φυτού είτε μέσω των υπολειμμάτων του εδάφους, φυτών που είχαν καλλιεργηθεί και έφεραν μυκορριζικούς μύκητες.

Μια δενδρόμορφη μυκορριζα έχει τρία κύρια συστατικά: την ίδια την ρίζα, τις δομές του μύκητα εντός των κυττάρων της ρίζας και ένα μυκήλιο εξωτερικά της ρίζας μέσα στο έδαφος. Το τελευταίο μπορεί να είναι αρκετά εκτεταμένο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, αλλά δεν σχηματίζει μανδύα συγκριτικά με τις μυκηλιακές υφές τυπικές των εκτομυκορριζών. Η πλειοψηφία (περίπου το 80%) των ειδών σχηματίζουν τόσο δενδρόμορφες υφές, όσο και κύστεις ενώ τα υπόλοιπα είδη δεν σχηματίζουν κύστεις (Smith και Read 1997, Brundrett 2004). Οι χαρακτηριστικοί σχηματισμοί του μύκητα που αναπτύσσονται εντός της ρίζας και οι αλλαγές που επιφέρουν στον ρυθμό αύξησης και ανάπτυξης της είναι ευδιάκριτες μετά από

χρώση μόνο στο μικροσκόπιο. Ορισμένα φυτά, όπως αυτά που ανήκουν στα γένη *Allium* και *Zea* συνθέτουν μια κίτρινη χρωστική ουσία όταν αποικίζονται, αλλά αυτό δεν είναι αρκετά συχνό για να αποτελέσει ένα γενικώς χρήσιμο διαγνωστικό χαρακτηριστικό.

Είναι γνωστό ότι η ανάπτυξη των μυκορριζών πρέπει να ελέγχεται από τα γονίδια του φυτού και του μύκητα που ενεργούν με ένα συντονισμένο τρόπο για να παράγουν την χαρακτηριστική, βιοτροφική και συμβατή αλληλεπίδραση στα είδη ξενιστές. Ωστόσο, η κατανόηση των λεπτομερειών της διαδικασίας σε γενετικό επίπεδο είναι στοιχειώδης. Αρκετές ερευνητικές ομάδες εντόπισαν τα προβλήματα και έχουν αναγνωρίσει συνδυασμούς φυτού-μύκητα και μεθοδολογίες οι οποίες θα διευκολύνουν μοριακές γενετικές έρευνες. Στο στάδιο αυτό, δεν είναι γνωστοί οι μηχανισμοί που εμποδίζουν τον αποικισμό από μύκητες σε είδη μη ξενιστές. Αρκετές αναφορές επισημαίνουν ότι αρκετές ομάδες φυτών μπορεί να αποτρέψουν τον αποικισμό τους από μύκητες με διαφορετικούς μηχανισμούς (Smith και Read 1997). Καθώς η ύπαρξη των μυκορριζών είναι πιθανώς αρχέγονο φαινόμενο σε χερσαία φυτά, τα είδη μη ξενιστές είναι πιθανό να έχουν διατηρήσει πολλά από τα γονίδια που ελέγχουν τον αποικισμό σε είδη ξενιστές. Όταν προσδιοριστεί η ταυτότητα των γονιδίων αυτών θα υπάρχουν εργαλεία για να ερευνήσουμε τα είδη μη ξενιστές καθώς επίσης και να συγκρίνουμε την συμβατή βιοτροφική συμβίωση που περιλαμβάνει μυκορριζικούς μύκητες και φυτοπαθογόνους μύκητες (Smith και Read 1997, Pawlowska και Taylor 2004).

Η κατανόηση του γενετικού ελέγχου της μυκορριζικής συμβίωσης θα εξασφαλίσει βασικές γνώσεις τόσο για την εξέλιξη της συμβίωσης όσο και για τις αλληλεπιδράσεις στα φυσικά οικοσυστήματα. Επίσης, θα είναι σπουδαίο να σχεδιαστεί η ανάπτυξη καλλιεργειών που να ταιριάζουν σε συγκεκριμένα παραγωγικά συστήματα. Για παράδειγμα, στη γεωργία με χαμηλές εισροές, όπου απαιτείται υψηλή αποτελεσματικότητα πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων, μια καλλιέργεια που προσβάλλεται έντονα από μυκορριζικούς μύκητες θα ήταν κατάλληλη. Αντίθετα, σε γόνιμες συνθήκες μια μη επιρρεπής σε μυκορριζικούς μύκητες καλλιέργεια θα ήταν πιο κατάλληλη, διότι οι μυκορριζικοί μύκητες λαμβάνουν υδατάνθρακες από τα φυτά περιορίζοντας έτσι τις αποδόσεις.

2.2. Συνεισφορά των δενδρόμορφων μυκορριζικών μυκήτων στην αύξηση των φυτών

Ο συσχετισμός μεταξύ της ανάπτυξης των δενδρόμορφων μυκορριζικών μυκήτων και της μεγαλύτερης αύξησης του ξενιστή έγινε από τον Asai (1944) στις μελέτες του για τον αποικισμό από μυκορριζικούς μύκητες και τον σχηματισμό φυματίων σε έναν μεγάλο αριθμό ψυχανθών. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο αποικισμός ήταν σπουδαίος τόσο στην αύξηση των φυτών όσο και στην ανάπτυξη των φυματίων. Μεταγενέστερα, πολλοί ερευνητές πραγματοποίησαν ένα μεγάλο αριθμό πειραμάτων τα οποία γενικώς έδειξαν ότι ο αποικισμός ακολουθείται από σημαντική διέγερση της αύξησης. Έχει γίνει εκτεταμένη ανασκόπηση αυτής της τελευταίας δουλειάς με ιδιαίτερη έμφαση στη σπουδαιότητα των μυκορριζών στην πρόσληψη του φωσφόρου. Πρωτοπόρες εργασίες που αναφέρονται στην ενδεχόμενη σπουδαιότητα των μυκορριζικών μυκήτων στη θρέψη των φυτών έγινε από τον Mosse (1957) στα μήλα, τον Baylis (1959, 1967) σε είδη του γένους *Griselinia spp.* και σε άλλα φυτά της Νέας Ζηλανδίας και από τον Gerdemann (1968) σε είδη του γένους *Liquidambar spp.* (λικιδάμβραρη) και στον αραβόσιτο. Μεταγενέστερα οι Daft και Nicolson (1972) και οι Hayman και Mosse (1972) ανεξάρτητα, ερευνήσαν τη βάση αυτής της αντίδρασης σε αύξηση σε έναν αριθμό φυτικών ειδών κυρίως σε σχέση με τις εδαφικές συνθήκες και την πυκνότητα του εμβολίου. Οι ερευνητές αυτοί έδειξαν ότι η ανάπτυξη των ριζών με μυκορριζικούς μύκητες και η επίδρασή τους στην αύξηση του φυτού είναι υψηλότερη σε εδάφη με χαμηλή διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων και ιδιαίτερα του φωσφόρου.

Μεγαλύτερη αύξηση έχει αποδειχθεί για μια πολύ ευρεία ποικιλία φυτικών ειδών συμπεριλαμβανομένων και πολλών καλλιεργούμενων φυτών και δένδρων. Είναι προφανές ότι τόσο η μεγαλύτερη αύξηση των ριζών όσο και των βλαστών μειώσε τον λόγο ρίζα/βλαστό και αύξησε τις συγκεντρώσεις των ιστών σε φώσφορο (Sanders κ.ά. 1977). Σε λίγα φυτικά είδη παρατηρήθηκε αυξημένη παραγωγή ανθέων και καρπών. Επίσης, ο σχηματισμός φυματίων και η αζωτοδέσμευση σε ψυχανθή με μυκορριζικούς μύκητες είναι αυξημένες με αποτέλεσμα τις υψηλότερες συγκεντρώσεις σε N στους φυτικούς ιστούς (Barea και Azcón-Aguilar 1983). Οι επιδράσεις στην αύξηση μπορούν να αποδοθούν, αμέσως ή εμμέσως, στη βελτίωση της ανόργανης θρέψης. Η χρήση οργανικού

άνθρακα από τους μύκητες έχει άμεσες επιδράσεις στο μέγεθος, σχήμα ή περιεχόμενο σε θρεπτικά των φυτών.

2.3. Συνεισφορά των δενδρόμορφων μυκορριζικών μυκήτων στην θρέψη των φυτών

Η ανόργανη θρέψη των φυτών με δενδρόμορφες μυκορριζές έχει αποτελέσει θέμα της μεγαλύτερης έρευνας σε σχέση με άλλη μορφή συμβίωσης. Οι επιδράσεις της αυξημένης πρόσληψης P και N (NH_4^+ και πιθανόν ως NO_3^-) στην αύξηση των φυτών είναι η άμεση επίδραση του αποικισμού και συχνά συνδέονται με μεγαλύτερη αύξηση όταν το υπό συζήτηση θρεπτικό στοιχείο είναι περιοριστικό. Τέτοια δεδομένα έχουν ληφθεί από πειράματα σε γλάστρες σε αποστειρωμένο ή μερικώς αποστειρωμένο έδαφος και αναφέρονται για ένα πολύ μεγάλο αριθμό φυτικών ειδών συνδεδεμένων με πολλούς διαφορετικούς μυκορριζικούς μύκητες (Smith και Read 1997). Κύρια έμφαση έχει δοθεί στην μεγάλη επίδραση του αποικισμού, στην αύξηση και στην πρόσληψη P. Αυτή η σπουδαία επίδραση έχει κάνει δύσκολο τον καθορισμό της συνεισφοράς των δενδρόμορφων μυκορριζών στην πρόσληψη άλλων θρεπτικών στοιχείων ή νερού.

2.3.1. Επίδραση των μυκορριζικών μυκήτων στην πρόσληψη φωσφόρου από τα φυτά

Ρίζες με μυκορριζικούς μύκητες είναι πιο αποτελεσματικές στην πρόσληψη ανόργανων θρεπτικών στοιχείων απ' ότι μη αποικισμένες. Τα μυκορριζικά φυτά είναι συχνά όχι μόνο μεγαλύτερα αλλά επίσης περιέχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις φωσφόρου στους ιστούς τους σε σχέση με φυτά μάρτυρες (χωρίς μυκορριζικούς μύκητες). Ωστόσο, η αυξημένη αποτελεσματικότητα πρόσληψης ανά μονάδα ριζικού ιστού δεν είναι η μόνη πιθανή εξήγηση γι' αυτό. Αυξημένο συνολικό μήκος ρίζας στα μυκορριζικά φυτά συνεπεί σε αυξημένη πρόσληψη, αλλά αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα και αυξημένη συγκέντρωση στους ιστούς. Εάν η αύξηση συμβάδιζε με την πρόσληψη φωσφόρου, όπως θα συνέβαινε αν η προμήθεια φωσφόρου ήταν ο περιοριστικός παράγοντας, οι συγκεντρώσεις στους ιστούς θα έπρεπε να παραμείνουν σταθερές. Αν οι συγκεντρώσεις στους ιστούς αυξηθούν, κάποιος άλλος παράγοντας εκτός από τον φώσφορο είναι περιοριστικός της αύξησης (Pairunan κ.ά. 1980, Stribley και Reed 1980). Αυτό πιθανόν προκύπτει από αυξημένη χρήση υδατανθράκων στα φυτά με μυκορριζικούς μύκητες, πράγ-

μα που σημαίνει ότι τα μυκορριζικά φυτά μπορεί να έχουν περιοριστικό τον άνθρακα και να συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες φωσφόρου.

Άμεσες αποδείξεις για την αποτελεσματικότητα της πρόσληψης φωσφόρου εξασφαλίζονται εκφράζοντας την πρόσληψη φωσφόρου με βάση την ποσότητα του απορροφητικού ιστού. Η περιοχή της επιφάνειας του ριζικού συστήματος, είτε ολόκληρη ή εκείνο το μέρος που εμπλέκεται στην πρόσληψη είναι το πιο κατάλληλο για την εκτίμηση του απορροφητικού ιστού. Στην πράξη, αυτή η περιοχή είναι δύσκολο να καθορισθεί και τα περισσότερα αποτελέσματα εκφράζονται με βάση το μήκος της ρίζας, που ορίζεται ως απορρόφηση σε $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$ (Brewster και Tinker 1972). Άλλα αποτελέσματα έχουν βασιστεί στο βάρος της ρίζας για να δώσουν συγκεκριμένους ρυθμούς απορρόφησης σε $\text{mol g}^{-1} \text{s}^{-1}$ (Smith και Gianinazzi-Pearson 1990). Η απορρόφηση δίνει μια πιο ρεαλιστική βάση για σύγκριση δυσκίνητων ιόντων όπως PO_4^{3-} . Η κατά μήκος επέκταση του ριζικού συστήματος σε έδαφος που δεν έχουν εξαντληθεί τα θρεπτικά, είναι πιο σπουδαία στον καθορισμό της πρόσληψης απ' ότι η περιοχή της επιφάνειας του ριζικού συστήματος που παρουσιάζεται σε μια ζώνη εδάφους στην οποία τα θρεπτικά έχουν εξαντληθεί.

Πρώτοι οι Sanders και Tinker (1971, 1973) παρουσίασαν αυξημένη πρόσληψη φωσφόρου σε ρίζες με μυκορριζικούς μύκητες στο είδος *Allium cepa* το οποίο ήταν αποικισμένο από τον μύκητα *Glomus spp.* Η πρόσληψη στα αποικισμένα φυτά ήταν κατά μέσο όρο περίπου 3-4 φορές μεγαλύτερη από αυτή των μη αποικισμένων φυτών. Αυξημένη πρόσληψη P έχει αναφερθεί σ' ένα μεγάλο αριθμό άλλων συνδυασμών φυτού μύκητα με πειράματα σε γλάστρες, αν και το μέγεθος αυτής της επίδρασης ποικίλλει (Dunne και Fitter 1989). Αύξηση στην πρόσληψη φωσφόρου σε αποικισμένα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από συνθήκες αγρού έχει επίσης αποδειχθεί για τα *Pisum*, *Fragaria* και *Trifolium* (Jakobsen 1986, McGonigle και Fitter 1988, Dunne και Fitter 1989). Ωστόσο, λίγα στοιχεία είναι διαθέσιμα για φυτά σε φυσικά οικοσυστήματα.

Πιθανές εξηγήσεις για την αυξημένη ικανότητα της πρόσληψης φωσφόρου από ρίζες αποικισμένες με μυκορριζικούς μύκητες δίνονται εν συντομία παρακάτω. Μερικές από αυτές είναι ήδη καλά αποδεδειγμένες ενώ άλλες βρίσκονται ακόμα κάτω από έρευνα:

1. Σε έδαφος που δεν έχουν αναπτυχθεί οι ρίζες

του φυτού, οι υφές των δενδρόμορφων μυκήτων, μπορούν να απορροφήσουν φώσφορο από το εδαφικό διάλυμα και να τον μεταφέρουν στη ρίζα. Αυτές οι διαδικασίες, μαζί με την επακόλουθη μεταφορά από τον μύκητα στο φυτό, είναι πολύ πιο γρήγορες από την διάχυση μέσω του εδάφους. Επομένως, η μεταφορά μέσω των υφών αυξάνει τους ρυθμούς πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων από τις ρίζες. Η παραγωγή των υφών περιλαμβάνει μικρότερη κατανάλωση άνθρακα ανά μονάδα μήκους ή ανά μονάδα απορροφητικής περιοχής απ' ότι η παραγωγή ριζών (Tinker 1975) και επιπροσθέτως η μικρότερη διάμετρός τους, τους επιτρέπει να διαπερνούν εδαφικούς πόρους μικρότερης διαμέτρου απ' ότι οι ρίζες, αυξάνοντας έτσι αποτελεσματικά τον όγκο χρησιμοποιήσιμου εδάφους. Η πηγή του εδαφικού φωσφόρου είναι το εδαφικό διάλυμα και είναι το ίδιο, τόσο για τις ρίζες, όσο και για τις υφές. Καθώς οι υφές απορροφούν φώσφορο, ζώνες φτωχές σε θρεπτικά θα αναπτυχθούν επίσης γύρω τους και η συνέχιση της πρόσληψης θα εξαρτάται από την αύξηση των υφών μέσα σε μη αποικισμένο έδαφος. Οι επιδράσεις των υφών στην αύξηση της χωρικής διαθεσιμότητας του φωσφόρου είναι καλά αποδεδειγμένες και υπάρχουν αρκετές πληροφορίες για την λειτουργία τους.

2. Οι υφές είναι πιο αποτελεσματικές (λόγω του μεγέθους τους και της χωρικής κατανομής τους) απ' ότι οι ρίζες για να ανταγωνίζονται με "ελευθέρως ζώντες" μικροοργανισμούς του εδάφους για φώσφορο που έχει προσφάτως ανοργανοποιηθεί ή διαλυτοποιηθεί. Η υπόθεση αυτή είναι όντως μια επέκταση του (1), αλλά η λειτουργία της θα μπορούσε να καταλήξει σε αποτελεσματική "σύντομη ανακύκλωση" του φωσφόρου. Ταχεία εξάπλωση υφών σε τμήματα εδάφους με υψηλές συγκεντρώσεις σε θρεπτικά μπορεί να είναι σπουδαία αλλά υπάρχουν λίγες αποδείξεις.

3. Η κινητική της πρόσληψης φωσφόρου εντός των υφών μπορεί να διαφέρει από εκείνη των ριζών, με υψηλότερη πρόσληψη που οδηγεί σε αποτελεσματικότερη απορρόφηση από χαμηλές συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα και πιθανόν χαμηλότερες κατώτερες τιμές κάτω από τις οποίες σταματά η πρόσληψη. Η απορροφητική ικανότητα τόσο των υφών όσο και των ριζών θα είναι πιο σπουδαία στον καθορισμό της ποσότητας φωσφόρου που απορροφάται όταν αυτές αναπτύσσονται σε έδαφος στο οποίο δεν έχουν εξαντληθεί τα θρεπτικά στοιχεία.

4. Ρίζες αποικισμένες με δενδρόμορφους μυκορριζικούς μύκητες ίσως μπορούν να εκμεταλλευθούν πηγές φωσφόρου στο έδαφος οι οποίες κανονικά είναι μη διαθέσιμες στα φυτά. Αυτές οι πηγές περιλαμβάνουν σχετικά αδιάλυτες μορφές φωσφόρου, όπως φωσφορικά ορυκτά (φωσφορίτες) και φωσφορικά άλατα Fe και Al. Η εφαρμογή φωσφοριτών ή φωσφορικού τριασβεστίου είχε επιδράσει θετικά στην αύξηση φυτών αποικισμένων με μυκορριζικούς μύκητες, αντίθετα αυτά τα λιπάσματα είχαν μικρή ή καμιά επίδραση στην αύξηση των φυτών χωρίς μυκορριζικούς μύκητες όταν χρησιμοποιήθηκαν στις ίδιες αναλογίες (Wibawa κ.ά. 1995). Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν όταν εφαρμόστηκαν αδιάλυτα φωσφορικά λιπάσματα σε μεγάλο αριθμό φυτών ξενιστών σε εδάφη με χαμηλό pH.

Οι Pairunan κ.ά. (1980) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα μυκορριζικά φυτά δεν είχαν αυξημένη πρόσβαση στα αποθέματα φωσφόρου. Οι παραπάνω ερευνητές έδειξαν ότι είναι απαραίτητο να γίνει σύγκριση της αύξησης χρησιμοποιώντας, τόσο διαλυτές, όσο και αδιάλυτες μορφές λιπασμάτων. Οι καμπύλες διαλυτότητας για τα υπερφωσφορικά λιπάσματα και τους φωσφορίτες είναι ίδιας μορφής, αλλά υπάρχουν σημαντικές ποσοτικές διαφορές μεταξύ τους. Πρώτον, η ποσότητα φωσφόρου ως φωσφορικό ορυκτό που έπρεπε να προστεθεί στο έδαφος για να επιτευχθεί μέγιστη αύξηση του *Trifolium subterraneum* ήταν περίπου 40 φορές μεγαλύτερη από την ποσότητα φωσφόρου ως υπερφωσφορικό που απαιτούνταν, τόσο για φυτά με μυκορριζικούς μύκητες, όσο και για φυτά χωρίς. Δεύτερον, η μέγιστη αύξηση με τα φωσφορικά ορυκτά ήταν μικρότερη από αυτή με τα υπερφωσφορικά, ανεξαρτήτως από τον αποικισμό των ριζών με μυκορριζικούς μύκητες. Παρόλα αυτά, σε μέτρια επίπεδα εφαρμογής φωσφόρου αντίστοιχο με την κλίμακα του υπερφωσφορικού (0-0,8 gr P), τα φυτά με μυκορριζικούς μύκητες ήταν πιο αποτελεσματικά στην απόσπαση φωσφόρου από το λίπασμα.

Οι μηχανισμοί που αποτελούν τη βάση της αυξημένης πρόσληψης εξαρτώνται και από την εκμετάλλευση του εδαφικού όγκου από τις υφές. Επιπροσθέτως, τόσο η συνεργιστική δράση μεταξύ των μυκορριζικών μυκήτων και των μικροοργανισμών που διαλυτοποιούν τον φώσφορο καθώς και η πιθανή έκκριση H^+ ή υδροξείων από τις υφές, θα αυξήσουν την διαθεσιμότητα των φωσφορικών ορυκτών στα φυτά με μυκορριζικούς μύκητες (Smith 1980).

2.3.2. Επίδραση των μυκορριζικών μυκήτων στην αζωτοδέσμευση

Αυξημένες συγκεντρώσεις σε N έχουν αναφερθεί σε φυτά με δενδρόμορφους μυκορριζικούς μύκητες. Φυσικά, αν τα φυτά αυτά συμβιούν και με αζωτοδεσμευτικά βακτήρια ή ακτινομύκητες, οι αυξημένες συγκεντρώσεις N μπορούν να αποδοθούν στους αυξημένους ρυθμούς δέσμευσης N που προκαλούνται δευτερευόντως όπως από αυξημένη πρόσληψη P, παρά από άμεση πρόσληψη ενώσεων N από το έδαφος. Η δέσμευση N στα φυμάτια των ριζών με ριζόβια αυξάνεται όταν τα φυτά, αναπτυσσόμενα σε εδάφη με χαμηλή διαθεσιμότητα σε φώσφορο και έχουν αποικιστεί από μυκορριζικούς μύκητες. Η επίδραση αυτή αναφέρθηκε αρχικά από τον Asai (1944) μετά από λεπτομερείς παρατηρήσεις σε ένα μεγάλο αριθμό ψυχανθών. Ο σχηματισμός φυμάτων και η αζωτοδέσμευση σε ψυχανθή με και χωρίς μυκορριζικούς μύκητες αποτελέσαν αντικείμενο πολλών πειραμάτων (Rose 1980, Rose και Youngberg 1981, Gardner 1986). Στις περισσότερες περιπτώσεις, καλοσχηματισμένα φυμάτια και αυξημένη αζωτοδέσμευση σε φυτά με μυκορριζικούς μύκητες φαίνεται να καταλήγει σε μεγαλύτερη αύξηση της παραγωγής. Οι διαφορές μεταξύ των φυτών με και χωρίς μυκορριζικούς μύκητες περιορίζονται αν τα τελευταία εφοδιαστούν με μια αμέσως διαθέσιμη πηγή φωσφόρου. Το γεγονός ότι οι επιδράσεις δεν μπορούν να αποδοθούν ευθέως στους ίδιους τους μυκορριζικούς μύκητες δεν μειώνει το ενδιαφέρον της τριμερούς συμβίωσης, η οποία μπορεί να είναι πολύ σπουδαία τόσο σε φυσικά οικοσυστήματα όσο και σε προγράμματα επαναφύτευσης σε περιοχές, όπου τα θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται σε χαμηλή διαθεσιμότητα στο έδαφος (Pate 1994).

2.3.3. Επίδραση των μυκορριζικών μυκήτων στην πρόσληψη ανόργανου N (NH_4^+ και NO_3^-) από τα φυτά

Η συγκέντρωση N στα φυτά είναι περίπου δέκα φορές υψηλότερη από την συγκέντρωση P, τονίζοντας τη μεγαλύτερη απαίτηση για αυτό το θρεπτικό στοιχείο. Η διαθεσιμότητα του ανόργανου N στα εδάφη εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δράση των μικροοργανισμών, οι οποίοι συμμετέχουν στη νιτροποίηση, απονιτροποίηση και ακινητοποίηση του N στην εδαφική βιομάζα. Μεγάλες ποσότητες N που προσλαμβάνονται από τα φυτά προέρχονται τόσο από την οργανική ουσία του εδάφους όσο και από την αζωτοδέσμευση. Στην ανοργανοποίηση N

δεν είναι ξεκάθαρο αν οι δενδρόμορφοι μυκορριζικοί μύκητες εμπλέκονται άμεσα και κυρίως με τις υφές τους. Παρόλα αυτά, παρότι είναι γνωστό ότι οι μυκορριζικοί μύκητες εμπλέκονται στην πρόσληψη και μεταφορά ανόργανου Ν, δεν είναι ξεκάθαρο αν αυτό συμβαίνει σε ποσότητες ικανές για την θρέψη των φυτών.

Οι κυριότερες πηγές ανόργανου Ν για τα φυτά και ενδεχομένως για τους δενδρόμορφους μύκητες, είναι τα νιτρικά (NO_3^-) και τα αμμωνιακά (NH_4^+) ιόντα. Σε γεωργικά εδάφη το NO_3^- συνήθως κυριαρχεί, λόγω της ταχείας νιτροποίησης του NH_4^+ . Αντίθετως, σε πολλά αδιατάρακτα εδάφη (κυρίως σε όξινα), κυριαρχούν τα αμμωνιακά ιόντα και τα νιτρικά απουσιάζουν σχεδόν εξ' ολοκλήρου (Stewart κ.ά. 1993). Το NO_3^- δεν απορροφάται από τα κολοειδή του εδάφους και είναι ευκίνητο, τουλάχιστον σε υγρό έδαφος, έτσι ώστε η μαζική ροή από το εδαφικό διάλυμα στις ρίζες επιτρέπει την πρόσληψη του σε ρυθμούς που εξαρτώνται από τη δύναμη απορρόφησης της ρίζας. Συνεπώς, η δύναμη απορρόφησης και η διαθέσιμη επιφάνεια για απορρόφηση (ανάλογα με το μήκος και την ακτίνα της ρίζας) είναι πιθανόν οι περιοριστικοί παράγοντες της πρόσληψης. Αντίθετα, το NH_4^+ απορροφάται και είναι συγκριτικά δυσκίνητο. Οι μυκορριζικοί μύκητες συμβάλλουν στην αύξηση της δύναμης απορρόφησης της ρίζας και κατά συνέπεια στην αύξηση των ρυθμών πρόσληψης Ν.

Η επίδραση των μυκορριζικών μυκήτων στη θρέψη του Ν έχει μελετηθεί κάτω από συνθήκες αγρού. Έχει αναφερθεί σε μεικτές καλλιέργειες, διπλασιασμός της μεταφοράς ^{15}N για τη σόγια και στον αραβόσιτο σε γλάστρες με μυκορριζικούς μύκητες καθώς και σχετική αύξηση στην παραγωγικότητα του αραβόσιτου (Hamel και Smith 1991).

2.4. Επίδραση των μυκορριζικών μυκήτων στην πρόσληψη νερού

Οι Safir κ.ά. (1971, 1972) ήταν από τους πρώτους που αναφέρθηκαν στην πιθανή επίδραση της συμβίωσης δενδρόμορφων μυκορριζικών μυκήτων με φυτά σόγιας στις υδατικές σχέσεις των φυτών με παράλληλη αύξηση στην πρόσληψη του φωσφόρου. Μεταγενέστερες έρευνες σε φυτά σόγιας έδειξαν ότι δενδρόμορφοι μυκορριζικοί μύκητες επηρεάζουν τις υδατικές σχέσεις του φυτού ανεξάρτητα από την πρόσληψη φωσφόρου (Harris κ.ά. 1985, Brown και Bethlenfalvai 1987, Bethlenfalvai κ.ά. 1988). Αποτέλεσματα περαμάτων δείχνουν ότι οι υδατικές σχέ-

σεις φυτών που έχουν αποικιστεί από δενδρόμορφους μυκορριζικούς μύκητες διαφέρουν από εκείνα που δεν έχουν αποικιστεί (π.χ. Hardie 1985, Bethlenfalvai κ.ά. 1988). Οι Bryla και Duniway (1997) δεν βρήκαν διαφορές σχετικά με την ικανότητα τους να προσλαμβάνουν νερό από έδαφος με εξαιρετικά χαμηλό ποσοστό υγρασίας μεταξύ φυτών που αποικισμένων και μη από δενδρόμορφους μυκορριζικούς μύκητες.

Γενικά, οι δενδρόμορφοι μυκορριζικοί μύκητες επιδρούν στην υδατική δίαιτα των φυτών (Augé 2001, 2004). Οι επιδράσεις των μυκορριζικών μυκήτων στις υδατικές σχέσεις του φυτού δεν είναι τόσο εντυπωσιακές όπως εκείνη του φωσφόρου. Ο Augé (2001) αναφέρει ότι η επίδραση των μυκορριζικών μυκήτων στην ενυδάτωση των ιστών του φυτού είναι συχνά αμελητέα, βραχύβια και εξαρτάται από το είδος του φυτού και του μυκορριζικού μύκητα.

2.5. Επίδραση των μυκορριζικών μυκήτων στην πρόσληψη βαρέων μετάλλων

Οι δενδρόμορφοι μυκορριζικοί μύκητες αυξάνουν την επιφάνεια απορρόφησης των ριζών με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η πρόσληψη ανόργανων θρεπτικών στοιχείων και μεταλλικών ιόντων (Khan κ.ά. 2000). Ύπαρξη μυκορριζικών μυκήτων έχει αναφερθεί σε φυτά που αναπτύσσονται σε έδαφη με βαρέα μέταλλα (Shetty κ.ά. 1994, Chaudry κ.ά. 1998, Ma κ.ά. 2001). Μεταξύ των μυκορριζικών μυκήτων που απαντώνται σε έδαφη πλούσια σε βαρέα μέταλλα είναι είδη *Glomus spp.*, *Gigaspora spp.* και *Eutrophosphora spp.* (Pawlowska κ.ά. 1996, Raman και Sambandan 1998, Chaudry κ.ά. 1999). Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται αντικρουόμενα αποτελέσματα για την επίδραση των μυκορριζικών μυκήτων στην πρόσληψη μετάλλων. Οι Weissenhorn και Leyval (1995) απομόνωσαν Cd στις υφές του *Glomus mosseae*. Οι Heggio κ.ά. (1990) δεν παρατήρησαν συσσώρευση Zn και Cu σε φυτά αποικισμένα από μυκορριζικούς μύκητες. Τα αδιαπέραστα κυτταρικά τοιχώματα των υφών αναφέρονται ως πιθανός μηχανισμός προστασίας των φυτών από τα βαρέα μέταλλα (Galli κ.ά. 1994). Οι μυκορριζικοί μύκητες βρέθηκε να επιδρούν και στην μετακίνηση του Zn στους βλαστούς του *Andropogon gerardii* (Shetty κ.ά. 1994). Αντίθετα, δεν βρέθηκε τέτοια επίδραση στον αραβόσιτο (Khan κ.ά. 2000). Συνεπώς, η επίδραση των μυκορριζικών μυκήτων στην πρόσληψη και μεταφορά μετάλλων στο φυτό δεν είναι ξεκάθαρη, πολλές φορές

αυτή εξαρτάται είτε από το είδος του φυτού είτε από το είδος του μυκορριζικού μύκητα (Lasat 2002). Τέλος, σε ειδικές περιπτώσεις που η συμβίωση μυκορριζικών μυκήτων με φυτά επιδρά θετικά στην πρόσληψη και συσσώρευση βαρέων μετάλλων στα φυτά μπορεί να αξιοποιηθεί στο να "καθαριστούν" εδάφη από βαρέα μέταλλα.

3. Φυτοπαθογόνοι μύκητες

Στο έδαφος εκτός από την ύπαρξη μυκήτων που αναπτύσσουν συμβιωτικές σχέσεις με το ριζικό σύστημα των φυτών είναι δυνατό να υπάρχουν και φυτοπαθογόνοι μύκητες. Οι υφές του παθογόνου μύκητα εισέρχονται στις υγιείς ρίζες από τα σημεία ανάπτυξης του μεριστώματος (Garrett 1970) ή από τα σημεία ανάπτυξης των πλευρικών ριζών (Kamula κ.ά. 1994). Μεγάλο ενδιαφέρον για τη χρησιμοποίησή τους σε βιολογικά συστήματα παρουσιάζουν τα μυκόρριζα, τα οποία έχουν την ικανότητα να καταπολεμούν μεγάλο αριθμό φυτοπαθογόνων μυκήτων. Ήδη έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι για την εμπορική τους χρησιμοποίηση οι οποίες προς το παρόν θεωρούνται υψηλού κόστους. Οι μύκητες που σχετίζονται με το σχηματισμό ενδομυκορριζών αυξάνουν την αντίσταση των φυτών στα παθογόνα και ιδιαίτερα στους μύκητες που προσβάλλουν το ριζικό σύστημα των φυτών. Η αντίσταση στα παθογόνα πιθανόν να σχετίζεται με την απόθεση λιγνίνης στο εσωτερικό των κυττάρων αλλά και με την παραγωγή φυτοαλεξινών από τον ξενιστή σε αντίδραση στην παρουσία του μύκητα (Wyss κ.ά. 1991).

Οι μελέτες που αφορούν την αντίσταση φυτών αποικισμένων με δεινόμορφους μύκητες σε παθογόνα του εδάφους έχουν επικεντρωθεί κυρίως σε παθογόνους μύκητες που προκαλούν σήψεις της ρίζας και ζημιές στο αγγειακό σύστημα των φυτών (*Phytophthora*, *Aphanomyces*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Sclerotium*) (Hooker κ.ά. 1994, Azcón-Aguilar και Barea 1996) και σε νηματώδεις που προκαλούν πληγές και αλλοιώσεις στις ρίζες (*Meloidogyne*, *Pratylenchus* και *Radophulus*) (Pinochet κ.ά. 1996, Jaizme-Vega και Pinochet 1997). Πληροφορίες για ασθένειες που προκαλούνται από βακτήρια είναι σπάνιες, αν και κάποιες μελέτες έδειξαν ανθεκτικότητα φυτών τομάτας με μυκορριζικούς μύκητες στα *Erwinia carotovora* και *Pseudomonas syringae* (Garcia-Garrido και Ocampo 1989).

Εντούτοις, είναι δύσκολο να γενικεύσουμε αυτές τις επιδράσεις των μυκορριζών διότι εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες και η συνεισφορά τους κα-

θώς και οι ακριβείς μηχανισμοί δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως. Μεταξύ των σπουδαιότερων παραγόντων που συντελούν στην τελική ισορροπία της αλληλεπίδρασης φυτού / δεινόμορφης μυκορριζας/ παθογόνου μπορούν να συμπεριληφθούν: (α) ο δεινόμορφος μύκητας, (β) το παθογόνο (μολυσματικότητα), (γ) το φυτό ξενιστής, (δ) το υπόστρωμα αύξησης και (ε) οι επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Τα φυτά έχουν εξελιχθεί να συντηρούν αλληλεπιδράσεις με ωφέλιμους οργανισμούς όπως είναι οι δεινόμορφοι μυκορριζικοί μύκητες (Smith και Goodman 1999). Φυτά που συμβιώνουν με μυκορριζικούς μύκητες αυξάνουν περισσότερο και αντιστέκονται στα παθογόνα. Αυτό δείχνει ότι τα γονίδια του φυτού παίζουν σπουδαίο ρόλο στη συντήρηση αυτής της συμβίωσης. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών δεινόμορφων μυκορριζών και παθογόνων ποικίλουν ανάλογα με το γενότυπο του φυτού (Johnson κ.ά. 1997, Klironomos 2003, Kiers και van der Heijden 2006).

Γενικώς, η αύξηση στην αντοχή των φυτών στα παθογόνα που προκαλείται από τους μυκορριζικούς μύκητες απαιτεί μια εκτεταμένη ανάπτυξη της συμβίωσης πριν από την προσβολή από το παθογόνο. Σε φυτά τομάτας με προσβολή από *Phytophthora parasitica* μόνο μια καλά εγκατεστημένη αποικία μυκορριζικών μυκήτων μπορούσε να προστατεύσει τα φυτά (Cordier κ.ά. 1996). Η προστασία του *Glomus mosseae* από το μύκητα *Aphanomyces euteiches* έχει δείχθει ότι εξαρτάται από την παρουσία δεινόμορφων υφών (Slezack κ.ά. 2000). Επίσης, οι Akköprüü και Demir (2005) και Scheffknecht κ.ά. (2006) αναφέρουν ότι ο μύκητας *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* περιορίστηκε σε φυτά ντομάτας παρουσία μυκήτων του γένους *Glomus* spp. Σε άλλες εργασίες στις οποίες συγκρίθηκε η αποτελεσματικότητα διαφόρων δεινόμορφων μυκήτων στην προστασία φυτών ενάντια σε ζημιά από νηματώδεις, δεν βρέθηκε καμία σχέση μεταξύ του βαθμού αποικισμού και της προστασίας στο φυτό (Pinochet κ.ά. 1996, Habte κ.ά. 1999). Το παραπάνω εύρημα υποδηλώνει ότι το εμπόδιο των υφών δεν αποτελεί την βάση της ανθεκτικότητας στους νηματώδεις στα μυκορριζικά φυτά.

Η προστασία των θυσανωδών μυκορριζών εναντίον των παθογόνων του εδάφους είναι πιθανόν το επακόλουθο διαφόρων και ενδεχομένως αλληλεπιδρώντων μηχανισμών. Η σχετική τους συνεισφορά σχετίζεται άμεσα με το συνδυασμό γενοτύπων δει-

δρόμορφου μύκητα/φυτού και με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι μηχανισμοί που εμπλέκονται στην προστασία των φυτών από τα παθογόνα μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

3.1. Βελτίωση της θρεπτικής κατάστασης του φυτού / επανόρθωση της ζημιάς

Η αυξημένη ικανότητα πρόσληψης θρεπτικών από τις μυκορριζικούς μύκητες μπορεί να βοηθήσει το φυτό ξενιστή να ξεπεράσει τις προσβολές από τα παθογόνα. Επιπροσθέτως, η αύξηση στη βιομάζα της ρίζας μπορεί να επανορθώσει την ζημιά στους ιστούς και την αποσύνθεση τμημάτων της ρίζας και συνεπώς να μειώσει σημαντικά τα συμπτώματα της ασθένειας. Εντούτοις, υπάρχουν αποδείξεις ότι η βελτίωση της θρέψης, δεν αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα (Trotta κ.ά. 1996). Έτσι, πιθανόν ισχύουν άλλοι μηχανισμοί που συνδέονται με την συμβίωση φυτού με τους μυκορριζικούς μύκητες.

3.2 Ανταγωνισμός για τα φωτοσυνθετικά προϊόντα του ξενιστή

Η αύξηση τόσο των συμβιωτικών όσο και των παθογόνων οργανισμών εξαρτάται από τα φωτοσυνθετικά προϊόντα του ξενιστή. Ο ανταγωνισμός για ενώσεις άνθρακα μπορεί να είναι η αιτία για την ύφεση του παθογόνου στα φυτά με μυκορριζικούς μύκητες. Παρόλα αυτά, δεν έχουν αναφερθεί δεδομένα που να καταστούν τον ανταγωνισμό για υδατάνθρακες υπεύθυνο στον έλεγχο των παθογόνων από τους μυκορριζικούς μύκητες.

Τα παθογόνα των ριζών και οι δενδρόμορφοι μύκητες αποικίζουν τους ίδιους ιστούς της ρίζας, κατά συνέπεια η πιθανότητα ανάπτυξης ανταγωνισμού για χώρο μεταξύ των μικροοργανισμών πρέπει να ληφθεί υπόψη. Σε εργασίες που μελετήθηκαν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ *Phytophthora* και δενδρόμορφων μυκορριζικών μυκήτων σε φυτά τομάτας βρέθηκε ότι το παθογόνο δεν διαπερνά τα κύτταρα του φλοιού που είναι αποικισμένα από μυκορριζικούς μύκητες (Cordier κ.ά. 1996, 1998) αποδεικνύοντας έτσι ότι οι μυκορριζικές μπορούν να ασκήσουν κάποιο είδος αποκλεισμού του παθογόνου μύκητα.

3.3. Αλλαγές στην ανατομία και την αρχιτεκτονική του ριζικού συστήματος

Οι δενδρόμορφοι μύκητες ασκούν σημαντική επίδραση στην αρχιτεκτονική του ριζικού συστήματος, συχνά προάγοντας την αύξηση των διακλαδώσεων (Berta κ.ά. 1995), αν και έχει περιγραφεί και η

αντίθετη επίδραση (Forbes κ.ά. 1996). Αλλαγές στην μορφολογία του ριζικού συστήματος μπορούν να τροποποιήσουν την μολυσματικότητα ενός παθογόνου του εδάφους και την εξέλιξη της ασθένειας. Η σπουδαιότητα των αλλαγών αυτών δεν έχει ερευνηθεί λεπτομερώς. Προκαταρκτικά συμπεράσματα από έρευνες σε φυτά φράουλας ως ξενιστές έδειξαν ότι οι αλλαγές στην αρχιτεκτονική των ριζών που προκλήθηκαν από την εγκατάσταση μυκορριζικών μυκήτων δεν εμπλέκονταν άμεσα στην αύξηση της αντοχής εναντίον του *Phytophthora fragariae* (Norman κ.ά. 1996).

Αποτελέσματα έρευνας σε ρίζες φυτών, αποικισμένες με δενδρόμορφους μυκορριζικούς μύκητες και εμβολιασμένες με σπόρια του μύκητα *Phytophthora parasitica*, είχαν λιγότερη μόλυνση από το παθογόνο σε σχέση με ρίζες χωρίς μυκορριζικούς μύκητες (Vigo κ.ά. 2000). Επιπλέον, δεν αναφέρθηκαν σημαντικές επιδράσεις του μυκορριζικού μύκητα στην αρχιτεκτονική του ριζικού συστήματος. Οι παραπάνω συγγραφείς υποστηρίζουν ότι η μείωση της μόλυνσης μπορεί να είναι η συνέπεια των αλλαγών στις εκκρίσεις των ριζών που προκαλούνται από τους μυκορριζικούς μύκητες ή άμεσων επιδράσεων του αποικισμού των μυκορριζικών μυκήτων στα επιδερμικά κύτταρα που μειώνουν την ευπάθειά τους στην μόλυνση (Vigo κ.ά. 2000).

3.4. Μικροβιακές αλλαγές στην ριζόσφαιρα

Οι εκκρίσεις των ριζών τροποποιούνται από την παρουσία μιας ενεργούς μυκορριζικής συμβίωσης (Bansal και Mukerji 1994). Επίσης, το pH του εδάφους επηρεάζεται από την εγκατάσταση των μυκορριζικών μυκήτων και την ανάπτυξη του μυκηλίου (Bago κ.ά. 1996, Bago και Azcón-Aguilar 1997). Συνεπώς, κάποιοι μικροοργανισμοί μπορούν να διεγείρουν ή να αναστείλουν την αύξησή τους εντός της ριζόσφαιρας φυτών αποικισμένων με μυκορριζικούς μύκητες (Barea 1997). Οι Linderman και Paulitz (1990) και Azcón-Aguilar και Barea (1992) αποδεικνύουν ότι ο σχηματισμός μυκορριζών προκαλεί ποιοτικές, ποσοτικές και χωρικές αλλαγές στους πληθυσμούς των μικροβίων που βρίσκονται στο έδαφος.

Άμεσος ή έμμεσος ανταγωνισμός μεταξύ δενδρόμορφων μυκήτων και φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών μπορεί να λάβει χώρα κοντά στην ρίζα. Έμμεσος ανταγωνισμός μπορεί να συμβεί γιατί κάποιοι από τους μικροοργανισμούς που διεγείρονται από την παρουσία μυκορριζικών μυκήτων αναστέλ-

λουν τα παθογόνα του φυτού και κατά συνέπεια δρουν συνεργιστικά με τους δενδρομορφους μύκητες στην προστασία του φυτού (Filion κ.ά. 1999). Οι δενδρομορφοι μυκορριζικοί μύκητες, όμως, μπορούν να αλληλεπιδράσουν άμεσα με το παθογόνο. Για παράδειγμα, ο σχηματισμός σπορίων του *Phytophthora fragariae* διεγέρθηκε λιγότερο από εκκρίσεις ριζών από φυτά χωρίς μυκορριζικούς μύκητες συγκριτικά με εκκρίσεις από φυτά με μυκορριζικούς μύκητες (Norman και Hooker 2000). Μελέτες στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές καλλιέργειες του δενδρομορφου μύκητα *Glomus intraradices*, οι οποίες επιτρέπουν στον μύκητα να αυξηθεί απουσία ριζών, αποφεύγοντας έτσι παρεμβάσεις των εκκρίσεων των ριζών, απέδειξαν την άμεση επίδραση του μύκητα *Glomus intraradices* στην αύξηση του *Fusarium oxysporum* f. sp. *chrysanthemi* (St-Arnaud κ.ά. 1995). Επιπλέον, εκκρίσεις που λήφθηκαν από το μυκήλιο του *Glomus intraradices* επηρέασαν την αύξηση και την ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών του εδάφους (Filion κ.ά. 1999).

3.5. Ενεργοποίηση μηχανισμών άμυνας του φυτού

Η προστασία του φυτού από τα παθογόνα του εδάφους μπορεί να προκύψει από την ενεργοποίηση μηχανισμών άμυνας του φυτού από τον δενδρομορφο μυκορριζικό μύκητα. Η εμπλοκή ενός τέτοιου μηχανισμού είναι φαινομενικά μια αντίφαση καθώς στα πρώιμα στάδια του αποικισμού των ριζών μόνο μια ασθενής και παροδική αντίδραση άμυνας προκαλείται στο φυτό ξενιστή (Azcón-Aguilar και Barea 1996, Gianinazzi-Pearson 1996) και αργότερα αυτή η αντίδραση εξαφανίζεται (Kapulnik κ.ά. 1996). Ωστόσο, φαίνεται ότι, παρά τις ασθενείς αντιδράσεις, ο αποικισμός από δενδρομορφους μυκορριζικούς μύκητες κάνει τον ξενιστή ανθεκτικό στις προσβολές από παθογόνα. Στην πραγματικότητα, οι δενδρομορφοι μυκορριζικοί μύκητες παράγουν ουσίες ικανές να προκαλέσουν αντιδράσεις άμυνας των φυτών, όπως αποδείχθηκε από περιστασιακά αντίστασης που προκλήθηκαν από δενδρομορφους μύκητες σε μη μυκορριζικά φυτά ή σε μεταλλαγμένα σχήματα ανάμεσα να στηρίζουν την συμβίωση (Gollote κ.ά. 1993). Επομένως, φαίνεται ότι σε φυσιολογικές περιπτώσεις οι δενδρομορφοι μύκητες καταστέλλουν τους μηχανισμούς άμυνας των φυτών (Blee και Anderson 2000).

Σε μια πλήρως εγκατεστημένη μυκορριζική συμβίωση, οι αντιδράσεις άμυνας φαίνεται ότι περιορί-

ζονται σχεδόν αποκλειστικά στα κύτταρα που περιέχουν "θυσάνους" (arbusculus), στα οποία έχει περιγραφεί έκφραση γονιδίων που συσχετίζονται με την άμυνα (Harrison και Dixon 1994). Αυτά τα γονίδια πιθανόν διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο στην ρύθμιση της συμβίωσης.

4. Επίδραση των μυκορριζικών μυκήτων στην ποικιλότητα των φυτών

Έχει αποδειχθεί το γεγονός ότι η παρουσία των μυκορριζικών μυκήτων στο έδαφος είναι δυνατό να έχει σημαντική επίδραση στην ποικιλότητα των ειδών και στη σύνθεση των φυτοκοινοτήτων (Grime κ.ά. 1987, Hartnett και Wilson 1999, Klironomos 2002, 2003, Hard κ.ά. 2003, Brundrett 2004, Wardle 2004). Επίσης, υπάρχουν ενδείξεις ότι η επίδρασή τους στις φυτοκοινότητες εξαρτάται από τις εξειδικευμένες σχέσεις μεταξύ μυκορριζικών μυκήτων και φυτών, τη διαθεσιμότητα των εδαφικών πόρων και τις αβιοτικές συνθήκες (Hartnett κ.ά. 1994, Francis και Read 1995).

Η παρουσία των μυκορριζικών μυκήτων είναι δυνατό να οδηγήσει σε μείωση της ποικιλότητας των φυτικών ειδών (Newsham κ.ά. 1995, Hartnett και Wilson 1999). Αυτό συμβαίνει όταν τα κυρίαρχα είδη αποικίζονται εντονότερα από μυκορριζικούς μύκητες σε σχέση με τα λιγότερο ανταγωνιστικά. Έτσι, η αποτελεσματικότερη πρόσληψη του φωσφόρου λόγω της συμβίωσής τους με αποτελεσματικότερους στην πρόσληψη του φωσφόρου μυκορριζικούς μύκητες επαιξάνει την ανταγωνιστικότητά τους με αποτέλεσμα να περιορίζεται ακόμα περισσότερο η αύξηση των υποδεέστερων ανταγωνιστικά φυτικών ειδών (West 1996, Hartnett και Wilson 2002). Οι Hartnett και Wilson (2002) μελέτησαν την επίδραση του benomyl στην ποικιλότητα των ειδών. Η εφαρμογή του μυκητοκτόνου αύξησε την ποικιλότητα των φυτικών ειδών σε ποολίβαδο και σε πείραμα σε θερμοκήπιο. Αυτό συνέβη λόγω του ότι μειώθηκε ο πληθυσμός των μυκορριζικών μυκήτων στις ρίζες του κυρίαρχου είδους με αποτέλεσμα την μείωση της ανταγωνιστικότητάς του, πράγμα που συνέβαλε στην αύξηση του αριθμού των ειδών.

Ακόμα, είναι δυνατό η παρουσία των μυκορριζικών μυκήτων να οδηγήσει σε αύξηση του πλήθους των υποδεέστερων ειδών σε σχέση με τα κυρίαρχα και κατά συνέπεια σε αύξηση της ποικιλότητας των ειδών (Grime κ.ά. 1987, Newman και Reddle 1988, Read 1998). Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση που τα λιγότερο ανταγωνιστικά είδη συμβιώνουν σε μεγα-

λύτερο βαθμό με μυκορριζικούς μύκητες σε σχέση με τα πιο ανταγωνιστικά και κατά συνέπεια κυρίαρχα είδη. Έτσι, τα λιγότερο ανταγωνιστικά μπορούν να συνυπάρχουν λόγω του ότι χάρη στην παρουσία των μυκορριζικών μυκήτων έχουν την ικανότητα αποτελεσματικότερης εκμετάλλευσης των εδαφικών πόρων (Zobel και Moora 1995, Moora και Zobel 1996).

Σε πείραμα τους οι van der Heijden κ.ά (1998) έδειξαν ότι η ποικιλότητα των φυτών, η πρόσληψη θρεπτικών και η παραγωγικότητα μπορούν να αυξηθούν σημαντικά με την αύξηση του αριθμού των ειδών των μυκήτων. Έγινε προοδευτική αύξηση του αριθμού των ειδών των δενδρόμορφων μυκήτων (από 0 έως 14 είδη) σε ένα τυποποιημένο μίγμα από παλιά φυτικά είδη. Αποδείχθηκε ότι τόσο η ποικιλότητα, όσο και η παραγωγικότητα του υπέργειου αλλά και του υπόγειου τμήματος αυξανόταν με την αύξηση του αριθμού των δενδρόμορφων μυκήτων. Αυτές οι παρατηρήσεις είναι σύμφωνες με έναν ρόλο λειτουργικής συμβατότητας καθώς η προοδευτική προσθήκη των ειδών των μυκήτων θα αυξήσει την πιθανότητα να επιτευχθούν οι πιο ευνοϊκοί συνδυασμοί συμβιωτών. Η αύξηση της ποικιλότητας των δενδρόμορφων μυκήτων οδήγησε στην παραγωγή μεγαλύτερου μήκους μυκηλιακών υφών, σε πιο αποτελεσματική πρόσληψη του εδαφικού φωσφόρου και σε αύξηση της περιεκτικότητας σε φωσφόρο του φυτικού ιστού. Αυτή η σχέση μεταξύ αριθμού ειδών και μυκορριζικών μυκήτων σε οικοσυστήματα με χαμηλή διαθεσιμότητα σε θρεπτικά στοιχεία έχει επιπτώσεις στην διατήρηση των ειδών. Η εντατική διαχείριση των εδαφών έχει δυσμενείς επιδράσεις στον αριθμό των μυκήτων (Helgason κ.ά. 1998) και κατά συνέπεια και στον αριθμό των ειδών.

5. Αναστολή του αποικισμού των μυκορριζικών μυκήτων

Η αναστολή της ανάπτυξης των μυκορριζικών μυκήτων είναι δυνατό να επιτευχθεί με την απολύμανση του εδάφους και με τη χρήση μυκητοκτόνων. Η απολύμανση του εδάφους μπορεί να γίνει με την εφαρμογή ισχυρών χημικών ουσιών με συνηθέστερο το βρωμιούχο μεθύλιο. Αυτό οδηγεί σε πλήρη εξασφάλιση όλων των οργανισμών του εδάφους, όπως επίσης και των αναπαραγωγικών τους μορφών. Έτσι ταυτόχρονα με τις μυκορριζικούς μύκητες καταστρέφονται και άλλοι ωφέλιμοι μικροοργανισμοί του εδάφους οι οποίοι είναι απαραίτητοι για την αύξηση των φυτών.

Η εφαρμογή διασυστηματικών μυκητοκτόνων είναι μια ακόμη μέθοδος που χρησιμοποιείται με

σκοπό την αναστολή του αποικισμού των μυκορριζικών μυκήτων στις ρίζες των φυτών. Η μέθοδος αυτή κρίνεται ως η καταλληλότερη λόγω του ότι δεν επηρεάζει την παρουσία άλλων μικροοργανισμών του εδάφους (Fitter 1990). Το μυκητοκτόνο που χρησιμοποιείται συνήθως είναι το benomyl το οποίο έχει αποδειχθεί ότι δεν επηρεάζει τις βιολογικές διεργασίες που επιτελούνται στο έδαφος, όπως συμβαίνει με την απολύμανση του εδάφους, ούτε τη φυσιολογία των φυτών (Fitter 1988).

Οι West κ.ά. (1993) σε πείραμά τους προσπάθησαν να περιορίσουν την παρουσία των μυκορριζικών μυκήτων με τη βοήθεια τριών μυκητοκτόνων. Χρησιμοποίησαν τα μυκητοκτόνα benomyl, prochloraz και iprodione με στόχο την καταστροφή των μυκορριζικών μυκήτων σε πληθυσμούς του είδους *Vulpia ciliata*. Το benomyl ήταν το αποτελεσματικότερο από τα τρία στην καταστροφή των μυκορριζικών μυκήτων και το μόνο που τις περιορίσε τόσο στα φυτά στο θερμοκήπιο όσο και στα φυτά στον αγρό. Κανένα από τα τρία μυκητοκτόνα δεν επέδρασε στην αύξηση και στην ανάπτυξη των φυτών.

Τέλος, οι Lum και Hirsch (2003) αναφέρουν ότι ουσίες όπως είναι οι ορμόνες τα φλαβονοειδή οι φαινολικές ενώσεις κ.τ.λ. που παράγονται από το φυτό επηρεάζουν τον αποικισμό των ριζών με μυκορριζικούς μύκητες. Οι Barker και Tagu (2000) αναφέρουν ότι φυτά αποικισμένα με μυκορριζικούς μύκητες έχουν διαφοροποιήσει τα επίπεδα κυτοκινητών.

6. Συμπεράσματα

Οι αμοιβαίως επωφελείς σχέσεις μεταξύ φυτού και μύκητα, διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο τόσο στα φυσικά οικοσυστήματα, όσο και στα αγροοικοσυστήματα. Στην αμοιβαίως επωφελή αυτή σχέση το φυτό προμηθεύει υδατάνθρακες στο μύκητα ενώ ο μύκητας εντείνει την πρόσληψη από το φυτό θρεπτικών στοιχείων, ειδικά φωσφόρου, τα οποία προ-ελαμβάνει με μεγαλύτερη ευκολία από το έδαφος και προσπατεύει το φυτό από παθογόνους μύκητες και τοξικά στοιχεία. Η επίδραση των μυκορριζικών μυκήτων τόσο στην ενυδάτωση των φυτικών ιστών είναι συχνά αμελητέα και βραχύβια όσο και στην πρόσληψη βαρέων μετάλλων εξαρτάται από το είδος του φυτού και του μύκητα. Αύξηση του αριθμού των μυκορριζικών μυκήτων σ' ένα οικοσύστημα, συνεισφέρει στην αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση των εδαφικών πόρων από μεγαλύτερο αριθμό φυτικών ειδών συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της ποικιλότητας και της παραγωγικότητάς του.

The role of arbuscular mycorrhiza on nutrient, water and heavy metals uptake on pathogens activations and plant community composition

S. Koukoulis¹ and A.P. Mamolos¹

SUMMARY

The symbiosis of mycorrhizal fungus with plants benefits both partners. In this mutually profitable relation, the plant provides the mycorrhizal fungus with carbohydrates, while the fungus intensifies plants' uptake of nutrients, especially of phosphorus, which can uptake more easily from the soil, and protects the plant from pathogenic fungi and toxic elements. Also, mycorrhizal influences on tissue hydration and heavy metals uptake are often subtle, transient and symbiont specific. Increasingly diverse fungal population may lead to greater vigour of the fungal web, so contributing to more effective exploitation of soils from greater number of plant species, increasing diversity and productivity of ecosystems.

Key words: Mycorrhiza, Mutualism, Symbiosis, Terrestrial ecosystems.

Βιβλιογραφία

- Akköprü, A. and S. Demir 2005. Biological control of fusarium wilt in tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* by AMF *Glomus intraradices* and some *Rhizobacteria*. *Journal of Phytopathology* 153:554-550.
- Asai, T. 1944. Über die mycorrhizenbildung der leguminösen pflanzen. *Japanese Journal of Botany* 13:463-485.
- Azcón-Aguilar, C. and J.M. Barea. 1992. Interactions between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. Pages 163-198 in Allen M.F., editor. *Mycorrhizal Functioning*. Chapman and Hall, London, UK.
- Azcón-Aguilar, C. and J.M. Barea. 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens. An overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza* 6:457-464.
- Augé, R.M. 2001. Water relations, symbiosis. *Mycorrhiza* 11:3-42.
- Augé, R.M. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. *Canadian journal of Soil Science* 84: 373-381.
- Bago, B. and C. Azcón-Aguilar. 1997. Changes in the rhizospheric pH induced by arbuscular mycorrhiza formation in onion (*Allium cepa*, L.). *Z Pflanzenernähr Bodenk* 160:333-339.
- Bago, B., H. Vierheilig, Y. Piché and C. Azcón-Aguilar. 1996. Nitrate depletion and pH changes induced by the extraradical mycelium of the arbuscular-mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* grown in monoxenic culture. *New Phytologist* 133:273-280.
- Bansal, M. and K.G. Mukerji. 1994. Positive correlation between VAM-induced changes in root exudation and mycorrhizosphere mycoflora. *Mycorrhiza* 5:39-44.
- Barea, J.M. 1997. Mycorrhiza/bacteria interactions on plant growth promotion. Pages 150-158 in Ogoshi A., Kobayashi L., Homma Y., Kodama F., Kondon N. and Akimo S., editors. *Plant Growth-promoting Rhizobacteria, Present Status and Future Prospects*. OECD, Paris.
- Barea, J.M. and C. Azcón-Aguilar. 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. *Advances in Agronomy* 36:1-54.
- Barker, S.J. και D.Tagu. 2000. The roles of auxins and cytokinins in mycorrhizal symbioses. *Journal of Plant Growth Regulation* 19:144-154.
- Baylis, G.T.S. 1959. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizas on growth of *Griselinia littoralis* (*Cornaceae*). *New Phytologist* 55:274-280.
- Baylis, G.T.S. 1967. Experiments on the ecological significance of phycomycetous mycorrhizas. *New Phytologist* 66:231-243.
- Βερεσόγλου, Δ.Σ. 2002. Οικολογία. Β έκδοση, Εκδόσεις "έλλα", Λάρισα.
- Berta, G., A. Trotta, A. Fusconi, J.E. Hooker, J.M. Murno, D. Arkinson, M. Giovannetti, S. Morini, P. Fortuna, P. Tisserant, V. Gianinazzi-Pearson and S.Gianinazzi. 1995. Arbuscular mycorrhizal induced changes to plant growth and root system morphology in *Prunus cerasifera*. *Tree*

¹ Laboratory of Ecology & Environmental Protection, Faculty of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece 541 24

- Physiology 15:281-293.
- Bethlenfalvay, G.J., M.S. Brown, R.N. Ames and R.S. Thomas. 1988. Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to water use and phosphate uptake. *Physiologia Plantarum* 72:565-571.
- Blee, K.A. and A.J. Anderson. 2000. Defence responses in plants to arbuscular mycorrhizal fungi. Pages 24-44 in Podila G.K. and D.D. Douds, editors. *Current Advances in Mycorrhizae Research*. APS Press, Minnesota.
- Brewster, J.L. and P.B.H. Tinker. 1972. Nutrient flow rates into roots. *Soils and Fertilities* 35:355-359.
- Brown, M.S. and G.J. Bethlenfalvay. 1987. The *Glycine-Glomus-Bradyrhizobium* symbiosis. VI. Photosynthesis in nodulated, mycorrhizal, or N- and P-fertilized soybean plants. *Plant Physiology* 85:120-123.
- Brundrett, M.C. 2004. Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biological Review* 79: 473-495.
- Brundrett, M.C., Y. Pichè and R.L. Peterson. 1984. A new method for observing the morphology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Canadian Journal of Botany* 62:2128-2134.
- Bryla, D.R. and J.M. Duniway. 1997. Water uptake by safflower and wheat roots infected with arbuscular mycorrhizal fungi *New Phytologist* 136: 591-601.
- Chaudhry, T.M., W.J. Hayes, A.J. Khan and C.S. Khoo. 1998. Phytoremediation focusing on accumulator plants that remediate metal contaminated soils. *Australian Journal of Ecotoxicology* 4:37-51.
- Chaudry, T.M., L. Hill, A.G. Khan and C. Keuk. 1999. Colonization of iron and zinc contaminated dumped filter cake waste by microbes, plants and associated mycorrhizae. pages 275-283 in Wong M.H. and Baker A.J.M. editors. *Remediation and Management of Degraded Land*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Cordier, C., S. Gianinazzi and V. Gianinazzi-Pearson. 1996. Colonisation patterns of root tissues by *Phytophthora nicotianae* var *parasitica* related to reduced disease in mycorrhizal tomato. *Plant and Soil* 185:223-232.
- Cordier, C., M.J. Pozo, J.M. Barea, S. Gianinazzi and V. Gianinazzi-Pearson. 1998. Cell defence responses associated with localized and systemic resistance to *Phytophthora parasitica* induced in tomato by an arbuscular-mycorrhizal fungus. *Plant-Microbe Interactions* 11:1017-1028.
- Daft, M.J. and T.H. Nicolson. 1972. Effect of *Endogone* mycorrhiza on plant growth. IV. Quantitative relationships between the growth of the host and development of the endophyte in tomato and maize. *New Phytologist* 71:287-295.
- Δεληβόπουλος, Σ. Γ. 1994. Μορφολογία και Ανατομία Φυτών. Θεσσαλονίκη.
- Dunne, M.J. and A.H. Fitter. 1989. The phosphorus budget of a field-grown strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. *Hapil*) crop: Evidence for a mycorrhizal contribution. *Annals of Applied Biology* 114:185-193.
- Filion, M., M. St-Arnaud and J.A. Fortin. 1999. Direct interaction between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and different rhizosphere microorganisms. *New Phytologist* 141:525-533.
- Fitter, A.H. 1988. Vegetative and reproductive allocation of phosphorus and potassium in relation to biomass in six species of *Viola*. *Journal of Ecology* 76:617-636
- Fitter, A.H. 1990. The role and ecological significance of vesicular arbuscular mycorrhiza in temperate ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 29:137-151.
- Forbes, P.J., C.H. Ellison and J.E. Hooker. 1996. The impact of arbuscular mycorrhizal fungi and temperature on root system development. *Agronomie* 16:617-620.
- Francis, R. and D.J. Read. 1995. Mutualism and antagonism in the mycorrhizal symbiosis, with special reference to impacts on plant community structure. *Canadian Journal of Botany* 73:1302-1309.
- Galli, U., H. Scheupp and C. Brunold. 1994. Heavy metal binding by mycorrhizal fungi. *Physiologia Plantarum* 92:364-368.
- Garcia-Garrido, J.M. and J.A. Ocampo. 1989. Effect of VA mycorrhizal infection of tomato on damage caused by *Pseudomonas syringae*. *Soil Biology and Biochemistry* 21:165-167.
- Gerdemann, J.W. 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. *Annual Review of Phytopathology* 6:397-418.
- Gardner, I.C. 1986. Mycorrhizae of actinorhizal plants. *Mircen Journal* 2:147-160.
- Garrett, S.D. 1970. Pathogenic Root-infecting Fun-

- gi. Cambridge University Press.
- Gianinazzi-Pearson, V. 1996. Plant cell responses to arbuscular mycorrhizal fungi: Getting to the roots of the symbiosis. *Plant and Cell* 8:1871-1883.
- Gollote, A., V. Gianinazzi-Pearson, M. Giovannetti, C. Sbrana, L. Avio and S. Gianinazzi. 1993. Cellular localization and cytochemical probing of resistance reactions to arbuscular mycorrhizal fungi in the 'locus a' mycomutant of *Pisum sativum* L. *Planta* 191:112-122.
- Govindarajulu, M., P.E. Pfeffer., H. Jin, J. Abubaker, D.D. Douds, J.W. Allen, H. Bucking, P.J. Lammers and Y. Shachar-Hill. 2005. Nitrogen transfer in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Nature* 435:819-823.
- Grime, J.P., J.M. MacKey, S.H. Hillier and D.J. Read. 1987. Floristic diversity in a model system using experimental microcosms. *Nature* 328:420-422.
- Habte, M., Zhang, Y.C. and D.B. Schmitt. 1999. Effectiveness of *Glomus* species in protecting white clover against nematode damage. *Canadian Journal of Botany* 77:135-139.
- Hamel, C. and D.L. Smith. 1991. Interspecific N-transfer and plant development in a mycorrhizal field-grown mixture. *Soil Biology and Biochemistry* 23:661-665.
- Hardie, K. 1985. The effect of removal of extraradical hyphae on water uptake by vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *New Phytologist* 101: 677-684.
- Harris, D., R.S. Pacovsky and E.A. Paul. 1985. Carbon economy of soybean-*Rhizobium Glomus* associations. *New Phytologist* 101:427-440.
- Harrison, M.J. and R.A. Dixon. 1994. Spatial patterns of expression of flavonoid/isoflavonoid pathway genes during interactions between roots of *Medicago truncatula* and mycorrhizal fungus *Glomus versiforme*. *The Plant Journal* 6:9-20.
- Hart, M.M., R.J. Reader and J.N. Klironomos. 2003. Plant coexistence mediated by arbuscular mycorrhizal fungi. *Trends in Ecology and Evolution* 18:418-423.
- Hartnett, D.C. and G.W.T. Wilson. 1999. Mycorrhizae influence plant community structure and diversity in tall grass prairie. *Ecology* 80:1187-1195.
- Hartnett, D.C. and G.W.T. Wilson. 2002. The role of mycorrhizas in plant community structure and dynamics: Lessons from grasslands. *Plant and Soil* 244:319-331.
- Hartnett, D.C., R.J. Samenus, L.E. Fischer and B.A.D. Hetrick. 1994. Plant demographic responses to mycorrhizal symbiosis in tallgrass prairie. *Oecologia* 99:21-26.
- Hayman, D.S. and B. Mosse. 1972. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. III. Increased uptake of labile P from soil. *New Phytologist* 71:41-47.
- Heggo, A., J.S. Angle, and R.L. Chaney. 1990. Effects of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on heavy metal uptake by soybean. *Soil Biology and Biochemistry* 22:856-869.
- Helgason, T., T.J. Daniell, R. Husband, A.H. Fitter and J.P.Y. Young. 1998. Ploughing up the wood-wide web. *Nature* 394:431.
- Hodge, A. C.D. Campbell and A.H. Fitter. 2001. An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature* 413:297-299.
- Hooker, J.E., M. Jaizme-Vega and D. Atkinson. 1994. Biocontrol of plant pathogens using arbuscular mycorrhizal fungi. Pages 191-200 in Gianinazzi S., and Schüepp H., editors. *Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems*. Birkhäuser, Basel, Switzerland.
- Jaizme-Vega, M.C. and J. Pinochet. 1997. Growth response of banana to tree mycorrhizal fungi in *Pratylenchus goodeyi* infested soil. *Nematropica* 27:69-76.
- Jakobsen, I. 1986. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in field grown crops. III. Mycorrhizal infection and rates of phosphorus inflow in pea plants. *New Phytologist* 104:573-581.
- Johnson, N.C., J.H. Graham, F.A. Smith. 1997. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. *New Phytologist* 135:575-586.
- Kamula, S.A., C.A. Peterson and C.I. Mayfield. 1994. Impact of the exodermis on infection of roots by *Fusarium culmorum*. *Plant and Soil* 167:121-126.
- Kapulnik, Y., H. Volpin, H. Itzhaki, D. Ganon, S. Galili, R. David, O. Shaul, Y. Elad, I. Chet and Y. Okon. 1996. Suppression of defence responses in mycorrhizal alfalfa and tobacco roots. *New Phytologist* 133:59-64.
- Khan, A.G., C. Keuk, T.M. Chaudhry, C.S. Khoo

- and W.J. Hayes. 2000. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. *Chemosphere* 41:197-207.
- Kiers, E.T. and M.G.A. van der Heijden. 2006. Mutualistic stability in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: Exploring hypotheses of evolutionary cooperation. *Ecology* 87: 1627-1636.
- Klironomos, J.N. 2002. Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities. *Nature* 417:67-70.
- Klironomos, J.N. 2003. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology* 84: 2292-2301.
- Kottke, I. 2002. Mycorrhizae-rhizosphere determinants of plant communities. Pages 919-932 in Waisel Y., Eshel A., and Kafkafi U., editors. *Plant Roots the Hidden Half*, 3rd edition, revised and expanded. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Lasat, M.M. 2002. Phytoextraction of Toxic Metals: A Review of biological mechanisms. *Journal of Environmental Quality* 31:109-120.
- Linderman, R.G. and T.C. Paulitz. 1990. Mycorrhizae-rhizobacterial interactions. Pages 261-283 in Horby D., Cook R.J., Henis Y., Ko W.H., Rovira A.D., Schippers B. and Scott P.R., editors. *Biological Control of Soil-borne Plant Pathogens*. CAB International Wallingford, UK.
- Lum, M.R. and A.M. Hirsch. 2003. Roots and their symbiotic microbes: Strategies to obtain nitrogen and phosphorus in a nutrient-limiting environment. *Journal of Plant Growth Regulation* 21:368-382.
- Ma, L.Q., K.M. Komar, C. Tu, W. Zhang, Y. Cai and E.D. Kenelley. 2001. A fern that hyperaccumulates arsenic. *Nature* 409:579.
- McGonigle, T.P. and A.H. Fitter. 1988. Growth and phosphorus inflows of *Trifolium repens* L. with a range of indigenous vesicular-arbuscular mycorrhizal infection levels under field conditions. *New Phytologist* 108:59-65.
- Moora, M. and M. Zobel. 1996. Effect of arbuscular mycorrhiza and inter- and intraspecific competition of two grassland species. *Oecologia* 108:79-84.
- Morton, J.B. and G.L. Benny. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (*Zygomycetes*): a new order, *Glomales*, two new suborders, *Glomineae* and *Gigasporineae*, and two new families, *Acaulosporaceae* and *Gigasporaceae*, with an emendation of *Glomaceae*. *Mycotaxonomy* 37:471-491.
- Mosse, B. 1957. Growth and chemical composition of mycorrhizal and non-mycorrhizal apples. *Nature* 178:922-924.
- Newman, E.I. and P. Reddle. 1988. Relationship between mycorrhizal infection and diversity in vegetation: Evidence from the Great Smokey Mountains. *Functional Ecology* 2:259-262.
- Newsham, K.K., A.H. Fitter and A.R. Watkinson. 1995. Arbuscular mycorrhiza protect an annual grass from root pathogenic fungi in the field. *Journal of Ecology* 83:991-1000.
- Norman, J.R. and J.E. Hooker. 2000. Sporulation of *Phytophthora fragariae* shows greater stimulation by exudates of non-mycorrhizal strawberry roots. *Mycology Research* 104:1069-1073.
- Norman, J.R., D. Atkinson and J.E. Hooker. 1996. Arbuscular mycorrhizal fungal-induced alteration to root architecture in strawberry and induced resistance to the root pathogen *Phytophthora fragariae*. *Plant and Soil* 185:191-198.
- Pairunan, A.K., A.D. Robson and L.K. Abbott. 1980. The effectiveness of vesicular-arbuscular mycorrhizas in increasing growth and phosphorus uptake of subterranean clover from phosphorus sources of different solubilities. *New Phytologist* 84:327-338.
- Pate, J.S. 1994. The mycorrhizal association: just one of many nutrient acquiring specialisations in natural ecosystems. *Plant and Soil* 159:1-10.
- Pawlowska, T.E., J. Blazkowski and A. Ruhling. 1996. The mycorrhizal status of plants colonizing a calamine spoil mound in southern Poland. *Mycorrhiza* 6:499-505.
- Pawlowska, T.E. και J.W. Taylor. 2004. Organization of genetic variation in individuals of arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature* 427:733-737.
- Pinochet, J., C. Calvet, A. Camprubi and C. Fernandez. 1996. Interactions between migratory endoparasitic nematodes and arbuscular mycorrhizal fungi in perennial crops: A review. *Plant and Soil* 185:183-190.
- Raman, N., and S. Sambandan. 1998. Distribution of VAM fungi in tannery effluent polluted soils of Tamil Nadu. *India Bulletin Contamination and Toxicology* 60:142-150.
- Read, D. 1998. Biodiversity: Plants on the web. *Nature* 396:22-23.

- Rose, S.L. 1980. Mycorrhizal associations of some actinomycete nodulated nitrogen fixing plants. *Canadian Journal of Botany* 58:1449-1454.
- Rose, S.L. and C.T. Youngberg. 1981. Tripartite associations in snow-bush (*Ceanothus velutinus*): effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth, nodulation and nitrogen fixation. *Canadian Journal of Botany* 59:34-39.
- Safir, G.R., J.S. Boyer and J.W. Gerdemann. 1971. Mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Science* 172:581-583.
- Safir, G.R., J.S. Boyer and J.W. Gerdemann. 1972. Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Plant Physiology* 49:700-703.
- Σακελλαριάδης, Σ.Δ. και Α.Κ. Παυλάτου. 1999. Η Δυναμική της Οργανικής Ουσίας και η Βιοτεχνολογική Διαχείρισή της. Διαχείριση Εδαφικών Πόρων. Πρόγραμμα Αειφορική Γεωργία, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Sanders, F.E. and P.B. Tinker. 1971. Mechanism of absorption of phosphate from soil by *Endogone* mycorrhizas. *Nature* 233:278-279.
- Sanders, F.E. and P.B. Tinker. 1973. Phosphate flow into mycorrhizal roots. *Pesticide Science* 4:385-395.
- Sanders, F.E., P.B. Tinker, R.L.B. Black and S.M. Palmerley. 1977. The development of endomycorrhizal root systems. I. Spread of infection and growth promoting effects with four species of vesicular-arbuscular endophyte. *New Phytologist* 78:257-268.
- Scheffknecht, S., R. Mammeler, S. Steinkellner and H. Vierheilig. 2006. Root exudates of mycorrhizal tomato plants exhibit a different effect on microconidia germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* than root exudates from non-mycorrhizal tomato plants. *Mycorrhiza* 16: 365-370.
- Shetty, K.G., B.A.D. Hetrick, D.A.H. Figge and A.P. Schwab. 1994. Effects of mycorrhizae and other soil microbes on revegetation of heavy metal contaminated mine spoil. *Environmental Pollution* 86:181-188.
- Slezack, S., E. Dumas-Gaudot, M. Paynot and S. Gianinazzi. 2000. Is a fully established arbuscular mycorrhizal symbiosis required for bioprotection of *Pisum sativum* roots against *Aphanomyces euteiches*? *Molecular Plant Microbe Interactions* 13:238-241.
- Smith, K.P. 1980. Asymbiotic germination of orchid seeds on carbohydrates of fungal origin. *New Phytologist* 72:497-499.
- Smith, S.E. and V. Gianinazzi-Pearson. 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular arbuscular mycorrhizal plants. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology* 39:221-244.
- Smith, S.E. and V. Gianinazzi-Pearson. 1990. Phosphate uptake and arbuscular activity in mycorrhizal *Allium cepa* L.: Effects of photon irradiance and phosphate nutrition. *Australian Journal of Plant Physiology* 17:177-188.
- Smith, K.P. and R.M. Goodman. 1999. Host variation for interactions with beneficial plant-associated microbes. *Annual Review of Phytopathology* 37:473-491.
- Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. 2nd edition. Academic Press, London.
- St-Arnaud, M., C. Hamei, B. Vimard, M. Caron and J.A. Fortin. 1995. Altered growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Chrysanthemi* in an in vitro dual culture system with the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* growing on *Daucus carota* transformed roots. *Mycorrhiza* 5:431-438.
- Stewart, G.R., J.S. Pate and M. Unkovich. 1993. Characteristics of inorganic nitrogen assimilation of plants in fire-prone Mediterranean type vegetation. *Plant, Cell and Environment* 16:351-363.
- Stribley, D.P. and D.J. Read. 1980. The biology of mycorrhiza in the *Ericaceae*. VII. The relationship between mycorrhizal infection and the capacity to utilize and complex organic nitrogen sources. *New Phytologist* 86:365-371.
- Tinker, P.B. 1975. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizas on higher plants. *Symposium of the Society for Experimental Biology* 29:325-329.
- Trappe, J.M. 1987. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. Pages 5-25 in Safir G.R., editor. *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Trotta, A., G.C. Varese, E. Gnani, A. Fusconi, S. Sampo and G. Berta. 1996. Interactions between the soil-borne root pathogen *Phytophthora nicotianae* var *parasitica* and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* in tomato plants. *Plant and Soil* 185:199-209.

- van der Heijden, M.G.A., J.N. Klironomos and M. Ursic. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* 396:69-72.
- Vigo, C., Norman J.R. and Hooker J.E. 2000. Biocontrol of the pathogen *Phytophthora parasitica* by arbuscular mycorrhizal fungi is a consequence of effects on infection loci. *Plant Pathology* 49:509-514.
- Wardle, D.A., R.D. Bardgett, J.N. Klironomos, H. Setälä, W.H. van der Putten and D.H. Wall. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science* 304:1629-1633.
- Weissenhorn, I. and C. Leyval. 1995. Root colonization of maize by a Cd-sensitive and a Cd-tolerant *Glomus mossae* and cadmium uptake in sand culture. *Plant Soil* 175:223-238.
- West, H.M. 1996. Influence of arbuscular mycorrhizal infection on competition between *Holcus lanatus* and *Dactylis glomerata*. *Journal of Ecology* 84:429-438.
- West, H.M., Fitter A.H. and A.R. Watkinson. 1993. Response of *Vulpia ciliate* ssp. *Ambigua* to removal of mycorrhizal infection and to phosphate application under field conditions. *Journal of Ecology* 81:351-358.
- Wibawa, A., J.B. Baon and Nurkholis. 1995. Growth of shade trees for coffee and cacao as affected by mycorrhizal and rhizobial inoculation. Pages 209-214 in Sypriyanto and Kartana J.T., editors. Proceedings of the 2nd Symposium on Biology and Biotechnology of Mycorrhizae and 3rd Asian Conference on Mycorrhizae. Biotrop Special Publication 56, Seameo Biotrop, Bogor, Indonesia.
- Wyss, P., T. Boller and A. Wiemken. 1991. Phytoalexin response is elicited by a pathogen (*Rhizoctonia solani*) but not by a mycorrhizal fungus (*Glomus mosseae*) in soybean roots. *Experientia* 47:395-399.
- Zobel, M. and M. Moora. 1995. Interspecific competition and arbuscular mycorrhiza: Importance for the coexistence of two calcareous species. *Folia Geobotanica and Phytotaxonomy Praha* 30:223-230.

Λήψη επενδυτικών αποφάσεων στη Γεωργία: Εφαρμογή δυναμικού γραμμικού προγραμματισμού σε επενδύσεις φυτικού κεφαλαίου

Α. Παυλούδη¹, Μ. Μαρτίνα,² Σ. Αγγελόπουλος³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η απόφαση του παραγωγού να επενδύσει σε φυτικό κεφάλαιο θα έχει συνέπειες για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, τουλάχιστον όσα είναι τα έτη ωφέλιμης ζωής της πολυετούς καλλιέργειας, μέσα στο οποίο θα οργανώνεται και θα αναπτύσσεται η γεωργική εκμετάλλευση.

Στη λήψη αποφάσεων, για επενδύσεις σε φυτικό κεφάλαιο, χρήσιμο εργαλείο αποτελεί η μέθοδος του Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού. Η μέθοδος αυτή δείχνει τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσει ο παραγωγός-επενδυτής προκειμένου να εγκαταστήσει μια φυτεία, και ποιο οικονομικό αποτέλεσμα αναμένεται στο χρονικό ορίζοντα που πραγματοποιείται η συγκεκριμένη επένδυση.

Συγκεκριμένα ο Δυναμικός Γραμμικός Προγραμματισμός υποδεικνύει στο γεωργό-επενδυτή με πόση έκταση μπορεί να ξεκινήσει τη φυτεία, με ποιους άλλους κλάδους θα συνδυαστεί ώσπου να αποδώσει η πολυετής καλλιέργεια, πότε πρέπει να ολοκληρώσει την επένδυση και πότε να αντικαταστήσει τη φυτεία.

Το ύψος της επένδυσης και ο χρόνος πραγματοποίησής της επηρεάζεται από την τιμή του προϊόντος, την απόδοση, τους διαθέσιμους συντελεστές παραγωγής καθώς και τον τρόπο χρηματοδότησης της επένδυσης.

Το συνολικό οικονομικό αποτέλεσμα του χρονικού ορίζοντα, αλλά και το ετήσιο, διαμορφώνεται μέσα από τα σχέδια παραγωγής που δίνει η μέθοδος. Αυτό, επιτρέπει στον παραγωγό να κάνει διορθώσεις μετά από έλεγχο και διευθετήσεις που θα επιβάλλουν κάθε φορά οι συνθήκες

Λέξεις -κλειδιά : λήψη απόφασης, επένδυση, δυναμικός γραμμικός προγραμματισμός, φυτικό κεφάλαιο

1.Εισαγωγή

Σε αντίθεση με τις ετήσιες καλλιέργειες όπου η παραγωγική διαδικασία ολοκληρώνεται στη διάρκεια ενός έτους, οι πολυετείς καλλιέργειες έχουν ένα μεγάλο κύκλο παραγωγής. Κατά συνέπεια, οι αποφάσεις που θα ληφθούν από τον παραγωγό για επενδύσεις σε φυτικό κεφάλαιο θα επηρεάζουν τη γεωργική επιχείρηση για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, ανάλογο της ωφέλιμης ζωής της επένδυσης, μέσα στο οποίο η όλη εκμετάλλευση οργανώνεται και αναπτύσσεται. Συνεπώς ο παραγωγός-επενδυτής θα πρέπει να προβεί σε μακροχρόνιο σχεδιασμό της γεωργικής του εκμετάλλευσης θέτοντας μακροπρόθεσμους στόχους που θα επιτευχθούν με επί μέρους βραχυπρόθεσμους σκοπούς, εφαρμόζοντας ένα σύστημα ελέγχου που θα κρατά τον αρχι-

κό σχεδιασμό.

Η επενδυτική στρατηγική που θα πρέπει να ακολουθήσει ο παραγωγός στο μακρύ αυτό διάστημα προκύπτει από τις αποφάσεις που θα πάρει :

- ✓ Για το ύψος της επένδυσης
- ✓ Τον άριστο συνδυασμό των υπόλοιπων κλάδων παραγωγής για όλα τα έτη της επένδυσης
- ✓ Την άριστη χρήση των συντελεστών παραγωγής κάτω από τις υπάρχουσες συνθήκες

Χρήσιμο εργαλείο στη λήψη επενδυτικών αποφάσεων στην γεωργική εκμετάλλευση αποτελεί η μέθοδος του Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού. Ο Abalu (1973) χρησιμοποίησε το Δυναμικό Γραμμικό Προγραμματισμό για τη μελέτη πολυετών καλλιεργειών στο Καμερούν, δίνοντας τη

¹ Επιστημονικός Συνεργάτης, Τμήμα Διοίκησης Γεωργικών Εκμεταλλεύσεων, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης

² Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τομέας Αγροτικής Οικονομίας, Σχολή Γεωπονίας, Α.Π.Θ.

³ Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Διοίκησης Γεωργικών Εκμεταλλεύσεων, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης

στρατηγική αντικατάστασής τους σε χρονικό διάστημα 20 χρόνων, με στόχο τη μεγιστοποίηση της καθαρής παρούσας αξίας της επένδυσης. Κατά τους Hazell και Norton (1986), ο Δυναμικός Γραμμικός Προγραμματισμός, εφαρμόζεται για τη λήψη επενδυτικών αποφάσεων που σχετίζονται με την αγορά μηχανημάτων, αγορά ή κτίσιμο κτιρίων, εκτροφή ζώων, εγκατάσταση πολυετών καλλιεργειών. Οι Warner & White και Phuphak (1993) χρησιμοποίησαν το Μοντέλο του Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού για τη λήψη άριστων επενδυτικών αποφάσεων σε φυτικό κεφάλαιο, στο Long Island και στην Ταϊλάνδη αντίστοιχα.

Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να παρουσιαστεί το θεωρητικό υπόβαθρο της μεθόδου του Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού καθώς και οι προϋποθέσεις που λαμβάνονται υπ' όψιν κατά τη χρήση της μεθόδου για την αξιολόγηση επενδύσεων σε φυτικό κεφάλαιο, ενώ στη συνέχεια παρατίθενται τα εμπειρικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθόδου σε δείγμα 30 σπαραγγοπαραγωγικών εκμεταλλεύσεων της περιοχής Ορεστιάδας.

2.Υλικά και μέθοδος

2.1Θεωρητικό υπόβαθρο της μεθόδου.

Ο δυναμικός γραμμικός προγραμματισμός είναι μια μέθοδος εύρεσης ενός συνόλου συναρτήσεων οι οποίες αριστοποιούν πρακτικά μια απλή γραμμική συνάρτηση που υπόκειται σ' ένα σύνολο χρονικά συνδεδεμένων γραμμικών περιορισμών (Day 1963). Με την μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται μια σειρά άριστων σχεδίων τέτοια ώστε, το άριστο σχέδιο της μιας χρονικής περιόδου να λαμβάνεται υπόψη για την αριστοποίηση των περιορισμών στις επόμενες χρονικές περιόδους (Phuphak 1993).

Τα στοιχεία τα οποία χαρακτηρίζουν τη μέθοδο του Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού και τα οποία την κάνουν να διαφέρει από το στατικό (μιας περιόδου) Γραμμικό Προγραμματισμό όπως αναφέρονται από τον Olsson (1972) είναι τα ακόλουθα:

- Κάθε δραστηριότητα και κάθε περιορισμός πρέπει να αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

- Για κάθε δραστηριότητα αναφερόμενη σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο δίνεται όχι μόνο ο δεσμός μεταξύ αυτής και των περιορισμών της ίδιας χρονικής περιόδου αλλά, αν αυτό είναι δυνατό, και ο δεσμός της με τους περιορισμούς άλλων

περιοδών.

- Το βασικό χαρακτηριστικό του μοντέλου είναι η δυνατότητα μεταφοράς συντελεστών παραγωγής μεταξύ των χρονικών περιόδων που αποφασίστηκαν, δίνοντας έτσι λύσεις που καλύπτουν ένα «χρονικό ορίζοντα» μέσα στον οποίο η επένδυση αποδίδει και αναπτύσσεται. Έτσι οι λύσεις που προκύπτουν από την εφαρμογή του έχουν δυναμικό χαρακτήρα.

I. Μαθηματική έκφραση του Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού

Η μαθηματική έκφραση του Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού όπως αυτή διατυπώθηκε από τον Olsson (1972) είναι η ακόλουθη :

$$\pi^* = \max. CX$$

$$AX \leq B$$

$$X \geq 0$$

$$C = [c_{1,j}]_{1 \times n}$$

αντιπροσωπεύει την ανά μονάδα συμμετοχή της κάθε παραγωγικής δραστηριότητας j , στην πραγματοποίηση του κύριου σκοπού, ο οποίος επιθυμούμε να μεγιστοποιηθεί. Στην περίπτωση αυτή πρόκειται για την μεγιστοποίηση του Ακαθαρίστου Κέρδους.

$$X = [x_{j,1}]_{n \times 1}$$

αντιπροσωπεύει το επίπεδο της κάθε μιας j παραγωγικής δραστηριότητας

$$A = [a_{i,j}]_{m \times n}$$

αντιπροσωπεύει τη ποσότητα του συντελεστή παραγωγής i που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας από τη j παραγωγική δραστηριότητα

$$B = [b_{i,1}]_{m \times 1}$$

αντιπροσωπεύει τους περιορισμούς (διαθέσιμους συντελεστές παραγωγής κ.λ.π.)

$j =$ κλάδοι παραγωγής ($j \rightarrow 1, \dots, n$)

$i =$ συντελεστές παραγωγής ($i \rightarrow 1, \dots, m$)

Στο μοντέλο το j παρουσιάζεται ως εξής :

$j = 1, 2, \dots, j_1$ για περίοδο 1

$j = j_1 + 1, j_1 + 2, \dots, j_2$ για περίοδο 2

.....

$j = j_{(k-1)} + 1, j_{(k-1)} + 2, \dots, j_k$ για περίοδο k

.....

$j = j_{(t-1)} + 1, j_{(t-1)} + 2, \dots, j_{t(=n)}$ για περίοδο t

Στο μοντέλο το i παρουσιάζεται ως εξής:

$i = 1, 2, \dots, i_1$ για περίοδο 1
 $i = i_1 + 1, i_1 + 2, \dots, i_2$ για περίοδο 2
 \dots
 $i = i_{(k-1)} + 1, i_{(k-1)} + 2, \dots, i_k$ για περίοδο k
 \dots
 $i = i_{(t-1)} + 1, i_{(t-1)} + 2, \dots, i_{(t=m)}$ για περίοδο t

Η αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου δίνει τη σύνδεση μεταξύ των περιόδων μελέτης και μεγιστοποιεί την παρούσα αξία μελλοντικών εισοδημάτων για όλο το χρονικό ορίζοντα, ενώ παράλληλα μεγιστοποιείται το Ακαθάριστο Κέρδος της κάθε χρονικής περιόδου (Barnard και Nix, 1973).

Η χρήση της παρούσας αξίας εκφράζει όλες τις χρηματικές ροές του σχεδίου επένδυσης στην τωρινή τους αξία, δηλ. τη χρονική στιγμή που ο επενδυτής παίρνει την απόφαση (Θεοφανίδης 1985).

Τα προσδοκώμενα εισοδήματα της επένδυσης ανάγονται σε παρούσες αξίες με βάση τον τύπο :

$$PV(t) = C(t) * r^{-t} \quad \text{όπου} \quad r = 1 / (1 + i)$$

$C(t)$: το ετήσιο Ακαθάριστο Κέρδος

i : επιτόκιο προεξόφλησης

t : χρόνος

Στην αντικειμενική συνάρτηση το αρνητικό πρόσημο αναφέρεται στο κόστος χρησιμοποίησης συντελεστών παραγωγής που εξασφαλίζει ο γεωργός έξω από την εκμετάλλευσή του καθ' όλη τη χρονική περίοδο μελέτης.

II. Δραστηριότητες

Στην κατασκευή της μήτρας του Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού εμφανίζονται οι εξής κατηγορίες δραστηριοτήτων :

Δραστηριότητες πώλησης προϊόντων (selling activities) Ως τέτοιες χαρακτηρίζονται οι δραστηριότητες που αναφέρονται στη δυνατότητα παραγωγής προϊόντων που μπορούν να πωληθούν. Οι πολυτελείς καλλιέργειες, που εμφανίζονται να κατέχουν συγκεκριμένη έκταση σε κάποιο έτος του χρονικού ορίζοντα έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν την αυτή έκταση και στα επόμενα έτη μέσω «γραμμών μεταφοράς». Η παραγωγή της δεδομένης καλλιέργειας σε κάθε έτος αποτελεί μια ξε-

χωριστή δραστηριότητα πώλησης. (πίνακας I)

Δραστηριότητες αγοράς συντελεστών (purchasing activities) Ως τέτοιες χαρακτηρίζονται οι δραστηριότητες που χρησιμοποιούνται για να επιτύχουμε μεγαλύτερη ευελιξία στο μοντέλο. Στην περίπτωση αυτή ως αγοραζόμενες δραστηριότητες θεωρούνται οι συντελεστές παραγωγής που εξασφαλίζονται από τρίτους.

Δραστηριότητες μεταφοράς συντελεστών (transfer activities) Η μεταφερόμενη δραστηριότητα δεν είναι μια πραγματική δραστηριότητα με την έννοια που δίνουμε στη γεωργική εκμετάλλευση, αλλά είναι ένα τέχνασμα για να μεταφέρουμε ένα συντελεστή από μια σειρά στην άλλη. Η δραστηριότητα μεταφοράς συντελεστών έχει μηδέν στην αντικειμενική συνάρτηση, που σημαίνει ότι δεν προσθέτει ούτε αφαιρεί τίποτα από τη συνάρτηση (Barnard και Nix 1973).

Τόσο οι δραστηριότητες όσο και οι περιορισμοί που χρησιμοποιούνται επαναλαμβάνονται από την μια χρονική περίοδο στην επόμενη. Το επίπεδο κάθε δραστηριότητας μπορεί να είναι μεγαλύτερο ή ίσο του μηδενός

III. Περιορισμοί

Οι περιορισμοί που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή της μήτρας ενός μοντέλου δυναμικού γραμμικού προγραμματισμού και αναφέρονται στους περιορισμένους συντελεστές παραγωγής (έδαφος, εργασία, κεφάλαιο), είναι της ίδιας μορφής με αυτούς που εφαρμόζονται στον γραμμικό προγραμματισμό. Οι διαφορές τους από τους περιορισμούς του γραμμικού προγραμματισμού, είναι ότι αναφέρονται σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους και ότι οι ποσότητές τους μπορούν να μεταβληθούν κατά τη διάρκεια του χρονικού ορίζοντα.

α) Έδαφος

Ο περιορισμός του συνολικού εδάφους κατά την εφαρμογή του μοντέλου υπαγορεύεται από την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης και οι περιορισμοί των κλάδων από τις επικρατούσες συνθήκες. Οι απαιτήσεις των παραγωγικών δραστηριοτήτων σε έδαφος πρέπει να είναι μικρότερες ή ίσες με τη διαθέσιμη από την αρχή του χρονικού ορίζοντα έκταση.

$$1 X \leq L + LP$$

$$X = [x_j, 1] n \times 1$$

αντιπροσωπεύει το επίπεδο της κάθε μιας j παραγωγικής δραστηριότητας

Πίνακας Ι: Υπόδειγμα Μοντέλου Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού

	Έτος 1		Έτος 2		Έτος n		Πρ. Δεξ. Κέρδους				RHS			
	Πολ. Καλύψεις	Επ.Καλύψεις	Πολ. Καλύψεις	Επ.Καλύψεις	Πολ. Καλύψεις	Πολ. Καλύψεις	1	2	n	n				
Ανακατασκευαστική Συνάρτηση														
Έτος 1														
Ακαθάριστο Κέρδος(ευρώ/στρ.)	c_1	c										$=$	0	
Έδαφος (στρ.)	1	1										\leq	L	
Έδαφος Πολ. Καλύψεις	1	1										\leq	L_{α}	
Έδαφος επ. καλύψεις		1										\leq	L_{α}	
Εργασιακές(ώρες/στρ.)	R_1	R										\leq	E	
Μεταβλητό Κεφάλαιο(ευρώ/στρ.)	G_1	G										\leq	K	
Έτος 2														
Ακαθάριστο Κέρδος(ευρώ/στρ.)			c_1	c										
Έδαφος (στρ.)			1	1									$=$	0
Έδαφος Πολ. Καλύψεις			1	1									\leq	L
Έδαφος Πολ. Καλύψεις			1										\leq	L_{α}
Έδαφος επ. καλύψεις				1									\leq	0
Εργασιακές(ώρες/στρ.)			R_1	R									\leq	L_{α}
Μεταβλητό Κεφάλαιο(ευρώ/στρ.)			G_1	G									\leq	E
													\leq	K
Έτος 13														
Ακαθάριστο Κέρδος(ευρώ/στρ.)					c_1	c_{n-1}	c						$=$	0
Έδαφος (στρ.)					1	1	1						\leq	L
Έδαφος Πολ. Καλύψεις					1	1	1						\leq	L_{α}
Έδαφος Πολ. Καλύψεις					1								\leq	0
Έδαφος επ. καλύψεις														
Εργασιακές(ώρες/στρ.)														
Μεταβλητό Κεφάλαιο(ευρώ/στρ.)														
Έδαφος Πολ. Καλύψεις						1							\leq	0
Έδαφος επ. καλύψεις													\leq	0
Εργασιακές(ώρες/στρ.)													\leq	L_{α}
Μεταβλητό Κεφάλαιο(ευρώ/στρ.)													\leq	E
													\leq	K

$I = [I_{i,j}]_{m \times n}$ αντιπροσωπεύει την έκταση που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας από τη j παραγωγική δραστηριότητα

$L = [L_{i,1}]_{m \times 1}$ αντιπροσωπεύει τη διαθέσιμη έκταση της γεωργικής εκμετάλλευσης.

$L^p = [L_{pi,1}]_{m \times 1}$ αντιπροσωπεύει τη γεωργική γη που μπορεί να ενοικιαστεί για τις ανάγκες της γεωργικής εκμετάλλευσης.

β) Εργασία

Οι απαιτήσεις των παραγωγικών δραστηριοτήτων σε ώρες ανθρώπινης εργασίας πρέπει να είναι μικρότερες ή ίσες από το άθροισμα της διαθέσιμης οικογενειακής εργασίας και της ξένης εποχιακής που εκμισθώνεται κατά τη διάρκεια κάθε έτους του χρονικού οριζοντα (Olsson, 1972).

$$R X \leq E + F$$

$X = [x_{j,1}]_{n \times 1}$ αντιπροσωπεύει το επίπεδο της κάθε μιας j παραγωγικής δραστηριότητας

$R = [r_{i,j}]_{m \times n}$ αντιπροσωπεύει τις απαιτούμενες ώρες ανθρώπινης εργασίας για την παραγωγή μιας μονάδας από τη j παραγωγική δραστηριότητα

$E = [e_{i,1}]_{m \times 1}$ αντιπροσωπεύει τις συνολικές διαθέσιμες από την οικογένεια ώρες εργασίας

$F = [f_{i,1}]_{m \times 1}$ αντιπροσωπεύει τις ώρες ξένης εργασίας που εκμισθώνονται

γ) Κεφάλαιο

Σ' ότι αφορά τον συντελεστή κεφάλαιο είναι απαραίτητο να γίνει διάκριση μεταξύ του σταθερού και μεταβλητού.

Το σταθερό κεφάλαιο έχει τη μορφή του φυτικού κεφαλαίου και είναι αυτό που αποτελεί την επένδυση και κατά συνέπεια απαιτεί τη διαχειριστική ικανότητα του γεωργού. Το κόστος της επένδυσης εμφανίζεται με αρνητικό πρόσημο στην αντικειμενική συνάρτηση

Το μεταβλητό κεφάλαιο είναι εκείνο που καλύπτει τρέχουσες ανάγκες εισροών (σπόρους, φάρμακα, λιπάσματα). Οι απαιτήσεις των παραγωγικών δραστηριοτήτων σε μεταβλητό κεφάλαιο στην αρχή κάθε περιόδου πρέπει να είναι μικρότερες ή ίσες

από το ετήσιο διαθέσιμο κεφάλαιο κίνησης της εκμετάλλευσης.

$$GX \leq K$$

$X = [x_{j,1}]_{n \times 1}$ αντιπροσωπεύει το επίπεδο της κάθε μιας j παραγωγικής δραστηριότητας

$G = [g_{i,j}]_{m \times n}$ αντιπροσωπεύει τις απαιτήσεις σε μεταβλητό κεφάλαιο για την παραγωγή μιας μονάδας από τη j παραγωγική δραστηριότητα

$K = [k_{i,1}]_{m \times 1}$ αντιπροσωπεύει το διαθέσιμο κεφάλαιο κίνησης της εκμετάλλευσης

IV. Προβλήματα που συνδέονται με τη χρήση της μεθόδου

Η εφαρμογή του μοντέλου συνδέεται με κάποια προβλήματα τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, προκειμένου η άριστη λύση που θα προκύψει να αποτελεί οδηγό για τον παραγωγό που επιθυμεί να πραγματοποιήσει τις επενδύσεις σε προκαθορισμένο χρονικό διάστημα.

Τα προβλήματα είναι τα εξής :

- Καθορισμός του χρονικού οριζοντα

Η επιλογή του κατάλληλου χρονικού οριζοντα βασίζεται στο συμβιβασμό δύο απαιτήσεων, από τη μία θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος ώστε να επιτρέπει την μελέτη μιας επενδυτικής διαδικασίας και από την άλλη τόσο μικρός ώστε να μην είναι δύσκολη η συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων και ο χειρισμός του μοντέλου (Olsson, 1972).

Αν ο χρονικός οριζοντας είναι πολύ μικρός τότε η λύση που θα προκύψει θα παρέχει λιγοστές ενδείξεις για την αριστοποίηση μιας μακροχρόνιας επένδυσης.

Ο χρονικός οριζοντας υποδιαιρείται σε μικρότερες χρονικές περιόδους. Συνήθως οι περίοδοι ταυτίζονται με τα έτη, αλλά συχνά βασίζονται και σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (π.χ. τρία χρόνια, πέντε χρόνια). Δεν είναι απαραίτητο όλες οι χρονικοί περίοδοι που χρησιμοποιούνται σε ένα μοντέλο δυναμικού γραμμικού προγραμματισμού να έχουν το ίδιο μήκος.

Στην περίπτωση της μελέτης επενδύσεων σε φυτικό κεφάλαιο ο χρονικός οριζοντας δεν πρέπει να είναι μικρότερος από τα έτη ωφέλιμης ζωής της πολυετούς καλλιέργειας.

- Η επιλογή του κατάλληλου επιτοκίου προεξόφλησης

Η επιλογή του κατάλληλου επιτοκίου προεξόφλησης για να μετατραπούν οι μελλοντικές αξίες σε σημερινές αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την εκτίμηση επενδυτικών προγραμμάτων.

Το επιτόκιο προεξόφλησης θα πρέπει να βασίζεται όσο είναι δυνατόν στο πραγματικό επιτόκιο της αγοράς για να αντικατοπτρίζει τη χρονική επιλογή και το ευκαιριακό κόστος της πιθανής εναλλακτικής χρήσης του κεφαλαίου που επενδύεται. Έτσι ως επιτόκιο προεξόφλησης λαμβάνεται το επιτόκιο που επικρατεί στην κεφαλαιαγορά εφόσον αυτή λειτουργεί ομαλά και αντανακλά τις πραγματικές συνθήκες προσφοράς και ζήτησης κεφαλαίων. Όταν η επένδυση χρηματοδοτείται από μακροπρόθεσμα δάνεια, το πραγματικό επιτόκιο που πληρώνεται θα πρέπει να λαμβάνεται ως προεξοφλητικό (Τζουραμάνη, 1999).

- Το μοντέλο θα πρέπει να αντανακλά την αρχική επενδυτική θέση του παραγωγού.

2.2 Δεδομένα που απαιτούνται για την εφαρμογή της μεθόδου

Η εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί σαφή καθορισμό των περιορισμών και λεπτομερή δεδομένα για τους απαιτούμενους συντελεστές παραγωγής και τα παραγόμενα προϊόντα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του μοντέλου. Τα δεδομένα που χρειάζονται για την εφαρμογή τους είναι τα εξής :

- Οι παραγωγικές δραστηριότητες που αναφέρονται στο σχεδιασμό καθώς και οι απαιτούμενοι τεχνικοοικονομικοί συντελεστές θα πρέπει να είναι γνωστοί για όλο το εύρος του χρονικού ορίζοντα. Οι τεχνικοοικονομικοί συντελεστές αναφέρονται τόσο στις αποδόσεις και τις τιμές των προϊόντων όσο και στις απαιτήσεις σε έδαφος, εργασία και κεφάλαιο. Σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή του Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού, παίζει η γνώση και ο σαφής καθορισμός της χρονικής στιγμής στην οποία απαιτείται ο κάθε συντελεστής.

- Οι διαθέσιμοι συντελεστές παραγωγής και περιορισμοί, είναι οι ποσότητες εδάφους, εργασίας και κεφαλαίου τις οποίες ένας επιχειρηματίας γεωργός έχει στη διάθεσή του ή μπορεί να τις βρει για να τις χρησιμοποιήσει στην εκμετάλλευσή του για παραγωγικούς σκοπούς. Όλοι οι σχετικοί περιορισμοί, μεγαλύτερο (<), μικρότερο (>) ή ίσο (=) που ισχύουν θα πρέπει να είναι γνωστοί.

- Οι τιμές των συντελεστών παραγωγής είναι το ανά μονάδα κόστος χρησιμοποίησης αυτών, ενώ οι τιμές των παραγόμενων προϊόντων είναι τα ανά μονάδα ακαθάριστο κέρδος των προϊόντων. Η αποτελεσματικότητα και η χρησιμότητα της μεθόδου εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία προβλέπονται οι τιμές αυτές.

3.Αποτελέσματα Έρευνας

Από την εφαρμογή της μεθόδου του Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού, σε δείγμα 30 σπαραγγοπαραγωγικών εκμεταλλεύσεων της περιοχής Ορεστιάδας Έβρου, (για χρονικό ορίζοντα 13 ετών όσα και τα έτη ωφέλιμης ζωής της καλλιέργειας του σπαραγγιού), προέκυψε η εξέλιξη της επένδυσης σε σπαραγγί, καθώς και η ανάπτυξη της εκμετάλλευσης το χρονικό αυτό διάστημα.

Συγκεκριμένα η μέθοδος δείχνει σε πόση έκταση μπορεί να εγκαταστήσει την καλλιέργεια του σπαραγγιού αρχικά ο παραγωγός, τότε να ολοκληρώσει την επένδυση και τότε να αντικαταστήσει το σπαραγγί. Επίσης υποδεικνύει με ποιους κλάδους θα συνδυαστεί το σπαραγγί όλα τα χρόνια της ζωής του, έτσι ώστε οι παραγωγοί να αποφύγουν ή να απαλύνουν προβλήματα που προκύπτουν από τη δέσμευση κεφαλαίου και απόδοσης της επένδυσης μετά από 2 χρόνια.

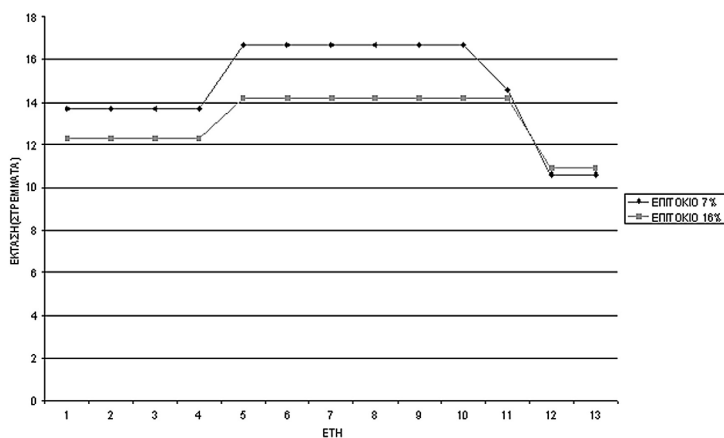
Επιπλέον από την ανάλυση προέκυψε ότι το ύψος του επιτοκίου προεξόφλησης επηρεάζει δύο βασικά στοιχεία της επένδυσης που είναι το ύψος αυτής και ο χρόνος πραγματοποίησής της.

Έτσι όταν το επιτόκιο που χρησιμοποιείται για την προεξόφληση των ετήσιων ακαθάριστων κερδών του χρονικού ορίζοντα, είναι της τάξεως του 16% - όσο και το επιτόκιο δανεισμού της τραπεζής- τότε ο παραγωγός πραγματοποιεί το 86% της επένδυσής του σε σπαραγγί από την αρχή, (12,3 στρέμματα). Νέα επένδυση σε 2 περίπου στρέμματα πραγματοποιείται στο 5ο έτος, επιτυγχάνοντας την κάλυψη του 14 % της έκτασης της μέσης εκμετάλλευσης από την καλλιέργεια του σπαραγγιού. Η έκταση αυτή διατηρείται σταθερή ως το 11ο έτος. Το 12ο έτος μειώνεται σε 11 στρέμματα, αφού απομακρύνονται ως οικονομικά ασύμφορα στρέμματα σπαραγγιού που εγκαταστάθηκαν το 1ο έτος. (πίνακας II, διάγραμμα I)

Όταν το επιτόκιο είναι χαμηλό, 7%, τότε αρχι-

Πίνακας II : Σχέδια παραγωγής που προέκυψαν από την εφαρμογή Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού με επιτόκιο προεξόφλησης 16%

Καλλιέργειες (στρέμματα)	ΕΤΗ												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Σπαράγγι 1	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	9	9
Σπαράγγι 2					1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Συν. Σπαράγγι	12,3	12,3	12,3	12,3	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	10,9	10,9
Καλαμπόκι	32,7	32,7	32,7	32,7	45	45	38,6	38,3	30,8	31,4	30,8	34,1	34,1
Τεύτλα	25	25	25	25	10,8	9,8	17,2	17,5	25	24,4	25	25	25
Βαμβάκι Μ.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Πατάτες													
Σιτάρι σκληρό													
Σιτάρι μαλακό						1							
Συνολική Έκταση	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Διάγραμμα I: Μεταβολή της έκτασης του σπαραγγιού κατά τη διάρκεια του χρονικού οριζοντία της επένδυσης (Εφαρμογή της μεθόδου με επιτόκια προεξόφλησης 7% και 16%)

κά ο παραγωγός εγκαθιστά 13,7 στρέμματα σπαράγγι και τον 5ο έτος ζωής της φυτείας επεκτείνεται σε 16,7 στρέμματα καλύπτοντας το 17% της έκτασης της μέσης εκμετάλλευσης. Η έκταση αυτή διατηρείται σταθερή ως το 10ο έτος. Το 11ο και το 12ο έτος πραγματοποιεί σταδιακή απομάκρυνση 2,1 στρεμμάτων και 4 στρεμμάτων σπαραγγιού που εγκαταστάθηκαν το 1ο έτος. Το 13ο έτος η συνολική έκταση του σπαραγγιού μειώνεται σε 10,6 στρέμματα. (πίνακας III, διάγραμμα I)

Οι καλλιέργειες που πλαισιώνουν το σπαράγγι καθ' όλο το χρονικό οριζόντιο είναι το βαμβάκι μηχανικής συλλογής, το καλαμπόκι και τα τεύτλα.

Η συμμετοχή του σπαραγγιού στο σχέδιο παρα-

γωγής αυξάνει τις απαιτήσεις της γεωργικής εκμετάλλευσης σε ανθρώπινη εργασία κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο όπου πραγματοποιείται η συγκομιδή του. Δεδομένο ότι η φάση αυτή εκτελείται μόνο με τα χέρια και δεν επιδέχεται καθυστερήσεις διότι είναι εις βάρος της ποιότητας ο παραγωγός θα πρέπει να εξασφαλίσει ανθρώπινο δυναμικό και μάλιστα εξειδικευμένο, έγκαιρα. Η εξάρτηση της εκμετάλλευσης από ξένη εποχιακή ανθρώπινη εργασία κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα υπολογίζεται στο 61,5%.

Η επένδυση σε σπαράγγι που χρηματοδοτείται από ίδια κεφάλαια (επιτόκιο προεξόφλησης 7%) αποφέρει στη γεωργική εκμετάλλευση για το χρονικό οριζόντιο των 13 ετών Ακαθάριστο Κέρδος 146.588,7 ευρώ (1.465,89 ευρώ/στρ.) ενώ όταν ο παραγωγός καταφεύγει σε δανεισμό για την εγκατάσταση σπαραγγιού (επιτόκιο προεξόφλησης 16%) το Ακαθάριστο Κέρδος της γεωργικής εκμετάλλευσης για το ίδιο χρονικό διάστημα μειώνεται κατά 34,3% και υπολογίζεται σε 69.858,7 ευρώ (698,59 ευρώ/στρ)

Το Ακαθάριστο Κέρδος της γεωργικής εκμετάλλευσης διαφέρει από χρονιά σε χρονιά. Η τιμή που λαμβάνει κάθε χρόνο καθορίζεται από το στάδιο στο οποίο βρίσκεται η καλλιέργεια του σπαραγγιού όσο και από τη σύνθεση των κλάδων του αντίστοιχου

Πίνακας III : Σχέδια παραγωγής που προέκυψαν από την εφαρμογή Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού με επιτόκιο προεξόφλησης 7%

Καλλιέργειες (στρέμματα)	ΕΤΗ												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Σπαράγγι 1	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	11,6	7,6	7,6
Σπαράγγι 2					3	3	3	3	3	3	3	3	3
Συν. Σπαράγγι	13,7	13,7	13,7	13,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	14,6	10,6	10,6
Καλαμπόκι	31,3	31,3	31,3	31,3	45	45	45	43,9	45	45	30,4	34,4	34,4
Τεύτλα	25	25	25	25	0,2		2,9	3,3	8,3	7,6	25	25	25
Βαμβάκι Μ.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Σιτάρι Μαλακό						8,3							
Σιτάρι Σκληρό													
Πατάτες													
Ηλίανθος					8,1		5,4	6,2		0,7			
Συνολική Έκταση	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

σχεδίου παραγωγής. (διάγραμμα II). Ωστόσο, το μέσο ετήσιο Ακαθάριστο Κέρδος της γεωργικής εκμετάλλευσης υπολογίζεται σε 11.276 ευρώ (112,76 ευρώ/στρ) όταν το επιτόκιο προεξόφλησης είναι 7% και 5.373,75 ευρώ (53,73 ευρώ/στρ) κατά μέσο όρο ετησίως όταν το επιτόκιο προεξόφλησης είναι 16%.

5.373,75 ευρώ (53,73 ευρώ/στρ) κατά μέσο όρο ετησίως όταν το επιτόκιο προεξόφλησης είναι 16%.

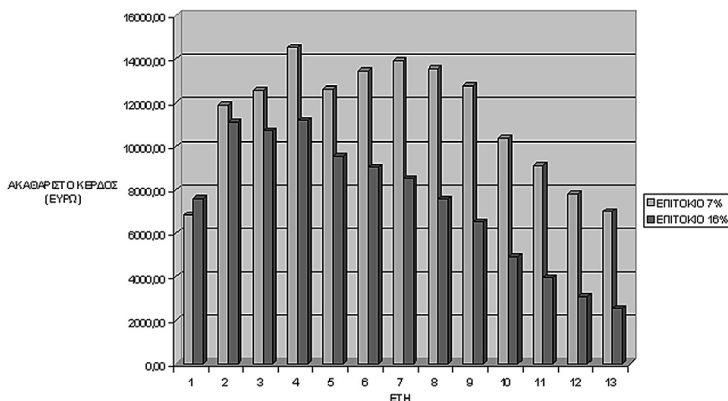
4.Συζήτηση-Συμπεράσματα

Η μέθοδος του Δυναμικού Γραμμικού Προγραμματισμού κάτω από προϋποθέσεις, αποτελεί ουσιαστικό εργαλείο στις επενδυτικές αποφάσεις του γεωργού γιατί ενημερώνει το παραγωγό στο τι μπορεί να αναμένει επενδύοντας σε φυτικό κεφάλαιο και με τι τρόπο μπορεί να το πετύχει.

Η μέθοδος δείχνει στον παραγωγό που επιθυμεί να επενδύσει σε φυτικό κεφάλαιο, την έκταση που απαιτείται αρχικά, τη δυνατότητα συνδυασμού με άλλους κλάδους ώσπου να αποδώσει η κύρια καλλιέργεια, το χρονικό ορίζοντα που θα ολοκληρωθεί η επένδυση καθώς τότε πρέπει να γίνει αντικατάσταση.

Το συνολικό οικονομικό αποτέλεσμα του χρονικού ορίζοντα, διαμορφώνεται μέσα από τα ετήσια σχέδια παραγωγής που δίνει η μέθοδος. Αυτό επιτρέπει στο γεωργό-επενδυτή να κάνει διορθώσεις μετά από έλεγχο και διευθετήσεις που θα επιβάλλουν κάθε φορά οι συνθήκες.

Το ύψος της επένδυσης και ο χρόνος πραγματοποίησης επηρεάζεται από την τιμή του προϊόντος και την απόδοση, καθώς και από τη διαθέσιμη ερ-



Διάγραμμα II : Διαμορφωση των ετήσιων Ακαθάριστων Κερδών κατά τη διάρκεια του χρονικού ορίζοντα της επένδυσης (Εφαρμογή της μεθόδου με επιτόκια προεξόφλησης 7% και 16%)

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω θα λέγαμε ότι η απόφαση του γεωργού τέλος να προβεί στην εγκατάσταση φυτείας σπαραγγιού του εξασφαλίζει υψηλό Ακαθάριστο Κέρδος, που υπολογίζεται σε 11.276 ευρώ (112,76 ευρώ/στρ) κατά μέσο όρο ετησίως όταν το επιτόκιο προεξόφλησης είναι 7% και

γασία, παράγοντες που λήφθηκαν υπόψη κατά την κατασκευή της μήτρας. Επιπλέον το ύψος του επιτοκίου προεξόφλησης επηρεάζει δύο βασικά στοιχεία της επένδυσης που είναι το ύψος αυτής και ο χρόνος πραγματοποίησης.

Κατά την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας στην περιοχή Ορεσιτιάδας προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα για την επενδυτική στρατηγική που θα ακολουθήσει ο παραγωγός που επιθυμεί να εγκαταστήσει φυτεία σπαραγγιού στην περιοχή. Συμπεράσματα όπως :

- Ένας παραγωγός της περιοχής Ορεσιτιάδας που θα βασιστεί σε ίδια κεφάλαια για την πραγματοποίηση της επένδυσης, μπορεί να εγκαταστήσει σταδιακά σπαράγγι σε 17 στρέμματα. Η επένδυση αυτή αποφέρει στη γεωργική εκμετάλλευση για το χρονικό ορίζοντα των 13 ετών Ακαθάριστο Κέρδος

146.588,7 ευρώ (1.465,89 ευρώ/στρ.)

- Αν ο παραγωγός για την πραγματοποίηση της επένδυσης προβεί σε δανεισμό, τότε το ύψος της επένδυσης είναι 21,2% μικρότερο και φτάνει τα 14 στρέμματα. Το Ακαθάριστο Κέρδος της γεωργικής εκμετάλλευσης για το ίδιο χρονικό διάστημα μειώνεται κατά 34,3% και υπολογίζεται σε 69.858,7 ευρώ(698,59 ευρώ/στρ)

- Οι καλλιέργειες που συνυπάρχουν με το σπαράγγι στα σχέδια παραγωγής της εκμετάλλευσης καθ' όλο το χρονικό ορίζοντα είναι το βαμβάκι μηχανικής συλλογής, το καλαμπόκι και τα τεύτλα.

- Τέλος βασική προϋπόθεση για να προβεί ένα παραγωγός στην εγκατάσταση φυτείας σπαραγγιού είναι να εξασφαλίζει ετησίως υψηλά ποσοστά ανθρώπινης εργασίας τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο, μήνες συγκομιδής του σπαραγγιού

Investment decisions in agricultural sector: Application of dynamic linear programming to vegetable assets investment

A. Pavlodi¹, M. Martika², S. Aggelopoulos³

ABSTRACT

The producer's decision to invest in perennial crop will have consequents for a long-period of time, at least for the years of the useful life of the perennial crop, during which the farm will be regulated and developed

A useful tool for the decision making in vegetable assets investments is the method of the Dynamic Linear Programming. This method provides an optimal growth strategy for the farm which gives both the longer-term investment level and the optimal adjustment path that should be pursued in achieving those goals.

Specifically, the method could be used to advise a farmer about which the area of the plantation should be, with which other cultivations the perennial crop should be combined until it begins to yield, when he should complete the investment and when he should replace the plantation.

The level of investment and the time when the investment is carried out are influenced by the yield, the price of the product, the requirements of the cultivation in production factors, the available production factors as well as the way the investment is financed.

The total economic effect over the time horizon as well as the annual economic effect is determined through the annual production plans provided by the method. This allows the producer to carry out corrections following an inspection and to make arrangements according to given circumstances.

Key words: decision-making, investment, dynamic linear programming, vegetable assets

¹ Adjunct Professor, Department of Farm Management, Technological Education Institute of Thessaloniki

² Associate Professor, Faculty of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki

³ Assistant Professor, Department of Farm Management, Technological Education Institute of Thessaloniki

Βιβλιογραφία

- Abalu, G.O (1973), «Optimal Investment Decisions in Perennial Crop Production : A Dynamic Programming Approach», Ph.D. dissertation. Ames, Iowa: Library State University.
- Αγγίδης, Α. (1986), «Σπαράγγι, η καλλιέργειά του», Αγροτικές Συνεταιριστικές Εκδόσεις Α.Ε.
- Barnard, C. S. & J. Nix. (1973), «Farm Planning and Control», Cambridge at the University Press, England.
- Bierman, H.& Seymour Smidt (1993), «The Capital Decision - Economic Analysis of Investment Projects», 8th, Macmillan Publishing Company.
- Boussard, J. M.(1971), «Time Horizon, Objective Function, and Uncertainty in Multiperiod Model of Firm Growth», American Journal of Agricultural Economics Vol. 53, p.p. 467-477.
- Day, R. H. (1963), « Recursive Programming and Production Response», Amsterdam, the Netherlands, North Holland Publishing Co.
- Θεοφανίδης, Στ. (1985), « Εγχειρίδιο Αξιολόγησης επενδυτικών Σχεδίων », Εκδόσεις Παπαζήση ΑΕΒΕ, Αθήνα
- Hazell, P. B. R. & R. P. Norton (1986), «Mathematical Programming For Economic Analysis in Agriculture », Macmillian Publishing Company.
- Μαρτίνα, Μ. (1988), «Το σπαράγγι: Η Οικονομική Πλευρά της Καλλιέργειας », Γεωπονικά, Τεύχος 318, σελ. 164-169.
- Μαρτίνα, Μ.(1991) «Οικονομικότητα της Καλλιέργειας του Σπαραγγιού», Γεωργία- Κτηνοτροφία, Τεύχος 5 , σελ. 37-44.
- Μαρτίνα, Μ. & Παυλούδη Α. (1994), «Η Οικονομικότητα του σπαραγγιού στη Βόρεια Ελλάδα», Επιστημονική Διημερίδα Φυτοπροστασία Σπαραγγιού, Πλατύ Ημαθίας, 8-9 Δεκεμβρίου 1994.
- Olsson, R. (1972), «Multiperiod Linear Programming Models For Studies of the Growth Problems of the Agricultural Firm. 1) The Problem», Swedish Journal of Agricultural Research Vol.1 No.3.
- Olsson, R. (1972), «Multiperiod Linear Programming Models For Studies of the Growth Problems of the Agricultural Firm. 2) The Model», Swedish Journal of Agricultural Research Vol.2 No.3.
- Olsson, R. (1988), «Management for Success in Modern Agriculture», European Review of Agricultural Economics, Vol.15, p.p.239-259.
- Παυλούδη, Α. (2001), «Ανταγωνιστικότητα της Καλλιέργειας του Σπαραγγιού στα Πλαίσια Αντιπροσωπευτικής Γεωργικής Εκμετάλλευσης». Μη εκδιδόμενη διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών Τμήμα Γεωπονίας, Θεσσαλονίκη.
- Phuphak, S (1993), « Diversification into Fruit Production on Low – Land Rice Farms in Thailand :A Multiperiod Linear Programming Analysis», 37th Annual Conference of the Australian Agricultural Economics Society, 9-1 February, The University of Sydney, NSW., Australia.
- Σιάρδος, Γ. (1997), «Μεθοδολογία Αγροτικής Κοινωνιολογικής Έρευνας», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη
- Σιώμος, Α. (1995), «Στοιχεία για την καλλιέργεια των σπαραγγιού», Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Εργαστήριο Λαχανοκομίας, Τομέας Φυτικής Παραγωγής, Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.
- Saxena, N. C. (1992), « Adoption of a Long-Gestation Crop : Eucalyptus Growers in North- West India», Journal of Agricultural Economics, Vol 43, No. 2, May, pp. 257-267
- Tisdell C.A. & N.T.M.H. De Silva (1986), «Supply-Maximising and Variation- Minimising Replacement Cycles of Perennial Crops And Similar Assets: Theory Illustrated by Coconut Cultivation», Journal of Agricultural Economics Vol. XXXVII, No.2, May, p.p. 243-251.
- Τζουραμάνη, Ε.(1999), «Αποφάσεις για επενδύσεις σε εντατικές θερμοκηπιακές επιχειρήσεις και σε συνθήκες αβεβαιότητας», Μη εκδιδόμενη διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών Τμήμα Γεωπονίας, Θεσσαλονίκη.
- Warner, M. E. & G. B. White «An Economic Study of Potato Farm Diversification into Fruit Crops»ISHS Acta Horticulturae 203: IX Symposium on Horticultural Economics, XXII IHC.Ανακτήθηκε 25 Οκτωβρίου 2005 από <http://actahort.org/books/203/203-7.htm>

Η δυναμική της συμπεριφοράς των καταναλωτών ως προς το ρύζι με έμφαση στην ηλικία και στη μόρφωσή τους

Μ. Τζαβάρας¹, Ειρ. Τζίμητρα - Καλογιάννη², Ε. Τσακιρίδου³, Γ. Τσεκουρόπουλος⁴

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η συμπεριφορά των καταναλωτών στο ρύζι καθώς και η χρήση του. Παρουσιάστηκε το πώς διαφοροποιείται η καταναλωτική συμπεριφορά των ερωτώμενων σε σχέση με τη μόρφωσή τους και την ηλικία τους, που αποτελούν δύο σπουδαίους κοινωνικο-δημογραφικούς παράγοντες.

Χρησιμοποιήθηκε ποιοτική, πιλοτική και ποσοτική έρευνα με τη βοήθεια του ερωτηματολογίου. Από τα αποτελέσματα της έρευνας, προέκυψε ότι το ρύζι αποτελεί για τους καταναλωτές ένα τρόφιμο με ιδιαίτερες πρακτικές, αλλά και πλούσιες διατροφικές ιδιότητες, προϊόν απαραίτητο στον άνθρωπο από τη βρεφική του ηλικία έως και τα βαθιά του γεράματα. Επίσης, καταναλώνεται στα περισσότερα γεύματα της οικογένειας. Αγοράζεται από το σούπερ μάρκετ καθώς και από τη λαϊκή αγορά. Σε άλλες περιπτώσεις προτιμάται σπυρωτό, συνήθως να είναι ελληνικό σε απλή – λιτή συσκευασία και καταναλώνεται 1-2 φορές την εβδομάδα, καθώς και σε ειδικές κοινωνικές περιπτώσεις, όπως όταν υπάρχουν καλεσμένοι στο σπίτι, θεωρείται υγιεινή τροφή, αποτελεί συνοδευτικό του κρέατος, λιγότερο δε του ψαριού και των σαλατών. Η ηλικία και η μόρφωση των καταναλωτών φαίνεται να συντελούν στη διαφοροποίηση του δείγματος στην κατανάλωση ρυζιού.

Λέξεις κλειδιά: κατανάλωση, ρύζι, συμπεριφορά καταναλωτή, κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά, ηλικία, μόρφωση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ρύζι αποτελεί μία από τις πιο δυναμικές καλλιέργειες στην Ελλάδα. Ως εκ τούτου, οι προτιμήσεις, οι στάσεις και τα πρότυπα των καταναλωτών έχουν επίδραση όχι μόνο στην εμπορία του προϊόντος αλλά και στην παραγωγή του. Δεν αποτελεί μόνον ένα τρόφιμο, αλλά συγκεντρώνει και εμπεριέχει πλήθος άλλων ιδιοτήτων, όπως είναι η πρακτικότητα και οι ιδιαίτερες διατροφικές του ιδιότητες, οι οποίες σχετίζονται με τη σύγχρονη διατροφή.

Οι Lopez and Briz (1994) εξέτασαν το ρύζι σε διαφορετικές περιπτώσεις στις οποίες μπορεί να καταναλωθεί, όπως για παράδειγμα σε κάποιο δείπνο για πολλά άτομα. Οι Ισπανοί καταναλωτές, αναφέρθηκε ότι ήθελαν το ρύζι να μην κολλάει και να μην ανοίγει ο κόκκος του κατά το βρασμό. Σχετικά

με τις ιδιότητες του ρυζιού παρατηρήθηκε έλλειψη γνώσης.

Οι Berni and Begalli (1994) τμηματοποίησαν τους καταναλωτές σε ομάδες, όπου οι «παραδοσιακοί καταναλωτές» προτιμούσαν να μαγειρεύουν οι ίδιοι το ρύζι, οι «εξειδικευμένοι ηδονιστές» θεωρούσαν το ρύζι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους (πολλών χρήσεων), οι «ζηλωτές με την υγεία» προτιμούσαν το ρύζι για τις υγιεινές και διαιτητικές του ιδιότητες και οι «καινοτόμοι» προτιμούσαν προϊόντα τα οποία έκαναν μοντέρνα τη ζωή τους (το καστανό ρύζι και το Parboiled), οι «αγνωστικιστές» κατανάλωναν μικρές ποσότητες ρυζιού και χαρακτηρίστηκαν από αδιαφορία και έλλειψη γνώσης, ανεπάρκεια ενημέρωσης και πληροφόρησης σχετικά με το ρύζι.

Ο Hauteville (1994) σημείωσε ότι το ρύζι αποτε-

¹ Υποψήφιος Διδάκτορας, Τομέας Αγροτικής Οικονομίας, Σχολή Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

² Αναπλ. Καθηγήτρια, Τομέας Αγροτικής Οικονομίας, Σχολή Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

³ Λέκτορας, Τομέας Αγροτικής Οικονομίας, Σχολή Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

⁴ Υποψήφιος Διδάκτορας, Τομέας Αγροτικής Οικονομίας, Σχολή Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

λεί ένα προϊόν για κοινωνικές περιπτώσεις, δηλαδή προσφέρεται σε φίλους και σε επίσημα γεύματα. Αν και χρειάζεται κάποιο χρόνο η ετοιμασία του, παρόλα αυτά προτιμάται για γρήγορες και εύκολες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα όταν κάποιος βιάζεται. Οι Γάλλοι ήθελαν το ρύζι να μην κολλάει, οι Ολλανδοί να βράζει γρήγορα και οι Ισπανοί επικεντρώθηκαν στη γεύση του.

Σύμφωνα με τους Hatae et al (1997) το ρύζι φαίνεται να είναι ένα από τα σημαντικότερα δημητριακά στον κόσμο, ενώ είναι απαραίτητη πηγή ενέργειας για την Ασία (Ιαπωνία 12,1 φορές την εβδομάδα κατανάλωση, Κίνα 8,2 φορές την εβδομάδα), δεν φαίνεται να είναι τόσο απαραίτητη για την Ισπανία (0,9 φορές την εβδομάδα) και τη Γαλλία (0,9 φορές την εβδομάδα).

Οι Schifferstein et al (1998) ανέφεραν ότι οι υγιεινές ιδιότητες και η θρεπτικότητα είναι σημαντικοί παράγοντες για την επιλογή του ρυζιού και ακολουθούν η ευκολία στο μαγείρεμα και το πόσο εύπεπτο είναι.

Σύμφωνα με τους Britz et al. (1998) για τους Ισπανούς καταναλωτές το ρύζι είναι προϊόν το οποίο χρησιμοποιείται αρκετά για συνηθισμένα γεύματα και για παραδοσιακά φαγητά όπως η «παέλια». Το ρύζι αποτελεί συμπλήρωμα σ' άλλα κύρια προϊόντα όπως είναι το κρέας και το ψάρι. Ο χρόνος βρασμού είναι σημαντικός παράγοντας για την απόφαση αγοράς του από έναν Ισπανό καταναλωτή. Το ρύζι σύμφωνα με τους καταναλωτές μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικίλα φαγητά, είναι φθινό και εύκολο να μαγειρευτεί.

Οι Heinemann et al (2006) επισημαίνουν ότι η πλειοψηφία των Βραζιλιάνων καταναλώνουν μικρές ποσότητες ρυζιού Parboiled όχι λόγω της εμφάνισής του ως ωμό ή βρασμένο, αλλά επειδή δεν είναι εξοικειωμένοι και ενημερωμένοι για τα χαρακτηριστικά του, αλλά και τα πλεονεκτήματά του. Όταν οι καταναλωτές δοκίμαζαν το Parboiled ρύζι το αποδέχονταν ως γεύση. Μια πιθανή εξήγηση της μικρής κατανάλωσης ρυζιού Parboiled παρά την εύκολη προετοιμασία του και τη θρεπτική του αξία, μπορεί να είναι η συνήθεια της καθημερινής κατανάλωσης αλεσμένου ρυζιού από τους Βραζιλιάνους καταναλωτές.

Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι να εξετασθεί η καταναλωτική συμπεριφορά των ανθρώπων ως προς το ρύζι, καθώς και οι χρήσεις του. Τα συμπεράσματα που θα προκύψουν θα χρησιμοποιηθούν τόσο από τους παραγωγούς όσο και από τους

ορυζοβιομήχανους, αλλά και τους φορείς εμπορίας, καθώς και από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Αυτοί θα συμβάλλουν στην περαιτέρω βελτίωση και προώθηση του προϊόντος μέσα στην παγκοσμιοποιημένη αγορά. Επιπλέον, η συσχέτιση των απαντήσεων των μελών του δείγματος με τα κοινωνικο – δημογραφικά χαρακτηριστικά τους έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές που αφορούν κυρίως τις επιδράσεις της ηλικίας και της μόρφωσης ως προς τη συμπεριφορά τους για το προϊόν που μελετάται.

ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Οι υποθέσεις που προκύπτουν από την ποιοτική έρευνα και θα μετρηθούν στην ποσοτική είναι οι ακόλουθες:

- Οι παράγοντες που επιδρούν στις προτιμήσεις των καταναλωτών στο ρύζι, είναι η πρακτικότητα και οι διατροφικές του ιδιότητες.
- Οι καταναλωτές αγοράζουν ρύζι κυρίως από το σούπερ μάρκετ λόγω της χαμηλής τιμής του.
- Τα κριτήρια που λαμβάνουν υπόψη τους οι καταναλωτές κατά την αγορά του ρυζιού είναι κυρίως να μη λασπώνει, η γεύση του, ο τύπος του ρυζιού και η θρεπτικότητά του.
- Οι καταναλωτές προτιμούν ρύζι στις ακόλουθες περιπτώσεις:
 - σ' ένα καθημερινό γεύμα, όταν είναι άρρωστοι, όταν έχουν καλεσμένους στο σπίτι τόσο σε ένα συνηθισμένο, όπως και σ' ένα επίσημο γεύμα, όταν δεν έχουν χρόνο, όταν παρασκευάζουν ένα γεύμα για παιδιά, όταν είναι μόνοι στο σπίτι και όταν δεν έχουν χρήματα.
- Οι καταναλωτές συνοδεύουν με ρύζι το κρέας, το κοτόπουλο και το σερβίρουν σ' ένα παραδοσιακά μαγειρεμένο πιάτο.
- Η ηλικία και η μόρφωση επιδρούν στη συμπεριφορά του καταναλωτή στο ρύζι.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η πρωτογενής έρευνα διενεργήθηκε το δεύτερο εξάμηνο του έτους 2000 στο Δήμο Θεσσαλονίκης, έναν από τους πιο πολυπληθείς δήμους της χώρας.

Περιελάμβανε ποιοτική, πιλοτική και ποσοτική έρευνα. Η ποιοτική πραγματοποιήθηκε με ομάδες εστίασης (focus groups) με διαφορετικά κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά των μελών κάθε ομάδας, όπου αντλήθηκαν πληροφορίες μέσω ενός μη δομημένου ερωτηματολογίου, με στόχο να κατανοηθούν οι καταναλωτικές προτιμήσεις, οι αντιλήψεις

και οι χρήσεις του ρυζιού. Η πιλοτική έρευνα πραγματοποιήθηκε για να βελτιωθεί η δομή και η κατανόηση του ερωτηματολογίου από τους καταναλωτές. Η σύνταξη του ερωτηματολογίου προέκυψε με τη βοήθεια της ποιοτικής έρευνας και της σχετικής βιβλιογραφίας (Schutz and Fridgen 1974, Berni and Begalli 1994, Hauteville 1994, Hori et al 1996, Τσακιδίου 1996, Hatae et al 1997, Briz and Guerrero 1998, Schifferstein et al 1998) και χρησιμοποιήθηκε η πενταβάθμια κλίμακα Likert (Aaker et al 1995) για να υπολογιστεί η στάση των καταναλωτών, η ονομαστική κλίμακα για τη συλλογή των δημογραφικών δεδομένων (Σιάρδος, 1997) και η συγκριτική κλίμακα της κατάταξης ταξινόμησης για τα κριτήρια και τα σημεία αγοράς του ρυζιού (Malhotra, 1993).

Η μέθοδος δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκε ήταν η mall interception technique στις λαϊκές αγορές και στα σούπερ μάρκετ (Gates and Solomon. 1982, Bush and Joseph 1985, Dupont 1987, Nowell and Stanley 1991, Malhotra 1993, Churchill et al 1995). Η επιλογή των σημείων συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο της στρωματοποιημένης τυχαίας δειγματοληψίας (Χαρίσης και Κιόχος 1997). Οι προσωπικές συνεντεύξεις έγιναν στις λαϊκές αγορές και στα σούπερ μάρκετ σε καταναλωτές ρυζιού άνω των 18 ετών και κατοίκων του συγκεκριμένου δημοτικού διαμερίσματος από τα πέντε που χωρίζεται ο Δήμος Θεσσαλονίκης, όπως είχε προκύψει από τη δειγματοληψία.

Η αξιοπιστία των δέκα θεμάτων που αφορούν τη μέτρηση της στάσης των καταναλωτών ως προς τις περιπτώσεις κατανάλωσης ρυζιού και των εννέα θεμάτων που αφορούν τα πιάτα με τα οποία καταναλώνεται το ρύζι, ελέγχθηκε με το δείκτη αξιοπιστίας Cronbach Alpha και βρέθηκε να είναι της τάξεως $\alpha = 0,75$ και σύμφωνα με τους Spector (1992) και Σιάρδο (1997) ($>0,70$ και άνω) θεωρούνται ικανοποιητικοί. Όσον αφορά τα οκτώ θέματα για τη μέτρηση της στάσης των καταναλωτών ως προς τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του, η ποιότητα της λύσης ή του μοντέλου ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες (PCA), ο δείκτης Kaiser – Mayer – Olkin (K-M-O) μέτρησης του δείγματος βρέθηκε να είναι της τάξεως 0,776 και ο έλεγχος σφαιρικότητας του Bartlett έδωσε $\chi^2 = 434,526$ με β.ε. = 28 και $p=0,000$. Για την εξαγωγή των παραγόντων κρατήθηκαν αυτοί στους οποίους η αντίστοιχη χαρακτηριστική ρίζα (eigenvalue) είναι μεγαλύτερη του 1 (Kim and Mueller 1978, Σιάρδος 1999). Ως σημαντικά θεωρήθηκαν τα φορτώματα με απόλυτη τιμή μεγαλύτερη ή ίση του 0,45.

Τα έγκυρα ερωτηματολόγια που συλλέχθηκαν ήταν διακόσια τριάντα οκτώ. Το μέγεθος του δείγματος κρίθηκε ικανοποιητικό ως προς τις απαιτήσεις της στατιστικής ισχύος του ελέγχου ανεξαρτησίας χ^2 , ώστε σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$ και επίπεδο ισχύος μεγαλύτερο του 0,60 ο συντελεστής συνάφειας Cramer's V της τάξεως του 0,20 και άνω να ανιχνευθεί ως στατιστικά σημαντικός (Cohen, 1988). Τα ερωτηματολόγια κωδικοποιήθηκαν, εισήχθησαν τα στοιχεία και επεξεργάστηκαν με το στατιστικό πακέτο SPSS 10.0, ενώ για την ανάλυση των στοιχείων χρησιμοποιήθηκαν δείκτες της περιγραφικής στατιστικής, η παραγοντική ανάλυση και ο μη παραμετρικός έλεγχος ανεξαρτησίας χ^2 .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Δείγμα

Το δείγμα αποτελούσαν το ένα τρίτο άνδρες (30%) και τα δύο τρίτα γυναίκες (70%), ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό καταναλωτών (75,2%) ήταν μέχρι σαράντα πέντε ετών, με το ένα δέκατο περίπου (11,8%) του δείγματος να είναι πάνω από πενήντα έξι ετών. Αξιοσημείωτο είναι ότι το 38,2% είχε ανώτατη εκπαίδευση (ΑΕΙΤΕΙ, Μεταπτυχιακό). Η πλειοψηφία (85,3%) των καταναλωτών καταγράφηκε ότι είχε μηνιαίο εισόδημα έως και 1000 ευρώ.

Στάση των καταναλωτών στις ιδιότητες του ρυζιού

Από την ανάλυση που έγινε στις κύριες συνιστώσες (PCA) με Varimax περιστροφή, φαίνεται ότι υπήρχαν δύο παράγοντες που αντιπροσώπευαν τη στάση των καταναλωτών ως προς τις ιδιότητες που έχει το ρύζι. Ο πρώτος παράγοντας που μπορεί να χαρακτηριστεί «πρακτικότητα» αντιπροσωπεύεται από τις μεταβλητές ότι το ρύζι «είναι εύκολο στην ετοιμασία του», «έχει χαμηλή τιμή», «δίνει πολλά φαγητά», «είναι ελαφρύ για το στομάχι» και «έχει θεραπευτικές ιδιότητες». Αυτός ο παράγοντας εξηγεί το 29,57% της στατιστικής σημαντικότητας. Ο δεύτερος παράγοντας ο οποίος μπορεί να χαρακτηριστεί «διατροφικές ιδιότητες» αντιπροσωπεύει τις μεταβλητές ότι το ρύζι «είναι θρεπτική τροφή», «είναι υγιεινή τροφή», «έχει θεραπευτικές ιδιότητες», «δίνει γευστικά φαγητά». Αυτός ο παράγοντας εξηγεί το 28,74% της στατιστικής σημαντικότητας. Επομένως, οι καταναλωτές φαίνεται να αποδέχονται το ρύζι ως τρόφιμο με πρακτική χρησιμότητα και με ιδιαίτερες διατροφικές ιδιότητες.

Τα δύο τρίτα περίπου (76%) έθεσαν ως πρώτη ε-

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι: Αγοραστική συμπεριφορά των καταναλωτών ως προς το ρύζι.**TABLE I:** Buying behaviour towards rice.

Αγοράζω ρύζι ...	Πάντοτε	Συνήθως	Μερικές φορές	Σπάνια	Ποτέ
...ελληνικό.	36,1%	46,8%	13,7%	3%	0,4%
...εισαγωγής.	1,8%	19,4%	31,7%	22%	25,1%
...σε χύμα μορφή.	13,2%	24,1%	17,5%	19,3%	25,9%
...σε συσκευασμένη μορφή.	29,3%	36,6%	16,8%	9,5%	7,8%
...που διαφημίζεται.	2,2%	15,6%	24,4%	28%	29,8%
...σε ελκυστική συσκευασία.	0,9%	7,6%	21,4%	25,4%	44,6%

Μέγεθος του δείγματος: 238 καταναλωτές

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ: Οι στάσεις των καταναλωτών ως προς τις περιπτώσεις στις οποίες καταναλώνουν ρύζι.**TABLE II:** Consumer attitudes towards occasions in which they consume rice.

Καταναλώνω ρύζι ...	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Δείγμα
...σε ένα καθημερινό γεύμα.	4,09	0,94	231
...όταν είμαι άρρωστος.	4,01	0,96	231
...όταν έχω καλεσμένους στο σπίτι για ένα συνηθισμένο γεύμα.	4,00	0,84	229
...όταν θέλω να κάνω υγιεινή διατροφή.	3,75	1,01	225
...όταν έχω καλεσμένους στο σπίτι για ένα επίσημο γεύμα.	3,70	1,06	226
...όταν δεν έχω χρόνο γιατί γίνεται γρήγορα.	3,68	1,10	230
...όταν ετοιμάζω γεύμα για πολλά άτομα.	3,63	1,04	223
...όταν θέλω να ετοιμάσω ένα γεύμα για παιδιά.	3,32	1,13	225
...όταν είμαι μόνος στο σπίτι.	3,17	1,23	223
...όταν δεν έχω χρήματα γιατί είναι φθηνό.	2,98	1,19	223

πιλογή αγοράς ρυζιού το σούπερ μάρκετ ($\chi^2 = 12,327$, β.ε=2 p=0,00), το ένα πέμπτο (22,7%) τη λαϊκή αγορά ($\chi^2 = 30,326$, β.ε = 3, p=0,000), ενώ το 4,7% και 3,4% το παντοπωλείο της γειτονιάς και τους παραγωγούς αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τις απόλυτα θετικές απαντήσεις του δείγματος και με βάση το ποσοστό αυτών, η σειρά κατάταξης των κριτηρίων που έλαβαν υπόψη τους κατά την απόφαση αγοράς του ρυζιού οι καταναλωτές με φθίνουσα σειρά είναι: «να μη λασπώνει» (84,9%), «η γεύση» (83,6%), «ο τύπος του ρυζιού» (72,3%), «η θρεπτικότητα» (60,1%), «η εμφάνιση μετά το μαγείρεμα» (60,1%), «η τιμή» (58,8%), «η οσμή» (57,1%), «να προορίζεται για υγιεινή διατροφή» (53,4%), «η προέλευση» (47,9%), «η μάρκα» (38,7%), «ο χρόνος βρασμού» (37,8%), «το οικείο μαγαζί που το αγοράζω» (17,2%), «να βράζει σε ειδικό σακουλάκι» (11,3%), και τέλος «να είναι προμαγειρεμένο» (5,9%).

Οι καταναλωτές σύμφωνα με τον πίνακα Ι έδειξαν προτίμηση στο ελληνικό ρύζι κυρίως σε συσκευασμένη μορφή, το οποίο δε βρισκόταν σε τόσο ελκυστική συσκευασία, δηλαδή ήθελαν συσκευασία λιτή, ενώ ρύζι το οποίο διαφημίζεται παρατηρήθηκε ότι δεν προτιμήθηκε ιδιαίτερα από τους καταναλωτές του δείγματος.

Οι περισσότεροι καταναλωτές (85%) που συμμετείχαν στην έρευνα φαίνεται να καταναλώνουν ρύζι 1-2 φορές την εβδομάδα. Περισσότερο από όλους τους τύπους του ρυζιού προτιμούν το parboiled (υποκίτρινο) ή Μπάρμπα Μπεν ή Μπλου Μπονέτ που δε λασπώνει και είναι της ποικιλίας Indica (Μ.Ο. 3,58), ενώ φαίνεται να μην προτιμούν τους τύπους του ρυζιού που λασπώνει Parboiled (μεσόσπερμο υποκίτρινο) (Μ.Ο.= 1,84) και το Γλασέ (Μ.Ο.= 2,54). Επίσης, δε δείχνουν ιδιαίτερη προτίμηση στο αρωματικό ρύζι (Μ.Ο.= 2,46) και το καστανό (Μ.Ο.= 1,92).

Στον πίνακα ΙΙ φαίνεται ότι οι καταναλωτές λαμβάνουν κάποια χρησιμότητα από το ρύζι, τόσο για κοινωνικές περιπτώσεις, όσο και για πιο πρακτικά θέματα, όπως για παράδειγμα όταν βιάζονται (Huetevill, 1994).

Με ποια είδη φαγητού προτιμούν μαζί να κατα-

ΠΙΝΑΚΑΣ III: Οι στάσεις των καταναλωτών ως προς τα πιάτα που καταναλώνουν το ρύζι.

TABLE III: Consumer attitudes to dishes with rice.

Καταναλώνω ρύζι ...	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Δείγμα
...για να συνοδεύσω το κρέας με σάλτσα.	4,33	0,84	230
...για να συνοδεύσω το κοτόπουλο.	4,28	0,78	233
...για να συνοδεύσω το ψητό κρέας.	4,23	0,83	229
...για να συνοδεύσω το κρέας.	3,98	1,01	230
... σερβίροντας το σε ένα παραδοσιακά μαγειρεμένο πιάτο.	3,91	0,93	232
...για να συνοδεύσω ένα εξωτικό πιάτο.	3,53	1,121	225
...για να συνοδεύσω το ψητό ψάρι.	2,58	1,08	223
...για να συνοδεύσω το ψάρι με σάλτσα.	2,28	1,00	226
...ως σαλάτα πριν ν' αρχίσω ένα γεύμα.	2,25	1,01	224

ΠΙΝΑΚΑΣ IV: Στατιστικά σημαντικές σχέσεις που προέκυψαν από τον έλεγχο ανεξαρτησίας Χ² μεταξύ δηλώσεων των καταναλωτών και της ηλικίας τους.

TABLE IV: Statistical important relations between consumer attitudes and age.

Δήλωση	Χ ²	β.ε.	P	Βαθμός Συνάφειας
Κριτήριο ως προς την αγορά ρυζιού είναι η θρεπτικότητά του.	19,825	4	0,000	Cramer's V=0,340 gamma =0,6
Κριτήριο ως προς την αγορά ρυζιού είναι το οικείο μαγαζί.	10,962	4	0,027	Cramer's V= 0,286 gamma =0,359
Κριτήριο ως προς την αγορά ρυζιού είναι η μάρκα του.	17,430	4	0,001	Cramer's V=0,329 gamma=-0,390
Αγοράζω ρύζι από το σούπερ μάρκετ ως πρώτη επιλογή κατά σειρά προτεραιότητας από 1 έως 4.	43,507	12	0,000	gamma =0,251
Αγοράζω ρύζι από τη λαϊκή αγορά ως πρώτη επιλογή κατά σειρά προτεραιότητας από 1 έως 4.	86,172	12	0,000	gamma = - 0,616
Αγοράζω ελληνικό ρύζι.	46,640	16	0,000	gamma =0,454
Αγοράζω ρύζι εισαγωγής.	44,627	16	0,000	gamma = -0,339
Αγοράζω ρύζι σε χύμα μορφή.	58,214	16	0,000	gamma = 0,371
Αγοράζω ρύζι σε συσκευασμένη μορφή.	40,450	16	0,001	gamma = - 0,296
Αγοράζω ρύζι που διαφημίζεται.	46,637	16	0,000	gamma = - 0,387
Αγοράζω ρύζι που βρίσκεται σε ελκυστική συσκευασία.	30,115	16	0,022	gamma = - 0,341

ναλώνουν ρύζι και με ποια όχι, προκύπτει από τον πίνακα III.

Κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά και στάση.

Ο πίνακας IV δείχνει ότι, όσο μεγαλύτερης ηλικίας είναι ο καταναλωτής τόσο περισσότερο λαμβάνει υπόψη του τη θρεπτικότητα του ρυζιού σαν κριτήριο για τη λήψη της απόφασης αγοράς, όπως το ίδιο φαίνεται να συμβαίνει και ως προς το κριτήριο

αγοράς από το οικείο μαγαζί. Μπορεί να καταλάβει κανείς ότι οι μεγαλύτερης ηλικίας άνθρωποι «δένονται» κατά κάποιον τρόπο με το μαγαζί από το οποίο πραγματοποιούν τις αγορές τους. Η μάρκα φαίνεται να λειτουργεί σαν κριτήριο κατά τη λήψη απόφασης αγοράς ρυζιού περισσότερο στις νεότερες ηλικίες των καταναλωτών σε σύγκριση με τους καταναλωτές μεγαλύτερης ηλικίας. Οι νεότεροι παρατηρείται επίσης, ότι μάλλον προτιμούν ν' αγοράζουν ρύζι από το σούπερ μάρκετ, ενώ οι μεγαλύτεροι σε ηλικία

ΠΙΝΑΚΑΣ V: Στατιστικά σημαντικές σχέσεις που προέκυψαν από τον έλεγχο ανεξαρτησίας χ^2 μεταξύ δηλώσεων των καταναλωτών και της μόρφωσής τους.

TABLE V: Statistical important relations between consumer attitudes and education.

Δήλωση	χ^2	β.ε.	P	Βαθμός Συνάφειας
Κριτήριο ως προς την αγορά ρυζιού είναι το οικείο μαγαζί.	10,005	4	0,038	Cramer's V= 0,213 gamma =-0,351
Κριτήριο ως προς την αγορά ρυζιού είναι η μάρκα του.	11,280	4	0,024	Cramer's V=0,286 gamma=0,324
Αγοράζω ελληνικό ρύζι.	58,434	16	0,000	gamma =-0,350
Αγοράζω ρύζι εισαγωγής.	45,823	16	0,000	gamma = 0,253
Αγοράζω ρύζι σε χύμα μορφή.	74,277	16	0,000	gamma = -0,402
Αγοράζω ρύζι σε συσκευασμένη μορφή.	48,487	16	0,000	gamma = 0,330
Αγοράζω ρύζι που διαφημίζεται.	40,523	16	0,001	gamma = 0,197
Αγοράζω ρύζι που βρίσκεται σε ελκυστική συσκευασία.	43,828	16	0,001	gamma = 0,223

προτιμούν σαν τόπο αγοράς τη λαϊκή αγορά. Οι μεγαλύτεροι σε ηλικία καταναλωτές ακόμη προτιμούν περισσότερο το ελληνικό ρύζι που το αγοράζουν σε χύμα μορφή, ενώ οι νεότεροι προτιμούν περισσότερο το ρύζι εισαγωγής, θέλουν να είναι συσκευασμένο, να διαφημίζεται και γιατί όχι να βρίσκεται τοποθετημένο σε ελκυστική συσκευασία.

Στον πίνακα V γίνεται αντιληπτό, ότι όσο το επίπεδο μόρφωσης των καταναλωτών αυξάνει, λαμβάνουν λιγότερο υπόψη το κριτήριο του οικείου μαγαζιού, όταν παίρνουν απόφαση για ν' αγοράσουν ρύζι. Έτσι, οι λιγότερο μορφωμένοι καταναλωτές φαίνεται να δένονται συναισθηματικά με το μαγαζί από το οποίο το αγοράζουν. Οι πιο μορφωμένοι καταναλωτές θεωρούν τη μάρκα του ρυζιού σημαντικό κριτήριο, όταν επιλέγουν ρύζι έναντι των λιγότερων μορφωμένων. Κυρίως ελληνικό ρύζι προτιμούν οι καταναλωτές που ανήκουν σε χαμηλά επίπεδα εκπαίδευσης. Όσο το επίπεδο εκπαίδευσης αυτών αυξάνεται, το ελληνικό ρύζι αγοράζεται από μερικές φορές έως σπάνια. Το αντίθετο όμως ισχύει για το ρύζι εισαγωγής. Καθώς το επίπεδο εκπαίδευσης των καταναλωτών αυξάνεται, αυτοί προτιμούν να αγοράζουν ρύζι σε συσκευασμένη μορφή. Αντιθέτως, οι καταναλωτές που ανήκουν σε πιο χαμηλά επίπεδα εκπαίδευσης, φαίνεται να αγοράζουν συνήθως, έως πάντοτε, ρύζι σε χύμα μορφή. Η διαφήμιση όπως και η ελκυστική συσκευασία φαίνεται να επηρεάζει ως προς την αγορά του ρυζιού τους περισσότερο μορφωμένους καταναλωτές.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κατανόηση των καταναλωτικών συνηθειών

των ανθρώπων απέναντι στο ρύζι είναι πολύ χρήσιμη, ώστε να δοθούν οι σωστές κατευθύνσεις για την παραγωγή – τυποποίηση – συσκευασία καθώς και την προώθησή του. Το ρύζι χαρακτηρίζεται ως πρακτικό τρόφιμο με ιδιαίτερες διατροφικές ιδιότητες. Αγοράζεται συνήθως από το σούπερ μάρκετ και τη λαϊκή αγορά, επειδή εκεί το βρίσκουν οι καταναλωτές σε χαμηλότερες τιμές. Πρωταρχικής σημασίας γι' αυτούς είναι το ρύζι να μη λασπώνει, ενώ φαίνεται να μην προτιμούν ιδιαίτερα το προμαγειρεμένο. Οι περισσότεροι καταναλωτές όπως προκύπτει από την έρευνα καταναλώνουν ρύζι 1-2 φορές την εβδομάδα σ' ένα συνηθισμένο γεύμα, σε διάφορες κοινωνικές περιστάσεις, όταν έχουν να σερβίρουν πολλά άτομα, και όταν θέλουν να κάνουν υγιεινή διατροφή. Συνήθως το καταναλώνουν συνοδεύοντας κυρίως το κρέας και το κοτόπουλο, σε ένα παραδοσιακά μαγειρεμένο πιάτο, ενώ σπανιότερα για να συνοδεύσουν το ψάρι ή ν' αρχίσουν με αυτό ένα γεύμα. Όσον αφορά τα κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά των καταναλωτών, η ηλικία αλλά και η μόρφωσή τους συντελούν στη διαφοροποίηση της συμπεριφοράς τους ως προς το ρύζι. Έτσι, οι μεγαλύτερης σε ηλικία έναντι των νεότερων, επιλέγουν κάποιο οικείο μαγαζί για ν' αγοράσουν ρύζι, δεν επηρεάζονται από τη μάρκα, προτιμούν τη λαϊκή αγορά, το ελληνικό ρύζι και το αγοράζουν επίσης σε χύμα μορφή. Το επίπεδο μόρφωσης όσο αυξάνεται, τόσο λιγότερο παίζει ρόλο στην αγορά του το οικείο μαγαζί. Ακόμη θεωρούν τη μάρκα σημαντικό κριτήριο, προτιμούν ρύζι εισαγωγής σε συσκευασμένη μορφή με ελκυστική συσκευασία και να διαφημίζεται.

Η σημαντικότητα του άρθρου για το marketing

θα μπορούσε να είναι η δημιουργία μιας διαφημιστικής καμπάνιας εκ μέρους του κράτους ως προς το ρύζι πλαισιώνοντάς το με στοιχεία της πρακτικής του σημασίας και των ιδιαίτερων διατροφικών του ιδιοτήτων. Επίσης τα στοιχεία: η μάργα, η προέλευση, η συσκευασία και η διαφήμιση του ρυζιού φαίνεται να επηρεάζουν τους πιο μορφωμένους και τους νεότερους καταναλωτές. Ως εκ τούτου, η πρακτική

σημασία για τους ορυζοβιομήχανους θα μπορούσε να είναι η επισήμανση της διοχέτευσης ρυζιού στην αγορά με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για να στοχεύσουν στους νεότερους και πιο μορφωμένους καταναλωτές.

Τέλος η αύξηση κατανάλωσης ρυζιού θα επηρεάσει θετικά τα εισοδήματα των Ελλήνων παραγωγών.

The dynamics of consumer behavior towards rice with emphasis on age and education. The influence of rice consumers' education and age

M. Tzavaras¹, E. Tzimitra - Kalogianni², E. Tsakiridou³, G. Tsekouropoulos⁴

SUMMARY

In this study we examine the attitude of consumers towards rice and its use. It is presented how the attitude of consumers asked, varies according to their educational level and age, two of the most important socio-demographic factors.

A qualitative, pilot and quantitative research took place. According to this research, rice is not only the kind of food that has special applications to people but also a product absolutely necessary to them from their infancy to senility. Also it is widely consumed in most of the family's meals. It is bought both from the supermarkets and the street markets. In many cases consumers prefer rice to be granular coming from Greece and in plain package. It is usually consumed once or twice a week, as well as in special occasions such as having guests in the house. It is considered to be nutritious and it accompanies meat - not so much fish or salads-. Age and education seem to play an important role in the consumption of rice.

Key words: consumption, rice, consumer's behavior, socio-demographic characteristics, age, education.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AAKER D., KUMAN V. and DAY G. 1995. Marketing Research Fifth Edition by John Wiley & Sons, Inc. Canada.
- BERNI P. and BEGALLI D 1994. Rice consumption analysis in northern Italy. A marketing approach in Prospects for Rice consumption in Europe. Edited by Berni P.: 257-282.
- BRIZ J DE FELIPE I. and GUERRERO L. 1998. Rice consumer attitudes in Spain: Case of Madrid and Catalonia Paper 17 Proceedings of the Nottingham symposium November 1997. Cahiers Options Mediterranennes Vol.24, no 3.
- BUSH A. and JOSEPH H. 1985. An Assessment of Mall Intercept as a Data Collection Method Journal of Marketing Research Vol.XXII (May 1985): 158-167.
- CHURCHILL JR., GILBERT A. and PETER J.P. 1995. Marketing. Creation value for customers. Austen Press.
- COHEN J. 1988. Statistical power analysis for the behavioural sciences. New Jersey. Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- DUPONT TH. 1987. Do Frequent mall Shoppers Distort Mall – Intercept Survey Results? Journal of Advertising Research –August/September 1987: 45-51.
- GATES R. and SOLOMON P. 1982. Research using the Mall Intercept:State of the Art. Journal of Advertising Research April/May 1982: 43-49
- HATAE K. K., MITSUKO T., YOKO SH., ATSUKO N., KEIKO Z., YIN I., MARIA

¹ Phd Student, Department of Agricultural Economics, School of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki

² Associate Professor, Department of Agricultural Economics, School of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki

³ Lecture, Department of Agricultural Economics, School of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki

⁴ Phd Student, Department of Agricultural Economics, School of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki

- MONIKO A. 1997 The habit of eating rice in four countries : Japan, China, Spain and France. *Journal of Consumer Studies and Home Economics* :349-361.
- HAUTEVILLE F. 1994. European consumer rice perception in *Prospects for Rice consumption in Europe* edited by Berni P: 83- 294.
- HEINEMANN B.J.R., BEHRENS H. J. AND LANFER –MARQUEZ U.M. 2006. A study on the acceptability and consumer attitude towards parboiled rice. *International Journal of Food Science and Technology* 41: 627 – 634.
- HORI K. JUNKO SONODA, YOKO AKINAGA and A. HEULWEN HALL 1996 Knowledge and preference for aromatic rice by people in Britain. *Journal of Consumer Studies and Home Economics* 20: 145-152.
- KIM On JAE and MUELLER CHARLES 1978 *Factor Analysis Statistical Methods and Practical Issues*. Series: Quantitative Applications in the Social Sciences. Editor: Eric m. Uslaner. A sage University paper.
- LOPEZ GARCIA J. and BRIZ J. 1994 The rice consumer in Madrid in *Prospects for Rice consumption in Europe* edited by Berni P. : 225-244.
- MALHOTRA N.K. 1993. *Marketing research and applied orientation*. Prentice Hall.
- NOWEL Cl. and STANLEY L. 1991 Research notes and communications –Length –Biased Sampling in Mall Intercept Surveys. *Journal of Marketing Research* Vol.XXVIII November 1991: 475-479.
- SCHIFFERSTEIN H., MAKIMATTILA M, BRASSER A, and VAN TILBURG A. (1998) Rice consumption in the Netherlands: perception, preference and use *Proceedings of the Nottingham symposium* November 1997. *Cahiers Options Mediterraneennes* Vol.24, no 3.
- SCHÜTZ H and FRIDGEN J. 1974 Department of Consumer Sciences University of California /Davis Consumer preference research on rice: ranking descriptions for improved products. *Food Product Development* Vol 8 Part 1 1974:75-78 The British Library.
- ΣΙΑΡΔΟΣ Γ. 1997. *Μεθοδολογία Αγροτικής Κοινωνιολογικής Έρευνας*. Εκδόσεις Ζήτη Θεσσαλονίκη.
- ΣΙΑΡΔΟΣ Γ. 1999. *Μέθοδοι Πολυμεταβλητής Στατιστικής Ανάλυσης*. Με την επίλυση ασκήσεων μέσω του στατιστικού προγράμματος SPSS. Μέρος Πρώτο. Διερεύνηση Σχέσεων Μεταξύ Μεταβλητών Εκδόσεις Ζήτη Θεσσαλονίκη.
- SPECTOR P.E. 1992. *Summated rating scale construction: An Introduction*. Sage University Series No. 82 on Quantitative Applications in the Social Sciences. Beverly Hills
- ΤΣΑΚΙΡΙΔΟΥ Ε. 1996. *Μερική ανάλυση της αλυσίδας προσφοράς του ρυζιού*. Μεταπτυχιακή Διατριβή.
- ΧΑΡΙΣΗΣ Κ. και ΚΙΟΧΟΣ Π. 1997. *Θεωρία δειγματοληψίας και εφαρμογές*. Εκδόσεις Interbooks. Αθήνα.

Η μοριακή βάση της ανθεκτικότητας στα εντομοκτόνα: παραδείγματα εντόμων και ακάρεων ελληνικού γεωπονικού ενδιαφέροντος

Γιάννης Βόντας¹, Εμμανουήλ Ροδιτάκης² και Αναστασία Τσαγκαράκου²

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα και ακαρεοκτόνα είναι ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα στην προσπάθεια ελέγχου των επιβλαβών στη Γεωργία εντόμων και ακάρεων με τη χρήση φυτοφαρμάκων. Η έκταση και οι επιπτώσεις του προβλήματος στη χώρα μας, όπου σε πολλές περιοχές γίνεται αλόγιστη χρήση φυτοπροστατευτικών ουσιών, δεν έχει επαρκώς διερευνηθεί. Η εφαρμογή προγραμμάτων Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Εχθρών καλλιεργειών που υποστηρίζει η αναμορφωμένη Κοινή Αγροτική Πολιτική, προϋποθέτει γνώση της ανάπτυξης ανθεκτικότητας στα κάθε μορφής σκευάσματα. Πρόσφατη έρευνα στη χώρα μας, σε αρθρόποδα ελληνικού γεωπονικού ενδιαφέροντος (*Bactrocera oleae*, *Bemisia tabaci* και *Tetranychus urticae*), αναλύει και χαρακτηρίζει την ανθεκτικότητα σε μοριακό επίπεδο και δημιουργεί εργαλεία που θα συμβάλουν στον αποτελεσματικό έλεγχο σημαντικών για την Ελληνική Γεωργία ζωικών εχθρών, με οικονομικά συμφέροντα και περιβαλλοντικά αποδεκτό τρόπο.

Λέξεις κλειδιά: *Bactrocera oleae*, *Bemisia tabaci*, *Tetranychus urticae*, μηχανισμοί ανθεκτικότητας

Εντομοκτόνα – Μηχανισμοί ανθεκτικότητας – Αντιμετώπιση

Η ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα, δηλαδή η ικανότητα ενός πληθυσμού να επιβιώνει μετά από έκθεση σε δόσεις δραστικής ουσίας που κανονικά θα ήταν θανατηφόρες, οφείλεται στην επιλογή ανθεκτικών γονιδίων που, με την πάροδο των γενεών μετατρέπει αρχικά ευπαθείς πληθυσμούς σε ανθεκτικούς. Η λανθασμένη χρήση των φυτοπροστατευτικών ουσιών (τρόπος – χρόνος και συχνότητα εφαρμογής) αφενός μειώνει την αποτελεσματικότητά τους (αυξημένο κόστος, αποτυχία καταπολέμησης) και επιβαρύνει το περιβάλλον (μόλυνση φυσικών πόρων, εξαφάνιση ωφέλιμων ειδών, επιβάρυνση στην αγροτών-καταναλωτών), αφετέρου οδηγεί στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας. Βιολογικοί, γενετικοί και οικολογικοί παράγοντες (π.χ. αριθμός γενεών και απογόνων, τρόπος αναπαραγωγής, προσαρμοστικότητα γονιδίων που ελέγχουν την ανθεκτικότητα, μονοφαγία, μετανάστευση, καταφύγια), χαρακτηριστικοί για

κάθε ζωικό εχθρό, επηρεάζουν την ταχύτητα εξάπλωσης της ανθεκτικότητας στον αγρό. Αξίζει να αναφερθεί ότι παρ' όλα τα αρνητικά ακόλουθα της ανθεκτικότητας, είναι δυνατό αυτή να χρησιμοποιηθεί και σε όφελος των γεωργικών πρακτικών στις περιπτώσεις αρπακτικών αρθροπόδων ανθεκτικών σε εντομοκτόνα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε απελευθερώσεις στα πλαίσια προγραμμάτων ολοκληρωμένης καταπολέμησης (Navajas et al., 2001).

Τα περισσότερα εντομοκτόνα επιδρούν στο νευρικό σύστημα των εντόμων. Τα οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά εντομοκτόνα δεσμεύονται στο ενεργό κέντρο της ακετυλοχολινεστεράσης (AChE, βασικό ένζυμο του κεντρικού νευρικού συστήματος των αρθροπόδων εντόμων και ακάρεων) αναστέλλοντας τη λειτουργία της. Τα νεονικοτινοειδή που εμφανίστηκαν σχετικά πιο πρόσφατα, επίσης διαταράσσουν τη μετάδοση των νευρικών σημάτων, καταλαμβάνοντας τη θέση της ακετυλοχολίνης στους νικοτινεριγικούς υ-

¹ Εργαστήριο Γεωργικής Φαρμακολογίας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, Αθήνα 11855 (email: vontas@aua.gr)

² Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας, Ινστιτούτο Προστασίας Φυτών Ηρακλείου, Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.), ΤΘ 2228, 71003 Ηράκλειο

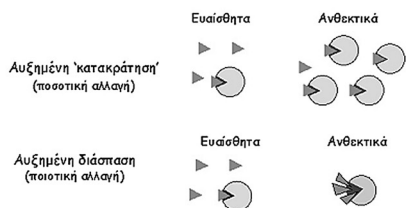
ποδοχείς της (nAChR). Τα οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα και οι πυρεθρίνες στοχεύουν στα διαμεμβρανικά πρωτεϊνικά κανάλια μεταφοράς ιόντων, όπως αυτά του νατρίου (sodium channel) και του γλωρίου (GABA), αποσυντονίζοντας τη λειτουργία τους και τον έλεγχο της ροής ιόντων κατά μήκος του νευρικού άξονα οδηγώντας στην παράλυση και σταδιακά στο θάνατο του ατόμου. Σχετικά παρόμοιο αν και όχι πλήρως εξακριβωμένο τρόπο δράσης, πιθανότατα αυξάνοντας την έκλυση GABA και τη ροή των ιόντων γλωρίου και νατρίου, έχουν και οι αβερμεκτίνες (μακροκυκλικές λακτόνες). Οι ρυθμιστές ανάπτυξης (Insect Growth Regulators, μιμητικές ορμονών, παρεμποδιστές, όπως tebufenozine, pyriproxyfen) παρεμβαίνουν σε πιο εξειδικευμένες φυσιολογικές λειτουργίες των εντόμων, όπως στη βιοσύνθεση της χιτίνης και στη διαδικασία της έκδυσης και της μεταμόρφωσης (Cohen, 2001). Τέλος υπάρχουν σήμερα διάφορα 'εντομοκτόνα νέας γενιάς', με χαρακτηριστικά που τα κάνουν συμβατά και σε εφαρμογές ολοκληρωμένης καταπολέμησης (αυξημένη εκλεκτικότητα, ταχεία αποδόμηση). Βακτηριακές τοξίνες (όπως η Bt που παράγεται από το *Bacillus thuringiensis*) ανήκουν σε αυτή την κατηγορία, οι οποίες ενεργοποιούνται και δρουν μετά την πρόσληψη εντός του μεσεντέρου των εντόμων, καταστρέφοντας επιθηλιακούς ιστούς.

Πολλά εντομοκτόνα που ανήκουν στις παραπάνω κατηγορίες (με εξαίρεση τα νεονικοτινοειδή και τις βακτηριακές τοξίνες) χρησιμοποιούνται λόγω και της ακαρεοκτόνου δράσης τους στην προστασία των καλλιεργειών από τα φυτοφάγα ακάρεα. Άλλες δραστικές ουσίες που έχουν μόνο ακαρεοκτόνο δράση έχουν επίσης αναπτυχθεί. Αυτές ανήκουν σε διάφορες κατηγορίες (οργανοχλωριωμένα, φορμαμιδίνες, οργανοκασσιτερούχα, οργανοθειούχα, παράγωγα φαινόλης, τετραζίνες, κ.λ.π.) με δράση άλλοτε εξακριβωμένη και άλλοτε όχι πλήρως γνωστή (οκταπαμινικούς υποδοχείς, οξειδωτική φωσφορύλωση, παρεμποδιστές ανάπτυξης), καθώς επίσης τα νεότερα METI ακαρεοκτόνα (που ανήκουν στις χημικές ενώσεις των πυραζολίων, πιρινταζινονίων, και κουιναζολινών και δρουν σαν παρεμποδιστές μεταφοράς ηλεκτρονίων στα μιτοχόνδρια).

Οι μηχανισμοί ανθεκτικότητας των εντόμων και των ακάρεων εμφανίζονται με διάφορες μορφές (Helle 1984, Croft and Van de Baan 1988, Hemingway et al., 2002). Επιδερμικές διαφορο-

ποιήσεις και αλλαγές στη συμπεριφορά τους, που είτε εμποδίζουν την είσοδο, είτε αυξάνουν την απέκκριση των εντομοκτόνων (φυσιολογική-ηθολογική ανθεκτικότητα) αποτελούν την πρώτη γραμμή άμυνας. Η δεύτερη γραμμή άμυνας, η βιοχημική ανθεκτικότητα (metabolic resistance), συνίσταται από ένζυμα που 'μεταβολίζουν' τα εντομοκτόνα και ακαρεοκτόνα (ή 'ενεργοποιούνται' παράγωγά τους), πριν αυτά φτάσουν στους στόχους τους (Εικόνα 1). Βασικά ένζυμα της βιοχημικής ανθεκτικότητας είναι οι εστεράσες (καρβοξυεστεράσες), μια μεγάλη οικογένεια πρωτεϊνών μέλη της οποίας δεσμεύουν-κατακρατούν εντομοκτόνα μόρια στον εξωκυτταρικό χώρο και συνήθως αργά υδρολύουν εστερικούς δεσμούς (Hemingway and Karunaratne 1998). Προκαλούν ανθεκτικότητα σε όλες σχεδόν τις ομάδες εντομοκτόνων, συνηθέστερα στα οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά. Υπάρχουν παραδείγματα όπου η ανθεκτικότητα δημιουργείται εξαιτίας ποιοτικής διαφοροποίησης εστερασών, αποτέλεσμα επιλογής ενζύμων με αυξημένη καταλυτική ικανότητα για τα εντομοκτόνα μόρια, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις η ανθεκτικότητα οφείλεται στην επιλογή ατόμων που διαθέτουν μεγάλες ποσότητες της πρωτεΐνης, που συνήθως επιτυγχάνεται με το μηχανισμό της γονιδιακής ενίσχυσης (Guillemaud et al., 1999, Vontas et al., 2000, Kim et al., 2004). Μια άλλη σημαντική οικογένεια γονιδίων που προκαλεί βιοχημική ανθεκτικότητα είναι οι μικτής λειτουργίας P450 οξειδάσες ή μονοοξυγονάσες (ή Cytochrome P450s). Πρόκειται για μικροσωμικές αιμοπρωτεΐνες (ενδοπλασματικό δίκτυο - μιτοχόνδρια) που καταλύουν την οξειδωτική διάσπαση των εντομοκτόνων (Scott, 1999). Ποσοτικές αλλαγές μελών της οικογένειας που έχουν ικανότητα να μεταβολίζουν τα μόρια των εντομοκτόνων ουσιών και σπανιότερα ποιοτικές διαφοροποιήσεις ευθύνονται για τη μειωμένη ευαισθησία των εντόμων (Scott 1999, Van Leeuwen et al., 2005). Η ανθεκτικότητα περιλαμβάνει όλες σχεδόν τις ομάδες εντομοκτόνων, όπως τα οργανοφωσφορικά, πυρεθροειδή, οργανοχλωριωμένα, νεονικοτινοειδή και αβερμεκτίνες και συχνά έχει ευρύ χαρακτήρα (έμμεση - πολλαπλή ανθεκτικότητα), αφού ορισμένες P450 οξειδάσες έχουν την ικανότητα να αναγνωρίζουν σαν υπόστρωμα και να μεταβολίζουν πολύ διαφορετικά τοξικά μόρια (Daborn et al, 2002).

1. Εστεράσες - καρβοξυλεστεράσες

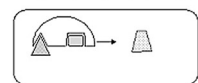


2. Τρανσφεράσες της γλουταθειόνης

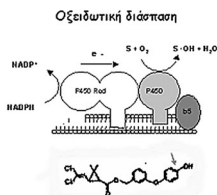
Προσθήκη γλουταθειόνης, αύξηση υδατοδιαλυτότητας, αποβολή



Διάσπαση εντομοκτόνων μορίων (DDT)



3. P450 Οξειδάσες ή μονοοξυγονάσες



Εικόνα 1: Μηχανισμοί βιοχημικής ανθεκτικότητας (metabolic resistance) εντόμων και ακάρεων στα εντομοκτόνα.

Οι μεταφοράσες (τρανσφεράσες) της γλουταθειόνης είναι η τρίτη ομάδα ενζύμων που εμπλέκονται στη βιοχημική ανθεκτικότητα. Τα ένζυμα αυτά καταλύουν την προσθήκη γλουταθειόνης στο λιπόφιλο μόριο των εντομοκτόνων αυξάνοντας την υδατοδιαλυτότητά τους και διευκολύνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την αποβολή τους από τον οργανισμό. Υπάρχουν και περιπτώσεις, όπου τα ένζυμα αυτά μεταβολίζουν το μόριο του εντομοκτόνου, χωρίς την προσθήκη γλουταθειόνης στο τοξικό μόριο (όπως στην αντίδραση απουδροχλωρινώσεως του DDT, Orteli et al., 2003). Οι μεταφοράσες της γλουταθειόνης προκαλούν σχετικά ήπια επίπεδα ανθεκτικότητας σε όλες σχεδόν τις κατηγορίες εντομοκτόνων (Fournier et al., 1987, Vontas et al., 2001a, Vontas et al., 2002a, Stumpf and Nauen 2002).

Οι προαναφερθέντες μηχανισμοί ανθεκτικότητας (φυσιολογική, βιοχημική ανθεκτικότητα) έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της δραστηρικής ποσότητας του εντομοκτόνου που τελικά φτάνει στο στόχο. Η τελευταία γραμμή άμυνας των εντόμων, που συχνά προκαλεί τα πιο εντυπωσιακά επίπεδα ανθεκτικότητας, αφορά διαφοροποιήσεις στη μοριακή δομή των πρωτεϊνών-στόχων (altered target resistance), που τις κάνουν λιγότερο ευαίσθητες στα τοξικά μόρια, με αποτέλεσμα τη μείωση ή και την απώλεια της αποτελεσματικότητας των εντομοκτόνων. Από το 1964, που ο Smissaert πρώτος απέδειξε την μη ευαισθησία του ενζύμου στόχου ακετυλχολινεστεράσης, σαν τον κύριο μηχανισμό ανθεκτικότητας του *Tetranychus urticae* σε οργανοφωσφορικά (Smissaert, 1964), ο μηχανισμός αυτός ταυτοποιήθηκε σε πολλά έντομα και ακάρεα. Πολυάριθμες μελέτες που αφορούν στην AChE έχουν προστεθεί στη βιβλιογραφία και σήμερα γνωρίζουμε ότι αλλαγές στη στερεοδομή της AChE, συνήθως εξαιτίας σημειακών μεταλλαγών στο ενεργό κέντρο του ενζύμου, την καθιστούν λιγότερο προσπελάσιμη στα οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά εντομοκτόνα (Mutero et al., 1994, Walsh et al., 2001). Οι μεταλλαγές ανθεκτικότητας της AChE, προσδίδουν εξειδικευμένη ανθεκτικότητα όχι μόνο σε συγκεκριμένες ομάδες εντομοκτόνων, αλλά και σε συγκεκριμένες χημικές ενώσεις εντός της ίδιας ομάδας. Μελέτες που αφορούν αλλαγές στους στόχους των άλλων κατηγοριών των φυτοπροστατευτικών ουσιών δεν έχουν γίνει στα ακάρεα. Αντίθετα στα έντομα τέτοιες μελέτες υπάρχουν. Για παράδειγμα γνωρίζουμε ότι ανάλογες αλλαγές στις διαμεμβρανικές πρωτεΐνες μεταφοράς νατρίου και χλωρίου (τύπου kdr, knock down resistance και Rdl, resistance to dieldrin) μειώνουν τη συνάφεια των εντομοκτόνων με τις πρωτεΐνες αυτές, με αποτέλεσμα τη μείωση της ευαισθησίας των εντόμων (ffrench-Constant 1994, Zlotkin 1999). Οι μεταλλαγές αυτές είναι εξαιρετικά συντηρημένες και προσδίδουν υψηλά επίπεδα ανθεκτικότητας σε εντομοκτόνα που στοχεύουν στα πρωτεϊνικά αυτά κανάλια, όπως τα πυρεθροειδή και τα οργανοχλωριωμένα (ffrench-Constant et al., 1998). Ποσοτικές διαφοροποιήσεις στους υποδοχείς των βακτηριακών τοξινών (Bt) (πιθανότατα cadherin-like receptors) έχουν επίσης αναφερθεί σε ορισμένα έντομα να προσδίδουν μεγάλα επίπεδα ανθεκτικότητας, χωρίς ωστόσο να έχει διαλευκανθεί ο μηχανισμός σε μοριακό επίπεδο (Whalon και Wingerd, 2003), ενώ ανάλογες ενδεί-

Ξεις ανθεκτικότητας υπάρχουν για τους νικοτινερ-γικούς υποδοχείς των νεονικοτινοειδών. Τέλος, μια διαφορετική περίπτωση ανθεκτικότητας, απουσία αντί διαφοροποίηση στόχου, έχει αναφερθεί για μιμητικές ουσίες ορμονών (Wilson και Ashok, 1998).

Η έγκαιρη διάγνωση της ανθεκτικότητας, η ανά-λυση των μηχανισμών της, καθώς και η παρακολού-θηση (monitoring) των πληθυσμών για τον έλεγχο της κατανομής των ανθεκτικών γονιδίων είναι απα-ραίτητη προϋπόθεση για την αντιμετώπισή της. Επι-πλέον, η μελέτη της κατανομής του πολυμορφισμού ουδέτερων επιλεκτικά γενετικών τόπων, δηλαδή η γνώση του μεγέθους της γενετικής διαφοροποίησης των πληθυσμών ενός είδους συμβάλλει στην επιλο-γή της στρατηγικής για την καθυστέρηση εμφάνισης ή για τη διαχείριση της ανθεκτικότητας.

Η διαπίστωση και μέτρηση της ανθεκτικότητας γίνεται αρχικά με βιοδοκιμές, που όμως απαιτούν πολύ χρόνο και συχνά αποτυγχάνουν να προσδιο-ρίσουν με ασφάλεια το πρόβλημα. Στις περιπτώ-σεις που οι μηχανισμοί ανθεκτικότητας έχουν χα-ρακτηρισθεί σε βιοχημικό ή μοριακό επίπεδο, αναπτύσσονται απλές τεχνικές (διαγνωστικά τεστ ενζυμικής δραστηριότητας ή διαγνωστικό PCR), που αναγνωρίζουν με ταχύτητα και ασφάλεια τις μεταλλαγές ανθεκτικότητας, ακόμη κι αν αυτές εί-ναι σε πολύ μικρές συχνότητες, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα εφαρμογής διορθωτικών κινήσεων στην στρατηγική φυτοπροστασίας.

Η αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας εστιάζεται στον περιορισμό της επιλεκτικής πίεσης των εντο-μοκτόνων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη ρύθμιση της δόσης εντομοκτόνου - αριθμού επεμβάσεων για διατήρηση ευαίσθητων αλληλομόρφων, τη χρήση εντομοκτόνων χαμηλής υπολειμματικής διάρκειας, τη χρήση συνεργιστικών (ενζυμικοί παρεμπο-διστές που απενεργοποιούν ομάδες της βιοχημικής άμυνας), την εφαρμογή τοπικών επεμβάσεων και τη διατήρηση καταφυγίων για τα έντομα στόχο και τη σωστή και με επιστημονική βάση εναλλαγή εντομοκτόνων. Σε σπανιότερες περιπτώσεις, όταν αυτό επιβάλλεται, μπορεί να ακολουθείται η στρα-τηγική της εξάλειψης ανθεκτικών πληθυσμών – αλ-ληλομόρφων ανθεκτικότητας, που επιτυγχάνεται με τη χρήση πολύ υψηλών δόσεων εντομοκτόνων ή μιγμάτων εντομοκτόνων, με σκοπό την παράκαμ-ψη των συνήθως εξειδικευμένων μηχανισμών αν-θεκτικότητας. Η στρατηγική αυτή της εξάλειψης προϋποθέτει προσεκτική ανάλυση των περιβαλλο-ντικών παραμέτρων, έχει πάντως χρησιμοποιηθεί

με σχετική επιτυχία (αλλά και περιβαλλοντικό κό-στος) στο παρελθόν στον έλεγχο εντόμων δημό-σιας υγείας (εξάλειψη ανωφελούς κουνουπιού με χρήση DDT), ή εχθρών καλλιεργειών (όπως σε πε-ριπτώσεις εξάαρσης ανθεκτικών πληθυσμών του *Nilaparvata lugens* σε καλλιεργειές ρυζιού στην Α-σία).

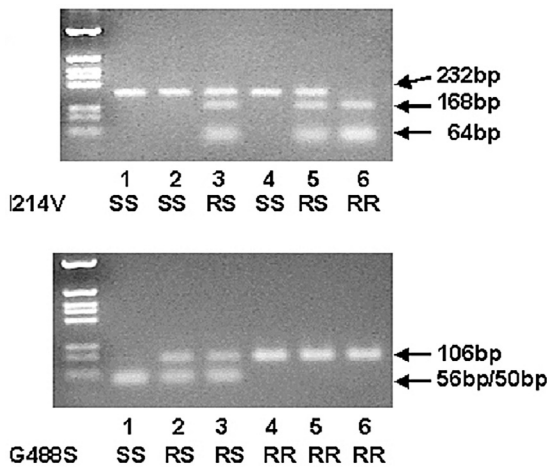
Παραδείγματα μοριακής ανάλυσης - διάγνο-σης ανθεκτικότητας εντόμων ελληνικού γεωπονι-κού ενδιαφέροντος στα εντομοκτόνα

A. Η ανθεκτικότητα του δάκου της ελιάς *Bactrocera oleae* στα οργανοφωσφορικά

Πρόσφατες εργασίες έδειξαν ότι μετά από την παρέλευση τεσσάρων δεκαετιών εντατικών ψεκα-σμών ο δάκος της ελιάς, ο σοβαρότερος εντομολο-γικός εχθρός της ελιάς στη χώρα μας, έχει γίνει αν-θεκτικός στο εντομοκτόνο dimethoate (Vontas et al., 2001b, Skouras et al., 2006, Nardi et al., 2006). Η ανθεκτικότητα αναλύθηκε σε μοριακό επίπεδο και αποδείχθηκε ότι οφείλεται στην ύπαρξη δύο μεταλλαγών στο ενεργό κέντρο της ακετυλχολινε-στεράσης (του ενζύμου στόχου των οργανοφω-σφορικών εντομοκτόνων) που μειώνουν σημαντι-κά την αποτελεσματικότητα του dimethoate στους ανθεκτικούς πληθυσμούς εντόμων (Vontas et al., 2002b). Οι μεταλλαγές αυτές έχουν ως αποτέλε-σμα τη μειωμένη πρόσβαση του ογκώδους μορίου του συγκεκριμένου εντομοκτόνου (dimethoate) στο ενεργό κέντρο, μειώνοντας σημαντικά την α-ποτελεσματικότητα του σκευάσματος στους ανθε-κτικούς πληθυσμούς εντόμων.

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί απλές μοριακές μέ-θοδοι για την έγκαιρη και ασφαλή διάγνωση της ανθεκτικότητας του δάκου στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα (Εικόνα 2, Hawkes et al., 2005). Τα μοριακά αυτά διαγνωστικά τεστ (PCR-RLFP) εί-ναι απλά και φθηνά στη χρήση τους και παρέχουν ασφαλείς πληροφορίες για την ανθεκτικότητα ε-νός πληθυσμού μέσα σε πολύ σύντομο χρονικό διά-στημα. Προκαταρκτικά πειράματα μάλιστα δεί-χνουν, ότι η συχνότητα ανθεκτικών εντόμων δάκου στην χώρα μας είναι δραματικά πολλαπλάσια αυ-τής των χωρών της νοτιοδυτικής Ευρώπης, όπου η χρήση dimethoate είναι πλέον περιορισμένη (Hawkes et al., 2005). Η εφαρμογή των μοριακών διαγνωστικών ανθεκτικότητας για την άμεση κα-ταγραφή και παρακολούθηση του προβλήματος της ανθεκτικότητας του δάκου στο dimethoate σε διάφορες περιοχές της χώρας μας θα βοηθήσει ση-

μαντικά στον έλεγχο και επαναπροσδιορισμό προγραμμάτων δακοκτονίας. Για παράδειγμα, η παρουσία υψηλών συχνοτήτων ανθεκτικών εντόμων δάκου σε συγκεκριμένες περιοχές μπορεί να καθιστά άσκοπη τη συνέχιση της χρήσης Dimethoate στη συχνότητα και δοσολογία που αυτή εφαρμόζεται και επιβεβλημένη την αλλαγή της στρατηγικής καταπολέμησης, τουλάχιστον έως ότου οι συχνότητες των ανθεκτικών εντόμων επανέλθουν σε επίπεδα όπως εκείνα πριν την ανάπτυξη της ανθεκτικότητας.



Εικόνα 2: Μοριακό διαγνωστικό τεστ (PCR-RFLP) για τις δύο μεταλλαγές ανθεκτικότητας της ακετυλοχολινεστεράσης του δάκου (I214V και G488S). Αρχικά γίνεται απομόνωση DNA από άτομα δάκου και ενισχύονται με εκκινητές και αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR) τα δύο τμήματα που περιέχουν τον πολυμορφισμό που προσδίδει ανθεκτικότητα. Ακολουθεί εξειδικευμένη για τον πολυμορφισμό πέψη του προϊόντος της αντίδρασης. Το περιοριστικό ένζυμο BssHPI αναγνωρίζει την αλληλουχία και κόβει το DNA μόνο αν υπάρχει μεταλλαγή ανθεκτικότητας στη θέση 214, με συνέπεια την εμφάνιση δύο ζωνών μετά από ηλεκτροφόρηση αгарόζης για τους ανθεκτικούς (R) αλληλομόρφους και μίας για τους ευαίσθητους (S) αλληλομόρφους. Αντίθετα, για το διαγνωστικό της δεύτερης μεταλλαγής G488S, το ένζυμο AccI αναγνωρίζει την αλληλουχία και κόβει το DNA μόνο αν δεν υπάρχει μεταλλαγή ανθεκτικότητας στη θέση 488, οπότε εμφανίζονται μικρότερες ζώνες για τους ευαίσθητους (S) αλληλομόρφους (προσαρμογή από Hawkes et al., 2005).

Παράλληλα, πρέπει να διερευνηθούν οι πιθανοί μηχανισμοί ανθεκτικότητας του δάκου σε νέα

σκευάσματα που έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται στη δακοκτονία (όπως το πυρεθροειδές deltamethrin που χρησιμοποιείται σε παγίδες ή η μακροκυκλική λακτόνη spinosad), ώστε να υπάρξει η μέγιστη δυνατή πληροφόρηση για τον καθορισμό μιας αποτελεσματικής και περιβαλλοντικά αποδεκτής στρατηγικής καταπολέμησης.

B. Η ανθεκτικότητα του αλευρώδη *Bemisia tabaci* στα πυρεθροειδή

Η ικανότητα του *B. tabaci* να μεταδίδει πάνω από 111 ιολογικές ασθένειες (Jones, 2003), σε συνδυασμό με την ταχύτατη ανάπτυξη ανθεκτικότητας στα εντομοκτόνα, καθιστούν το είδος αυτό σε έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς καλλιεργειών παγκοσμίως. Το πρόβλημα της ανθεκτικότητας του *B. tabaci* στα εντομοκτόνα έχει διαπιστωθεί και στη χώρα μας (Roditakis et al., 2005). Το 2000 παρατηρήθηκε έξαρση της ίωσης του κίτρινου καρυλιάσματος των φύλλων της Τομάτας (TYLCV) στην περιοχή της Ιεράπετρας (Aygelis et al., 2000), όπου παράγεται το 50% των κηπευτικών θερμοκηπίου της χώρας. Η αποτυχημένη αντιμετώπιση των πληθυσμών του *B. tabaci* στα θερμοκήπια της περιοχής αποδείχθηκε ότι οφείλονται στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας στις ομάδες εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνταν (Roditakis et al., 2005).

Σε πρόσφατες εργασίες αναλύθηκαν σε μοριακό επίπεδο οι μηχανισμοί ανθεκτικότητας σε ένα ανθεκτικό στα πυρεθροειδή στέλεχος *B. tabaci* από την περιοχή Μαλάδες της Κρήτης (Roditakis et al., 2006). Βιοδοκιμές έδειξαν την ύπαρξη υψηλού βαθμού ανθεκτικότητας. Σε ανθεκτικούς πληθυσμούς του *B. tabaci* η μέση θανατηφόρος συγκέντρωση ορισμένων εντομοκτόνων, όπως του πυρεθροειδούς *α-cypermethrin*, ήταν μέχρι και 1000 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή που προσδιορίστηκε για ευαίσθητους πληθυσμούς (Roditakis et al., 2005). Οι μηχανισμοί ανθεκτικότητας αναλύθηκαν σε βιοχημικό και μοριακό επίπεδο. Βρέθηκε ότι η διαφθοροποίηση της διαμεμβρανικής πρωτεΐνης μεταφοράς νατρίου είναι ο κύριος λόγος της μειωμένης ευαίσθησίας στα πυρεθροειδή (Roditakis et al., 2006). Μοριακή ανάλυση του γονιδίου έδειξε ότι δύο μεταλλαγές, η αντικατάσταση λευκίνης από ισολευκίνη στην θέση 925 (L925I), μία γνωστή μεταλλαγή ανθεκτικότητας στα πυρεθροειδή, και η αντικατάσταση της θρεονίνης από βαλίνη στη θέση 929 (T929V), μεταλλαγή ανθεκτικότητας που για πρώτη φορά ανα-

φέρεται στο *B. tabaci* είναι υπεύθυνες για την ανθεκτικότητα στο α -cypermethrin. Σήμερα, αναπτύσσονται και εφαρμόζονται μοριακά διαγνωστικά ανθεκτικότητας, για την εκτίμηση και καταγραφή του προβλήματος σε διάφορες περιοχές της χώρας (Tsagkarakou, Roditakis, Vontas, μη δημοσιευμένα στοιχεία).

Γ. Η ανθεκτικότητα του *Tetranychus urticae* στα οργανοφωσφορικά

Τα προβλήματα με τα φυτοφάγα ακάρεα, που αρχικά ήταν δευτερεύοντες εχθροί των καλλιεργειών, άρχισαν με την χρήση των φυτοπροστατευτικών ουσιών και έγιναν πολύ σοβαρά λόγω της ικανότητας τους να αναπτύσσουν ανθεκτικότητα διαδοχικά σε μια μεγάλη ποικιλία χημικών ομάδων. Η ανθεκτικότητα του *T. urticae* στα οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά εντομοκτόνα, καθώς επίσης στο dicofol και στο tetradifon είναι διαπιστωμένη σε πολλούς πληθυσμούς (Croft and Van de Baan 1988, Cranham and Helle 1985), όπως επίσης συχνές είναι και οι αναφορές για ανθεκτικότητα στο fenbutatin oxide στην αβερμεκτίνη και στα METI ακαρεοκτόνα (Van Leeuwen et al., 2005, Devine et al., 2001, Beers et al., 1998, Campos et al., 1996, Herron et al., 1994). Οι περιπτώσεις αναφοράς ανθεκτικών πληθυσμών *T. urticae* σε κάποια φυτοπροστατευτική ουσία είναι πολλές, τόσο σε σκευάσματα όσο και σε γεωγραφική κατανομή. Στον κατάλογο αυτό άρχισαν να προστίθενται περιπτώσεις ανθεκτικότητας στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα από την Ευρώπη και την Αμερική ήδη από το 1950, δηλαδή 2-3 χρόνια μετά από την πρώτη χρήση τους σε θερμοκήπια. Αν και σήμερα τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα χρησιμοποιούνται όλο και λιγότερο για την καταπολέμηση του *T. urticae*, οι πληθυσμοί του είδους αυτού εκτίθεται στα προϊόντα αυτά κατά την χρησιμοποίησή τους εναντίον άλλων εχθρών των καλλιεργειών. Έτσι, η ανθεκτικότητα στο παραθείο και στο methidathion φαίνεται να είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο για το *T. urticae* στην Ελλάδα και αυτή συνοδεύεται από ανθεκτικότητα και στο καρβαμιδικό methomyl (Tsagkarakou et al., 1996). Όταν αναζητήθηκε η ταυτότητα του μηχανισμού ανθεκτικότητας βρέθηκε ότι αυτή οφείλεται στην ύπαρξη διαφοροποιημένης AChE, η οποία διατηρούσε τη δραστηριότητά της παρουσία εντομοκτόνου (Tsagkarakou et al., 2002). Σε σύγκριση με ένα ευαίσθητο στέλεχος αναφοράς το

ανθεκτικό *T. urticae* χρειαζόταν 120 και 50 φορές μεγαλύτερη συγκέντρωση παραοξον και methomyl αντίστοιχα, για να μειώσουν κατά 50% την δραστηριότητα της AChE του ανθεκτικού στελέχους. Σε αντίθεση με αυτό που βρέθηκε στο δάκο, που είναι το σύνηθες σε άλλα έντομα, στο *T. urticae* η δραστηριότητα της ανθεκτικής-διαφοροποιημένης AChE, για το φυσιολογικό της υπόστρωμα δεν ήταν μειωμένη σε σύγκριση με της ευαίσθητης. Η δραστηριότητα των οξειδασών βρέθηκε επίσης ότι ήταν δυο φορές υψηλότερη στο ανθεκτικό στέλεχος. Αυτό δείχνει ότι τα ένζυμα αυτά μπορεί να παίζουν κάποιο ρόλο στην ανθεκτικότητα έναντι στο παραθείο και στο methomyl, αν και αυτός ο ρόλος επικαλύπτεται πιθανότατα από τη διαφοροποιημένη AChE. Οι εστεράσες και οι τρανσφεράσες της γλουταθειόνης δεν βρέθηκαν να παίζουν κάποιο ρόλο στο υπό μελέτη στέλεχος. Αυτό δεν αποκλείει την εμπλοκή τους στην ανθεκτικότητα στα οργανοφωσφορικά σε άλλες περιπτώσεις, όπως έχει ήδη βρεθεί για το *T. urticae* και για άλλα φυτοφάγα και αρπακτικά ακάρεα (Matsumura and Voss 1964, Kuwahara et al., 1982, Fournier et al., 1987). Ωστόσο, μέχρι σήμερα ο πιο κοινός μηχανισμός ανθεκτικότητας στα οργανοφωσφορικά στο *T. urticae* είναι η ανθεκτικότητα της πρωτεΐνης στόχου AChE. Αυτός ο μηχανισμός έχει αναφερθεί σε στέλεχη από την Ολλανδία, Γερμανία, ΗΠΑ, Νέα Ζηλανδία, Ισραήλ, Αίγυπτο (Zahavi and Tahori 1970, Helle 1984, Cranham and Helle 1985, Tag El-Din 1990) και Ελλάδα (Tsagkarakou et al., 2002). Σε μια δεδομένη περιοχή τα γονίδια ανθεκτικότητας μπορεί να προέκυψαν από μεταλλαγές που συνέβησαν στην περιοχή ή μπορεί να εισήχθησαν από άλλες περιοχές. Γνωρίζουμε ότι, η ροή γονιδίων είναι υψηλή μεταξύ πληθυσμών *T. urticae*, που χωρίζονται από λίγα μέτρα, αλλά αυτή μειώνεται απότομα καθώς οι γεωγραφικές αποστάσεις αυξάνονται (Tsagkarakou et al., 1997, Tsagkarakou et al., 1998). Αυτά τα ευρήματα μαζί με το γεγονός ότι η ανθεκτικότητα του *T. urticae* στα οργανοφωσφορικά εμφανίστηκε γρήγορα και ταυτόχρονα σε διαφορετικές περιοχές του κόσμου, οδηγεί στην υπόθεση ότι οι μεταλλαγές που προσδίδουν ανθεκτικότητα μπορεί να εμφανίστηκαν ανεξάρτητα σε διαφορετικές τοποθεσίες. Αυτή η υπόθεση πρέπει να επιβεβαιωθεί συγκρίνοντας ευαίσθητες και ανθεκτικές AChEs από διάφορες περιοχές του κόσμου. Ο καθορισμός των αλληλουχιών αυτών θα επέτρεπε πιθανά και την α-

νάπτυξη κάποιου γρήγορου και αξιόπιστου τεστ σαν και αυτού που έχει αναπτυχθεί για το δάκο της ελιάς για την ανίχνευση της ανθεκτικής AChE σε επίπεδο μεμονωμένων ατόμων, επιτρέποντας την παρακολούθηση της συχνότητάς της στο χώρο και στο χρόνο. Κάτι τέτοιο προϋποθέτει κατ' αρχάς τον εντοπισμό των μεταλλαγών που προσδίδουν ανθεκτικότητα στην AChE σε μοριακό επίπεδο. Αν και πρόσφατα καθορίστηκε η αλληλουχία της AChE από λίγα άτομα που ανήκαν σε ένα ανθεκτικό και ένα ευαίσθητο στέλεχος *T. urticae* δεν βρέ-

θηκαν μεταλλαγές αποκλειστικές για τα ανθεκτικά άτομα, που θα μπορούσαν να συσχετιστούν με μειωμένη ευαισθησία της AChE (Anazawa et al., 2003). Το μόνο διαθέσιμο test σήμερα αφορά στη μέτρηση της δραστηριότητας της AChE που αναπτύχθηκε σε μεμονωμένα άτομα *T. urticae* (Stumpf et al., 2002). Λόγω όμως του μικροσκοπικού μεγέθους του *T. urticae* το διαγνωστικό αυτό τεστ ενζυμικής δραστηριότητας παραμένει εξαιρετικά "βαριά" διαδικασία για να γίνει η εύρεση των ανθεκτικών γονοτύπων διαδικασία ρουτίνας.

Molecular basis of insecticide resistance; examples in agricultural pests from Greece

J. Vontas¹, E. Roditakis² and A. Tsagkarakou²

ABSTRACT

Insecticide resistance is an increasing problem in many insects and mites. Molecular techniques have recently allowed us to dissect most of these mechanisms at the DNA level. Our knowledge on the basic mechanisms underlying resistance to commonly used insecticides, should be used to develop novel strategies for efficient resistance management. Recent studies in Greece, in major agricultural pests (*Bactrocera oleae*, *Tetranychus urticae* and *Bemisia tabaci*) have defined resistance mechanisms at the molecular level and led to the development of diagnostic tools to monitor resistance in the field. In this article, we review the molecular basis of insecticide resistance mechanisms and the recent advances in the development and application of molecular diagnostics in important agricultural pests in Greece.

Keywords: *Bactrocera oleae*, *Bemisia tabaci*, *Tetranychus urticae*, insecticide resistance mechanisms.

Βιβλιογραφία

- Anazawa Y., Tomita T., Aiki Y., Kozaki T. and Kono Y. (2003), Sequence of cDNA encoding acetylcholinesterase from susceptible and resistant two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Ins. Biochem. Mol. Biol.* 33, 509-514
- Avgelis, A.D., Roditakis, N., Dovas, C.I., Katis, N.I., Vassilakos, N. and Bem, F. (2001), First report of Tomato yellow leaf curl virus on tomato crops in Greece. *Plant Disease* 85, 678.
- Beers E.H., Riedl H. and Dunley J.E. (1998), Resistance to abamectin and reversion to susceptibility to fenbutatin oxide in spider mite (Acari: Tetranychidae) populations in the Pacific Northwest. *J. Econ. Entomol.* 91, 352-360
- Campos, F., D.A. Krupa and R.A. Dybas. (1996), Susceptibility of populations of twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae) from Florida, Holland, and the Canary Islands to abamectin and characterization of abamectin resistance. *J. Econ. Entomol.* 89, 594-601
- Cohen E. (2001), Chitin synthesis and inhibition: a revisit. *Pest Manag Sci* 57, 946-950
- Cranham, J.E. and W. Helle. (1985), Pesticide resistance in Tetranychidae, pp 405-421. In W. Helle and M. W. Sabelis (Eds), *Spider Mites. Their biology, natural enemies and control*, Vol. 1B. *World Crop Pests*, Elsevier, Amsterdam.
- Croft B. and Van de Baan H. (1988), Ecological and genetic factors influencing evolution of pesticide resistance in Tetranychid and Phytoseiid

¹ Laboratory of Pesticide Science, Agricultural University of Athens, Iera Odos 75, Athens 18855, Greece. (email: vontas@aua.gr)

² Laboratory of Entomology and Agricultural Zoology, Plant Protection Institute of Heraklion, National Agricultural Research Foundation, Heraklion (N.AG.RE.F.), P.O. Box 2228, 71003 Heraklio, Greece

- mites. *Exp. Appl. Acarol.* 4, 277-300.
- Daborn PJ, Yen JL, Bogwitz MR, Le Goff G, Feil E, Jeffers S, Tijet N, Perry T, Heckel D, Batterham P, Feyereisen R, Wilson TG and Ffrench-Constant RH (2002), A single P450 allele associated with insecticide resistance in *Drosophila*, *Science* 297, 2253-2256
- Devine GJ, Barber M, Denholm I. (2001), Incidence and inheritance of resistance to METI-acaricides in European strains of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Acari : Tetranychidae) *Pest Manag Sci* 57: 443-448
- Fournier, D., A. Cuany, M. Pralavorio, J.M. Bride and J.B. Bergé (1987), Analysis of methidathion resistance mechanisms in *Phytoseiulus persimilis* A. H. *Pest. Biochem. Physiol.* 28 : 271-278
- Ffrench-Constant, R.H. (1994), The molecular and population genetics of cyclodiene insecticide resistance, *Ins. Biochem. Mol. Biol.* 24, 335-345
- Ffrench-Constant, R.H., Pittendrigh, B., Vaughan, A. and Anthony N. (1998), Why are there so few resistance-associated mutations in insecticide target genes? *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 353, 1685-1693.
- Guillemaud T., Raymond M., Tsagkarakou A., Bernard C., Rochard P. and Pasteur N. (1999), Quantitative variations and selection of esterase gene amplification in *Culex pipiens*. *Heredity* 83, 87-99.
- Hawkes N.J., Janes R. W., Hemingway J. and Vontas J.G. (2005), Development and validation of diagnostic assays for two resistance-associated point mutations of organophosphate-insensitive acetylcholinesterase in the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Gmelin). *Pestic. Biochem. Physiol.* 81, 154-163
- Helle, W. (1984), Aspects of pesticide resistance in mites, pp 122-131. In D. A. Griffiths and C. E. Bowman (Eds.), *Acarology VI*, Vol. 1. Ellis Horwood Limited, Chichester.
- Hemingway J. and Karunaratne S.H.P.P. (1998), Mosquito carboxylesterases: a review of the molecular biology and biochemistry of a major insecticide resistance mechanism. *Med. Veter. Entomol.* 12, 1-12
- Hemingway J., Field L., and Vontas J.G. (2002), An overview of insecticide resistance, *Science* 298, 96-97
- Herron G.A., Egde V.E., and Rophail J. (1994), The influence of fenbutatin oxide on organotin resistance in two-spotted mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari, Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 18, 753-755
- Jones D.R. (2003), Plant viruses transmitted by whiteflies, *Eur. J. Plant Pathol.* 109, 195.
- Kim Y.J., Lee S.H., Lee S.W. Ahn Y.J. (2004), Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross resistance and biochemical resistance mechanisms. *Pest Manag. Sci.* 60, 1001-6
- Kuwahara M., Miyata T., Saito T. and Eto M. (1982), Activity and substrate specificity of the esterase associated with organophosphorus insecticide resistance in the Kanzawa spidermite, *Tetranychus kanzawai kishida* (Acarina, Tetranychidae). *Appl Entomol and Zool* 17, 82-91
- Matsumura, F. and G. Voss. (1964), Mechanism of malathion and parathion resistance in the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *J. Econ. Entomol.* 57, 911-917
- Mutero, A., Pralavorio, M., Bride, J.M. and Fournier, D. (1994) Resistance-associated point mutations in insecticide-insensitive acetylcholinesterase. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 91, 5922-5926.
- Nardi F., Carapelli A., Vontas J., Dallai R, Roderick G.K. and Frati F. (2006), Evolution of an insecticide resistance: the Ace gene in the olive fly (*Bactrocera oleae*). *Insect Biochem Mol Biol* 36, 593-602
- Navajas M. Thistlewood H., Lagnel J., Marshall D., Tsagkarakou A. and Pasteur N. (2001), Field releases of the predatory mite *Neoseiulus fallicis* (Acari: Phytoseiidae) in Canada monitored by pyrethrinoid resistance and allozyme markers. *Biological control* 20, 191-198
- Orteli F., Rossiter L., Vontas J.G., Ranson H., and Hemingway J. (2003), Heterologous expression of four glutathione S-transferase genes, genetically linked to a major insecticide resistance locus, from the malaria vector *Anopheles gambiae*. *Biochem. J.* 373, 957-963
- Roditakis E., Roditakis N.E. and Tsagkarakou A. (2005), Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Homoptera : Aleyrodidae) populations from Crete. *Pest Manag. Sci.* 61, 577-579
- Roditakis E., Tsagkarakou A., and Vontas J. (2006), Identification of mutations in the para sodium channel of *Bemisia tabaci* from Crete,

- associated with resistance to pyrethroids. *Pestic Biochem Physiol* 85, 161-166
- Scott J.G. (1999), Cytochromes P450 and insecticide resistance, *Ins. Biochem. Mol. Biol.* 29, 757-777
- Skouras P.J., Margaritopoulos J.T., Seraphides N.A., Ioannides I.M., Kakani E.G., Mathiopoulos K.D., and Tsitsipis J.A. (2007), Organophosphate resistance in olive fruit fly, *Bactrocera oleae*, populations in Greece and Cyprus. *Pest Managem Sci.* 63: 42-48
- Stumpf N. and Nauen R. (2002), Biochemical Markers Linked to Abamectin Resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) *Pestic. Biochem. Physiol.* 72, 111-121
- Stumpf N., Zebitz C.P., Kraus W., Moores G.D. and Nauen R. (2002), Resistance to organophosphates and biochemical genotyping of acetylcholinesterases in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pestic. Biochem. Physiol.* 69, 131-142
- Tag El-Din and M.H. (1990), A rapid detection of organophosphorus resistance with insensitive acetylcholinesterase in spider mites *Tetranychus urticae* Koch on cotton. *J. Appl. Entomol.* 110, 416-420
- Tsagkarakou A., Navajas M., Lagnel J., and Pasteur N. (1997), Population structure in the spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) from Crete based on multiple allozymes. *Heredity* 78, 84-92
- Tsagkarakou A., Navajas M., Cuany A., Chevillon C., and Pasteur N. (2002), Mechanisms of resistance to organophosphates in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) from Greece. *Insect. Biochem. Mol. Biol.* 32, 417-424
- Tsagkarakou A., Navajas M., Lagnel J., Gutierrez J., and Pasteur N. (1996), Genetic variability in *Tetranychus urticae* from Greece (Acari: Tetranychidae): Insecticide resistance and isozymes. *J. Econ. Entomol.* 89, 1354-1358
- Tsagkarakou A., Navajas M., Papaioannou-Souliotis P., and Pasteur N. (1998), Gene flow among *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) populations in Greece. *Molec. Ecol.* 7, 71-79.
- Van Leeuwen T., Van Pottelberge S., Tirry L. (2005), Comparative acaricide susceptibility and detoxifying enzyme activities in field-collected resistant and susceptible strains of *Tetranychus urticae*. *Pest Manag. Sci.* 61, 499-507
- Vontas J.G., Small G.J., and Hemingway J. (2000), Comparison of esterase gene amplification, gene expression and esterase activity in insecticide susceptible and resistant strains of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (St_1). *Insect Mol. Biol.* 9, 655-660
- Vontas J.G., Small G.J., and Hemingway J. (2001a), Glutathione S-transferases as antioxidant defence agents confer pyrethroid resistance in *Nilaparvata lugens*, *Biochem. J.* 357, 65-72
- Vontas J.G., Cosmidis N., Loukas M., Tsakas S., Hejazi J., Ayoutanti A., and Hemingway J. (2001b), Altered Acetylcholinesterase confers organophosphate resistance in *Bactrocera oleae*, *Pestic. Biochem. Physiol.* 71, 124-132
- Vontas J.G., Small G.J., Nikou D., Ranson H. and Hemingway J. (2002a), Purification, molecular cloning and heterologous expression of a glutathione S-transferase involved in insecticide resistance from the rice brown planthopper *Nilaparvata lugens*. *Biochem. J.* 362, 329-337
- Vontas J.G., Hejazi J., Hawkes N. Cosmidis N., Loukas M. and Hemingway J. (2002b), Resistance-associated point mutations of organophosphate insensitive acetylcholinesterase in the olive fruit fly *Bactrocera oleo*. *Insect Mol. Biol.* 11, 329-336
- Walsh, S.B., Dolden, T.A., Moores, G.D., Kristensen, M., Lewis, T., Devonshire, A.L. and Williamson M.S. (2001) Identification and characterization of mutations in housefly (*Musca domestica*) acetylcholinesterase involved in insecticide resistance. *Biochem. J.* 359, 175-181
- Whalon ME and Wingerd BA (2003), Bt: Mode of Action and use, *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 54, 200-211
- Wilson TG and Ashok M (1998), Insecticide resistance resulting from an absence of target-site gene product, *Proc. Natl. Acad. Sci.* 95, 14040-14044
- Zahavi, M. and A.S. Tahori (1970), Sensitivity of acetylcholinesterase in spider mites to organophosphorus compounds. *Biochem. Pharmacol.* 19, 219-225
- Zlotkin, E. (1999), The insect voltage-gated sodium channel as target of insecticides, *Annu. Rev. Entomol.*, 44 , 429-455

Υδατικές σχέσεις και συντηρητικά διαλύματα δρεπτών ανθέων. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Μ. Δ. Παπαδημητρίου¹ και Ν. Ε. Πομποδάκης¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής των δρεπτών ανθέων είναι η διατήρηση ενός υψηλού υδατικού δυναμικού σε αυτά. Το υδατικό ισοζύγιο των δρεπτών ανθέων εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ απορρόφησης και απωλειών νερού από τα ανθικά στελέχη. Ο ρυθμός απορρόφησης εξαρτάται από το ρυθμό διαπνοής, τη θερμοκρασία και υγρασία του χώρου διατήρησης των ανθέων, την υδραυλική αγωγιμότητα των αγγείων, την έμφραξη τους από μικροοργανισμούς, την ποιότητα του νερού, τη χρήση συντηρητικών διαλυμάτων κ.λ.π.

Η χρήση χημικών συντηρητικών διαλυμάτων στα διάφορα στάδια των μετασυλλεκτικών χειρισμών των δρεπτών ανθέων είναι συνήθης πρακτική στην εμπορική Ανθοκομία, διότι συντελεί στην αύξηση της διάρκειας ζωής τους στο ανθοδοχείο, τη βελτίωση του ανοίγματος των μπουμπουκιών, τη διατήρηση του χρώματος των πετάλων και των φύλλων κ.λ.π. Στην εργασία που ακολουθεί αναφέρονται οι κατηγορίες των συντηρητικών διαλυμάτων ανάλογα με το στάδιο μετασυλλεκτικού χειρισμού, το χρήστη, το σκοπό και τη διάρκεια εφαρμογής καθώς και τα επί μέρους συστατικά (χημικές ουσίες) των συντηρητικών διαλυμάτων.

Στην Ελλάδα η χρήση συντηρητικών ουσιών στα δρεπτά άνθη είναι ακόμη περιορισμένη. Είναι πολύ σημαντικό τόσο οι παραγωγοί και οι διακινητές όσο και οι καταναλωτές να γνωρίζουν τα οφέλη και να κάνουν ορθή χρήση των συντηρητικών διαλυμάτων με σκοπό τη διατήρηση και βελτίωση της ποιότητας και επομένως την αύξηση της εμπορευσιμότητας των δρεπτών ανθέων.

Λέξεις κλειδιά: Δρεπτά άνθη, ζωή στο ανθοδοχείο, υδατικό ισοζύγιο, ρυθμός απορρόφησης ύδατος, ρυθμός διαπνοής, υδραυλική αγωγιμότητα αγγείων, συντηρητικά διαλύματα.

1. Εισαγωγή

Η υδατική κατάσταση των δρεπτών ανθέων μετά τη συγκομιδή τους εξαρτάται από την υδατική τους ισορροπία. Συγκεκριμένα, το υδατικό ισοζύγιο των δρεπτών ανθέων εξαρτάται από το ρυθμό απορρόφησης και μεταφοράς του νερού, την απώλεια του με τη διαπνοή και τη δυνατότητα κατακράτησής του από τους ιστούς του ανθικού στελέχους (Halevy και Mayak 1981). Αυτές οι φυσικοχημικές λειτουργίες σχετίζονται μεταξύ τους και καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την ζωή στο ανθοδοχείο των δρεπτών ανθέων. Η διατήρηση μιας άριστης σχέσης μεταξύ της απορρόφησης του νερού και της διαπνοής είναι το κλειδί για την αύξηση της ζωής στο ανθοδοχείο των δρεπτών ανθέων (Durkin

1979β). Όπως έχουν δείξει σχετικές εργασίες, η προσθήκη σακχάρων, μεταλλικών αλάτων, βακτηριοκτόνων και διαβρεκτικών ουσιών στο νερό που διατηρούνται τα δρεπτά άνθη, η μείωση της φυλλικής τους επιφάνειας, η παραμονή τους στο σκοτάδι κατά τη συντήρηση, το κόψιμο της βάσης των ανθικών στελεχών μέσα στο νερό κ.ά. βελτιώνουν την υδατική τους ισορροπία (Halevy και Mayak 1981, D' Hont και Sprong 1988, Zieslin 1989).

Η απορρόφηση και η απώλεια νερού από τα δρεπτά άνθη δείχνουν γενικά μία τάση μείωσης με το χρόνο. Η σχέση των δύο αυτών φυσιολογικών διαδικασιών διαφοροποιείται υπέρ της δεύτερης με τη πάροδο του χρόνου και έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του νωπού βάρους των (Halevy και Mayak 1981).

¹ ΤΕΙ Κρήτης, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Ανθοκομίας, 710 04 Ηράκλειο – τηλ.: 2810-379413

2. Απορρόφηση νερού από τα δρεπτά άνθη

Ο ρυθμός απορρόφησης νερού εξαρτάται, μεταξύ άλλων παραγόντων, από το ρυθμό διαπνοής, τη θερμοκρασία, καθώς και τη σύσταση του συντηρητικού διαλύματος του ανθοδοχείου. Η απορρόφηση του νερού στα φρεσκοκομμένα άνθη μπορεί αρχικά να είναι μεγάλη όταν τα ανθικά στελέχη έχουν μειωμένο υδατικό δυναμικό κατά την συγκομιδή τους. Στη συνέχεια ο ρυθμός απορρόφησης θα φτάσει σε ένα σταθερό σημείο που θα ανταποκρίνεται στο ρυθμό διαπνοής και ποικίλλει ανάμεσα στα διάφορα είδη ανθέων (van Doorn 1997). Έτσι στα άνθη των ειδών τριαντάφυλλο (*Rosa* sp.), βουβάρντια (*Bouvardia* sp.), χρυσάνθεμο (*Chrysanthemum* sp.) και διάφορα αυστραλιανά είδη, όπως χαμαιεύκιο (*Chamelaucium uncinatum*), μπάγκσια (*Banksia* sp.) και λευκόσπερμο (*Leucospermum cordifolium*) ο ρυθμός απορρόφησης μειώνεται πολύ γρήγορα (van Doorn 1997). Αντίθετα σε άνθη άλλων ειδών, όπως η ελικόνια (*Heliconia psittacorum*), η απορρόφηση νερού είναι μικρή από τις πρώτες ακόμη ώρες παραμονής τους στο νερό (Mayak κ.α. 1974).

Κατά τη διάρκεια παραμονής των ανθέων στο νερό μειώνεται η υδραυλική αγωγιμότητα του ανθικού στελέχους. Εν τούτοις, εάν τα άνθη αφηθούν να γηράσκουν πάνω στο φυτό, η υδραυλική αγωγιμότητα του ανθικού στελέχους παραμένει σταθερή. Αν και η μείωση της απορρόφησης του νερού φαίνεται να είναι ένα γενικό φαινόμενο των γηρασκόντων ανθέων, εν τούτοις η διαφορά στην υδραυλική αγωγιμότητα δεν φαίνεται να ήταν ο λόγος της διαφορετικής ζωής στο ανθοδοχείο των ανθέων διαφορετικών ποικιλιών τριανταφυλλιάς (Mayak κ.α. 1974, Zieslin 1989). Σε μερικά δρεπτά άνθη, όπως τουλίπες (*Tulipa* sp.) και νάρκισσοι (*Narcissus* sp.), δεν παρατηρείται μείωση της υδραυλικής αγωγιμότητας του ανθικού στελέχους με το χρόνο (Halevy και Mayak 1981).

3. Απώλεια νερού από τα δρεπτά άνθη

Κατά την παραμονή των δρεπτών ανθέων στο ανθοδοχείο ο ρυθμός διαπνοής μειώνεται, αλλά σταδιακά τείνει να είναι ανώτερος του ρυθμού απορρόφησης. Η διαφορά αυτή (απορρόφηση – διαπνοή) έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός αρνητικού υδατικού ισοζυγίου στα ανθικά στελέχη, με συνέπεια τη μείωση του υδατικού δυναμικού των ιστών, τη μείωση της σπαργής και ως αντίδραση το κλείσιμο των στοματίων (De Stigter 1981). Τα δρεπτά άνθη χάνουν νερό από όλα τα όργανα τους (φύλ-

λα, στέλεχος, άνθος) (Halevy και Mayak 1981). Άνθη με μικρότερη φυλλική επιφάνεια, όπως τα γαρίφαλα (*Dianthus caryophyllus*), χάνουν περισσότερο νερό κατά στέλεχος στη μονάδα του χρόνου από ότι άνθη με σχετικά μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια, όπως τριαντάφυλλα ή κρίνα (*Lilium* sp.) (van Doorn 1997). Η απώλεια νερού συμβαίνει πολύ γρηγορότερα μέσω των στοματίων από ότι μέσω της εφυμενίδας (van Doorn 1997).

3.1. Στοματιακή διαπνοή

Η παρουσία λειτουργικών και μη στοματίων και η αντίδρασή τους στην αυξανόμενη υδατική καταπόνηση επηρεάζουν τη διατηρησιμότητα των δρεπτών ανθέων. Στομάτια υπάρχουν συνήθως σε όλους τους πράσινους επιδερμικούς ιστούς και σπανιότερα στην επιφάνεια μη πράσινων μερών, όπως τα πέταλα και οι στήμονες ορισμένων ανθέων (π.χ. χρυσάνθεμο, λίλιουμ, τουλίπα) (van Doorn 1997). Το άνοιγμα των στοματίων στα δρεπτά άνθη συχνά καθυστερεί ύστερα από μια περίοδο μειωμένης παροχής νερού (van Doorn 1997).

3.2. Εφυμενιδική διαπνοή

Σημαντική απώλεια νερού μπορεί να συμβεί σε ορισμένα κομμένα ανθικά στελέχη και μετά το κλείσιμο των στοματίων. Αυτό το νερό χάνεται προφανώς από τα πέταλα των ανθέων μέσω της εφυμενίδας. Για παράδειγμα στην αστίλβη (*Astilbe* sp.), της οποίας η ταξιανθία αποτελείται από μεγάλο αριθμό πολλών μικρών ανθέων, η απώλεια νερού μέσω των φύλλων φτάνει μόνο το 40% της συνολικής. Το υπόλοιπο ποσοστό χάνεται δια μέσου της εφυμενίδας. Η εφυμενιδική διαπνοή εξαρτάται κυρίως από το πάχος της εφυμενίδας (van Doorn 1997).

3.3. Έλλειμμα υδατικού δυναμικού

Τα δρεπτά άνθη υπόκεινται σε ένα αυξανόμενο υδατικό έλλειμμα, ως αποτέλεσμα κυρίως της προοδευτικά μειούμενης απορρόφησης νερού μετά τη συγκομιδή και έχουν ως συνέπεια τη μείωση της μετασυστακτικής τους ζωής. Το υδατικό έλλειμμα μπορεί να οφείλεται στη μείωση της απορρόφησης νερού λόγω έμφραξης των αγγείων του στελέχους αλλά και στην αύξηση της διαπνοής (Zieslin 1989, van Doorn 1997).

Στα άνθη της ίριδας (*Iris germanica*) μια προσωρινή έλλειψη νερού προκάλεσε μείωση της πρωτεϊνοσύνθεσης και του πρωτεϊνικού περιεχόμενου των ιστών, ενώ στα γαρίφαλα δεν προκάλεσε αλλαγή του περιεχόμενου των υδατανθράκων (Paulin 1975). Η υδατική καταπόνηση των ανθέων έστω και προσωρινή φαίνεται να διεγείρει την παραγωγή αιθυλενί-

ου από τα άνθη και οδηγεί σε αυξημένες συγκεντρώσεις αμπισοκικού οξέος (ABA) στους φυτικούς ιστούς, τα οποία συντελούν στη μείωση της διάρκειας ζωής των δρεπτών ανθέων (Borochon κ.α. 1976β, Zieslin 1989).

Το τέλος της ζωής ορισμένων δρεπτών ανθέων χαρακτηρίζεται από ξήρανση των πετάλων και των φύλλων ακόμη και αν διατηρούνται συνεχώς στο νερό. Η ξήρανση είναι το ορατό σύμπτωμα του ελλείμματος υδατικού δυναμικού των ανθέων (Halevy 1976).

4. Έμφραξη των αγγείων του ανθικού στελέχους

Σε ορισμένα είδη ανθέων ο κύριος λόγος της μείωσης της απορρόφησης νερού και κατά συνέπεια της αύξησης του υδατικού ελλείμματος και της πρόωρης απώλειας της σπαργής οφείλεται στη διακοπή (μπλοκάρισμα) της υδατικής ροής εντός του στελέχους. Επί παραδείγματι, βρέθηκε ότι η σε σύντομο χρονικό διάστημα μείωση του νωπού βάρους των ανθέων της κάλλας (*Zantedeschia aethiopica*) οφειλόταν σε φυσαλίδες αέρα εντός των αγγείων του ξύλου στον ποδίσκο του άνθους (van Doorn 1997). Επίσης, σε δρεπτά τριαντάφυλλα, η μάρανση και κάμψη του λαίμου του άνθους, που πολλές φορές παρατηρείται, βρέθηκε να οφείλεται σε μπλοκάρισμα της βάσης του ανθικού στελέχους από βακτήρια. Το μπλοκάρισμα αυτό των αγγείων λαμβάνει χώρα συνήθως στο κατώτερο τμήμα του στελέχους, στην επιφάνεια κοπής και επεκτείνεται λίγο εντός του ανθικού στελέχους στα αγγεία του ξύλου (Bleeksmas και van Doorn 2003). Η έμφραξη των ξυλωδών αγγείων του στελέχους των δρεπτών ανθέων, οφείλεται στα παρακάτω φυσικά, μικροβιολογικά και φυσιολογικά αίτια.

4.1. Φυσικά αίτια

Εάν τα άνθη συλλέγονται κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης, τότε η στήλη του νερού των αγγείων του ξύλου που βρίσκεται σχεδόν σε μηδενική τάση μπορεί να δημιουργήσει φυσαλίδες αέρα μέσα στα αγγεία από το εκτεθειμένο άκρο της βάσης των στελεχών που δημιουργούν φυσικό εμπόδιο στην απορρόφηση του νερού. Εάν οι φυσαλίδες αυτές απομακρυνθούν, ο ανθοφόρος βλαστός θα ανακτήσει τη σπαργή του. Άνθη που κόβονται μέσα στο νερό διατηρούνται περισσότερο επειδή αποφεύγεται η δημιουργία φυσαλίδων (Halevy και Mayak, 1981). Χρησιμοποιώντας ακουστικές μεθόδους εκπομπής υπερήχων διαπίστωσαν αρκετές σπηλαιώσεις στα αγγεία του ξύλου κοντά

στη βάση των ανθικών στελεχών της *Thyryptomene saxicola* που προκαλούσαν αγγειακή έμφραξη (Dixon και Peterson 1989). Πρακτικά, για την ενυδάτωση των ανθέων που έχουν διατηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα σε ξηρή αποθήκευση χαμηλής θερμοκρασίας, συνιστάται το κόψιμο της βάσης των λουλουδιών μέσα στο νερό και η χρήση βρασμένου νερού στο οποίο έχουν απομακρυνθεί οι φυσαλίδες αέρα (van Doorn 1997).

4.2. Μικροβιολογικά αίτια

Η έμφραξη των αγγείων του άνθους έχει κυρίως συνδεθεί με την παρουσία μικροβιακών οργανισμών (βακτηρίων, μυκήτων) στο νερό του ανθοδοχείου. Η έμφραξη αυτή προέρχεται είτε από φυσικό μπλοκάρισμα της μάζας των μικροβιακών κυττάρων που πολλαπλασιάζονται με γεωμετρική πρόοδο και μαζεύονται γύρω από τη βάση του στελέχους, είτε από συσσώρευση ουσιών που ελευθερώνονται στο διάλυμα από τη μικροβιακή δράση (πρωτεόλυση) (van Dorn 1997). Σε δρεπτά άνθη ζέρμπερας (*Gerbera jamesonii*) ποικιλίας "Liesbeth" και σε τριαντάφυλλα ποικιλίας "Sonia", αποικίες βακτηρίων 10^6 και 10^8 cfu/ml προκάλεσαν δραστική μείωση της μετασυλλεκτικής τους ζωής (van Doorn κ.α. 1994, Put και Jansen 1989). Σε άλλη εργασία, βρέθηκε ότι η διατηρησιμότητα γαριφάλων ποικιλίας "White Sim" μειώθηκε όταν το νερό που διατηρούνταν μολύνθηκε τεχνητά με βακτηριακό φορτίο 10^8 cfu/ml. Όταν αναπτύχθηκε η αγγειακή έμφραξη ο βακτηριακός πληθυσμός στα 5 κατώτερα εκατοστά του στελέχους είχε φθάσει τα 10^6 cfu/g νωπού βάρους (van Doorn κ.α. 1995). Ανάλογες ποσότητες βακτηριακού φορτίου αναπτύχθηκαν μετά από λίγες ημέρες διατήρησης στο νερό τριαντάφυλλων, τουλιπών και χρυσανθέμων. Τα βακτήρια αυτά ανήκαν στα γένη *Bacillus*, *Flavobacter*, *Micrococcus* και *Pseudomonas* (van Doorn 1997).

Εκτός από τα βακτήρια έχουν βρεθεί ορισμένα είδη μυκήτων στο νερό διατήρησης των δρεπτών ανθέων και φαίνεται να παίζουν ρόλο στη μείωση της διατηρησιμότητας τους. Αγγειακή έμφραξη συνέβη όταν στο νερό προστέθηκαν βακτηριακοί υπερκνυταρικοί πολυσακχαρίτες, ενώ αντίθετα η προσθήκη του μυκητοκτόνου captan βελτίωσε την απορρόφηση του νερού από τα άνθη (Put και Klop 1990).

4.3. Φυσιολογικά – βιοχημικά αίτια

Η έμφραξη αυτή οφείλεται σε ενζυματική και οξειδωτική δράση, αρχίζει αμέσως μετά από τη συγκομιδή, και συνδέεται με τη δημιουργία τραυματικών φυσιολογικών αντιδράσεων στη βάση του στελέ-

χους των δρεπτών ανθέων (Lineberger και Steponkus 1976). Ορισμένες ενώσεις, κυρίως πολυφαινόλες, εκχυλίζονται από τη βάση του βλαστού και τα καλυμμένα από το νερό φύλλα μέσα στο διάλυμα και μετά οξειδώνονται προς κινόνες. Αυτά τα οξειδωμένα προϊόντα δημιουργούν τοξικότητες στα κύτταρα και φράζουν τα αγγεία του ξύλου. Γι' αυτό πρέπει να αφαιρούνται τα φύλλα της βάσης των ανθικών στελεχών που διατηρούνται μέσα στο νερό. Επίσης, η χρήση βρασμένου νερού, αφού πρώτα κρυώσει, βελτιώνει την απορρόφηση λόγω του μειωμένου οξυγόνου που οδηγεί στη μειωμένη παραγωγή αυτών των προϊόντων (van Doorn κ.α. 1986β). Το κόψιμο της βάσης μπορεί να οδηγήσει σε εναπόθεση υλικών στα αγγεία του ξύλου, όπως για παράδειγμα σουβερίνη, λιγνίνη, τανίνες και διάφορες κολλώδεις ουσίες στα δρεπτά τριαντάφυλλα (van Doorn 1997). Το κόψιμο της βάσης φαίνεται να ενεργοποιεί ένζυμα (υπεροξειδάσες και φαινολαανίνη λυάση) που συνδέονται με την βιοσύνθεση της λιγνίνης και άλλων ουσιών που εναποτίθενται στο εσωτερικό των αγγείων του ξύλου και προκαλούν την έμφραξή τους (Cline και Neely 1983, van Doorn και Cruz 2000). Επίσης, μακρομόρια δεξτρίνης (προϊόντα μεταβολισμού των βακτηρίων) βρέθηκαν ότι μπορούν να προκαλέσουν την έμφραξη και τη μείωση της υδραυλικής αγωγιμότητας των ανθικών στελεχών (Dixon και Peterson 1989).

5. Συντηρητικά διαλύματα των δρεπτόν ανθέων

Τα συντηρητικά διαλύματα (preservative solutions) βελτιώνουν την ποιότητα των δρεπτόν ανθέων (καλύτερο άνοιγμα, αύξηση μεγέθους, διατήρηση της σπαργής και του χρώματος φύλλων και πετάλων) και επιμηκύνουν την ζωή τους στο ανθοδοχείο. Τα διαλύματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλα τα στάδια της μετασυλλεκτικής ζωής των ανθέων, είτε ως εφαρμογή μικρής διάρκειας (pulsing solutions) με σκοπό την ενυδάτωση, το άνοιγμα των μπουμπουκιών και την αναστολή της δράσης του αιθυλενίου, είτε ως μόνιμη εφαρμογή για την επιμήκυνση της διάρκειας ζωής τους στο ανθοδοχείο (holding ή vase solutions). Τα πρώτα χρησιμοποιούνται από τους παραγωγούς, τους διακινητές και έμπορους των δρεπτόν ανθέων, ενώ τα δεύτερα προορίζεται κυρίως για τους καταναλωτές. Τα συντηρητικά διαλύματα συνήθως περιέχουν σάκχαρα, βακτηριοκτόνα, παράγοντες οξεινίνης του νερού, ρυθμιστές αύξησης, διαβρεκτικούς παράγοντες, μεταλλικά άλατα και αναστολείς της δράσης του

αιθυλενίου (Halevy και Mayak 1981, Nowak και Rudnicki 1990).

5.1. Κατηγορίες συντηρητικών διαλυμάτων

Κατά τους Halevy και Mayak (1981) τα συντηρητικά διαλύματα χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με το σκοπό, το στάδιο της μετασυλλεκτικής μεταχείρισης και τη χρονική διάρκεια εφαρμογής τους

Διαλύματα ενυδάτωσης ή σκληραγώγησης (conditioning ή hardening solutions). Ο κύριος σκοπός αυτής της επέμβασης είναι να αναπληρώσει τη σπαργή των δρεπτόν ανθέων με την εμβάπτισή τους σε νερό μετά την έκθεση τους σε υδατική καταπόνηση. Αυτή προκαλείται από τους διάφορους χειρισμούς στο θερμοκήπιο, στο συσκευαστήριο ή κατά τη διάρκεια της συντήρησης και της μεταφοράς των ανθέων. Τα διαλύματα αυτά περιέχουν βακτηριοκτόνα και διαβρεκτικές ή οσμωρυθμιστικές ουσίες, και η διάρκεια εφαρμογής κυμαίνεται στις 6-24 ώρες. Σε περίπτωση αφυδάτωσης των ανθέων μετά από ξηρή ψύξη θα πρέπει να ανανεώνεται η τομή της βάσης τους και να τοποθετούνται για 2-3 ώρες σε χλιαρό συντηρητικό διάλυμα (38-40°C).

Διαλύματα ενίσχυσης πριν τη μεταφορά (loading ή pulsing solutions). Είναι ένας μικρής διάρκειας (3-6 ώρες) χειρισμός και γίνεται από τους αποστολείς των ανθέων. Το βασικό συστατικό τέτοιων διαλυμάτων είναι η σακχαρόζη σε συγκέντρωση 5-10%, ανάλογα με το είδος του άνθους. Ο χειρισμός αυτός πριν τη μεταφορά συντελεί στην παράταση της ζωής, προώθηση του ανοίγματος και βελτίωση του χρώματος και του μεγέθους του άνθους. Εάν όμως η σακχαρόζη ξεπεράσει μια ορισμένη κρίσιμη συγκέντρωση μπορεί να έχουμε αντίθετα αποτελέσματα ακόμη και καταστροφή των ανθέων. Εκτός από τη σακχαρόζη τα διαλύματα αυτά περιέχουν και αναστολείς της δράσης του αιθυλενίου, στην περίπτωση ανθέων που ζημιώνονται από την παρουσία αιθυλενίου, ή φυτορρυθμιστικές ουσίες, όπως γιββερελλίνες ή κυτοκνίνες, για την καθυστέρηση του κιτρινίσματος των φύλλων ορισμένων ανθέων.

Διαλύματα τεχνητού ανοίγματος των μπουμπουκιών (bud opening solutions). Είναι μια διαδικασία για άνθη που συλλέγονται σε ένα προωμότερο στάδιο από το κανονικό στάδιο κοπής και στη συνέχεια το άνοιγμά τους γίνεται τεχνητά μακριά από το φυτό. Σκοπός τους είναι η ευκολότερη συσκευασία και μεταφορά, η μείωση της παραγωγής του αιθυλενίου, η αποφυγή ζημιών των πετάλων από την υψηλή θερμοκρασία του θερμοκηπίου ή τις φυτοπροστατευτικές

ουσίες και η ταχύτερη πώληση των ανθέων. Το χρησιμοποιούμενο διάλυμα είναι παρόμοιο με αυτό του χειρισμού πριν τη μεταφορά, και περιέχει σακχαρόζη σε μεγάλη συγκέντρωση λίγο μικρότερη από αυτή που χρησιμοποιείται πριν τη μεταφορά. Η θερμοκρασία του διαλύματος και του χώρου διατηρείται γύρω στους 20 °C και ο χρόνος παραμονής των ανθέων σε αυτά 2-4 ημέρες.

Διαλύματα διατήρησης στο ανθοδοχείο (holding ή vase solutions). Τα συντηρητικά αυτά διαλύματα περιέχουν κυρίως σακχαρόζη 0.5-2%, καθώς και βακτηριοκτόνα ή βακτηριοστατικά αλλά και άλλες χημικές ουσίες ανάλογα με το είδος του δρεπτού άνθους και χρησιμοποιούνται σε συνεχή εφαρμογή στο ανθοδοχείο.

Στον πίνακα 1 αναφέρονται ενδεικτικά ορισμένα σκευάσματα που κυκλοφορούν στην αγορά και χρησιμοποιούνται στα συντηρητικά διαλύματα των δρεπτών ανθέων.

Πίνακας 1. Εμπορικά σκευάσματα συντήρησης δρεπτών ανθέων

Δράση	Δραστική ουσία	Προϊόν	Χρήση
Αναστολή δράσης αιθυλενίου	Θειοθειικός άργυρος (STS)	Florissant 100 ή Argylene ή Chrysal AVB	Γαρίφαλο, λίλιουμ, γυψοφύλη
Καθυστέρηση κιτρινίσματος φύλλων	Φυτορρυθμιστικές Ουσίες (BAP, GA)	Florissant 200 ή Chrysal SVB	Λίλιουμ, αλστρομέρια
Βελτίωση της απορρόφησης νερού και άνοιγμα ανθέων	Βακτηριοστατικό + σακχαρόζη	Florissant 300 ή Chrysal GVB	Τριαντάφυλλο, γυψοφύλη
Βελτίωση της απορρόφησης νερού	Βακτηριοστατικό + διαβρεκτικό	4 Florissant 400 ή Chrysal RVB ή Chrysal OVB	Χρυσάνθεμο, ζέρμπερα, άστερ
Μικροβιοκτόνος	Ενώσεις χλωρίου	Florissant 500	Ζέρμπερα, εύστομα
Βακτηριοστατική + απορρόφηση νερού	θειικό αλουμίνιο + διαβρεκτικό	Florissant 600 Rosal Chrysal RVB,	Τριαντάφυλλο

Πηγή: V.B.N. (Ομοσπονδία Ολλανδικών Ανθογορών)

5.2. Ποιότητα του νερού διατήρησης των δρεπτόν ανθέων

Τα άνθη μετά τη συγκομιδή τους τοποθετούνται στο νερό που, ανάλογα με την προέλευση του, περιέχει διάφορα άλατα και οργανικές ουσίες, το pH του ποικίλει και έτσι επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο τη διατηρησιμότητα των ανθέων καθώς και την απο-

τελεσματικότητα των προστιθέμενων συντηρητικών ουσιών. Συγκρινόμενο με το νερό βρύσης, το αποσταγμένο ή το απιονισμένο νερό γενικά αυξάνει την μακροζωία των δρεπτόν ανθέων και την αποτελεσματικότητα των συντηρητικών (Halevy και Mayak 1981). Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις έχει βρεθεί ότι ορισμένα νερά βρύσης έχουν καλύτερα αποτελέσματα στη διατηρησιμότητα των ανθέων από ότι το απιονισμένο νερό. Για παράδειγμα, μικρές συγκεντρώσεις ορισμένων ιόντων που βρίσκονται συχνά στο νερό όπως Ca²⁺, Cu²⁺ και Cl⁻ επηρέασαν θετικά το υδατικό ισοζύγιο δρεπτόν χρυσανθέμων (van Meeteren κ.α. 1999).

Η ποιότητα του νερού βρύσης βελτιώνεται με το βράσιμο και την ψύξη του καθώς και με το φιλτράρισμά του. Το βρασμένο νερό περιέχει λιγότερο διαλυμένο αέρα γεγονός που περιορίζει τον κίνδυνο μηχανικού μπλοκαρίσματος των αγγείων του ξύλου (Halevy και Mayak 1981). Φιλτράρισμα του νε-

ρού βρύσης ήταν πιο αποτελεσματικό από ότι το απιονισμένο στη διατήρηση των δρεπτόν τριαντάφυλλων αυξάνοντας το ρυθμό απορρόφησης και την ενυδάτωση των ιστών του ποδίσκου και ελαττώνοντας το φαινόμενο της κάμψης λαιμού (bent neck) των τριαντάφυλλων (Durkin 1979α). Επίσης η θερμοκρασία του νερού έχει επίδραση στην επανυδάτωση των δρεπτόν ανθέων. Βρέθηκε ότι αφυδατωμένα χρυσάνθεμα που τοποθετήθηκαν σε νερό θερμοκρασίας 20 °C για 4 ή 24 ώρες δεν επανυδατώθηκαν ικανοποιητικά, ενώ όταν η θερμοκρασία του νερού ήταν 5 °C υπήρξε γρήγορη επανυδάτωση τους (van Meeteren και van Gelder 1999).

5.3. Οξύτητα του νερού (pH)

Η χρήση νερού με χαμηλό pH (3-4) διευκολύνει την απορρόφηση του νερού από το ανθικό στέλεχος (Pomrodakis κ.α. 2004). Η ροή του νερού στα ανθικά στέλεχη δρεπτόν τριαντάφυλλων αυξήθηκε όταν το pH του νερού μειώθηκε από το 6 στο 3 (Durkin 1979β). Η θετική επίδραση του χαμηλού pH μπορεί

να αποδοθεί στη μείωση των βακτηριακών πληθυσμών (Halevy και Mayak 1981, Pomprodakis κ.α. 2004).

5.4. Συστατικά των συντηρητικών διαλυμάτων Αντιμικροβιακοί παράγοντες

Τα συντηρητικά διαλύματα περιέχουν πάντα βακτηριοκτόνες ή βακτηριοστατικές και ορισμένες φορές μυκητοκτόνες ουσίες (Halevy και Mayak, 1981). Όμως τα περισσότερα βακτηριοκτόνα όταν χρησιμοποιούνται σε υψηλές συγκεντρώσεις που ελέγχουν επαρκώς την ανάπτυξη των βακτηρίων μπορεί να είναι τοξικά για τα δρεπτά άνθη (van Doorn 1997).

Νιτρικός άργυρος

Ο νιτρικός άργυρος (AgNO_3) σε συγκέντρωση 10-200 mg/l είναι πολύ αποτελεσματικό βακτηριοκτόνο στα συντηρητικά διαλύματα των δρεπτών ανθέων. Η προμεταχείριση δρεπτών γαριφάλων για 30 min με 1000 mg/l AgNO_3 παρεμπόδισε την ανάπτυξη τόσο των βακτηρίων όσο και των μυκήτων (Halevy and Mayak 1981). Στη συγκέντρωση αυτή ο νιτρικός άργυρος βελτιώνει και τις υδατικές σχέσεις των κομμένων λουλουδιών (Fujino κ.α. 1983). Το κυριότερο μειονέκτημα του νιτρικού αργύρου είναι ότι φωτοοξειδώνεται και επίσης αντιδρά με το χλώριο του νερού προς αδιάλυτο AgCl . Για το λόγο αυτό πρέπει να διαλύεται μόνο σε αποσταγμένο ή απιονισμένο νερό σε αδιαφανή γυάλινα ή πλαστικά δοχεία. Επίσης, επειδή μετακινείται μόνο σε μικρή απόσταση εντός του ανθικού στελέχους, δεν πρέπει να ξανακόβεται η βάση ανθικών στελεχών προμεταχειρισμένων με νιτρικό άργυρο (Halevy και Mayak 1981).

Θειοθειικός άργυρος

Ο θειοθειικός άργυρος (STS) βρέθηκε ότι μετακινείται ευκολότερα από το νιτρικό άργυρο στα αγγεία του ξύλου αλλά δίνει μόνο μικρή συγκέντρωση ιόντων ελεύθερου Ag^+ (van Doorn κ.α. 1989). Όμως ο θειοθειικός άργυρος δρα ως αναστολέας της δράσης του αιθυλενίου στους φυτικούς ιστούς και λόγω της κινητικότητας του μπλοκάρει αποτελεσματικά τη δράση του αιθυλενίου, που προκαλεί γρήγορη γήρανση πολλών ανθέων. Για το λόγο αυτό στην πράξη χρησιμοποιείται μόνο ως αντιαιθυλενικός παράγων και χρησιμοποιείται σε συγκέντρωση 0.2-0.4 mM (Reid κ.α. 1989, van Doorn κ.α. 1991β, Knee 1995). Το STS όμως επειδή περιέχει άργυρο θεωρείται ως επιβλαβές για τον άνθρωπο και το περιβάλλον και για το λόγο αυτό αναζητήθηκε μια εναλλακτική λύση. Ικανοποιητική λύση στο

πρόβλημα αυτό έδωσε η χρήση της ουσίας 1-methylcyclopropene (1-MCP), ενός ακόρεστου υδρογονάνθρακα (C_4H_6), σε αέρια μορφή υπό φυσιολογικές συνθήκες, μη τοξικού και άοσμου, που έχει την ικανότητα να προσδένεται στους κυτταρικούς υποδοχείς του αιθυλενίου και έτσι να ανταγωνίζεται τη δράση του. Το 1-MCP κυκλοφορεί υπό μορφή υδατοδιαλυτής σκόνης με το εμπορικό όνομα Ethyblock, το οποίο όταν διαλυθεί σε νερό απελευθερώνει τη δραστική ουσία σε αέριο μορφή. Είναι αποτελεσματικό στην αναστολή της δράσης του αιθυλενίου σε πολλά δρεπτά άνθη και γλαστρικά φυτά (Serek κ.α. 1994, Halevy 1998). Η διατήρηση για 24 ώρες ανθέων λισιάνθου (*Eustoma grandiflorum*) σε ατμόσφαιρα 500 ppb 1-MCP αύξησε τη ζωή του στο ανθοδοχείο κατά 51% (Παπαδημητρίου κ.α. 2003).

8-υδροξυκινολίνη (8-HQ)

Η θειική και η κιτρική υδροξυκινολίνη σε συγκέντρωση 200-600 ppm χρησιμοποιήθηκε ευρέως στο παρελθόν ως βακτηριοστατικό στα δρεπτά άνθη κυρίως λόγω της μείωσης του pH του νερού (Halevy και Mayak 1981). Η δράση της υδροξυκινολίνης εξαρτάται από το είδος και την ποσότητα των βακτηρίων του νερού καθώς και από τον αριθμό των ανθικών στελεχών του ανθοδοχείου (Marousky 1980). Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως η θειική υδροξυκινολίνη είχε τοξική επίδραση στα φύλλα χρυσανθέμων και γυψοφίλης (*Gypsophila paniculata*) (Halevy και Mayak 1981).

Χλωριούχες ενώσεις βραδείας απελευθέρωσης.

Αυτές οι ενώσεις είναι πολύ αποτελεσματικά βακτηριοκτόνα σε συγκέντρωση 50-400 ppm Cl σε πολλά δρεπτά άνθη (Halevy και Mayak 1981), αλλά οι υψηλές συγκεντρώσεις προκάλεσαν χλώρωση των φύλλων και αποχρωματισμό των ανθικών στελεχών στα τριαντάφυλλα, σκυλάκια (*Antirrhinum majus*) και χρυσάνθεμα (Kofranek κ.α. 1974, Marousky 1976). Τελευταία χρησιμοποιείται πολύ το διχλωροϊσοκυανουρικό οξύ (DICA) μια χλωριούχος ένωση βραδείας διάσπασης σε συγκέντρωση 10-50 ppm με πολύ καλά αποτελέσματα (van Doorn κ.α. 1990).

Ενώσεις τεταρτοταγούς αμμωνίου

Τα τεταρτοταγή άλατα του αμμωνίου είναι λιγότερο τοξικά και πιο σταθερά από τα άλατα της υδροξυκινολίνης ιδιαίτερα όταν το νερό έχει μεγάλη σκληρότητα (Farnham κ.α. 1978). Έτσι το 2-υδροξυ-3-ιονικό χλωριούχο πολυμερές (HICP), μια ένωση τεταρτοταγούς αμμωνίου ήταν πολύ αποτε-

λεσματοικό στη βελτίωση των υδατικών σχέσεων δρεπτών τριαντάφυλλων (Ueyama και Ichimura 1998). Συνδυασμός ενώσεων τεταρτοταγούς αμμωνίου 100-200 ppm με σακχαρόζη, σε μικρής διάρκειας εφαρμογή, ήταν πολύ αποτελεσματικός στο άνοιγμα των μπουμπουκιών γαριφάλων, γυψοφίλης και χρυσανθέμων (Halevy και Mayak 1981).

Θιαμπενταζόλη

Η θιαμπενταζόλη (TBZ) όταν χρησιμοποιήθηκε σε συγκέντρωση 300 mg/l σε συνδυασμό με βακτηριοστατικό εμπόδισε την ανάπτυξη μυκήτων στο υδατικό διάλυμα (Halevy και Mayak 1981).

Υδατάνθρακες (σάκχαρα)

Τα περισσότερα συντηρητικά διαλύματα των λουλουδιών περιέχουν σάκχαρα. Η χρήση σακχαρόζης ή γλυκόζης ήταν πολύ αποτελεσματική στην επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής των δρεπτών ανθέων, η λακτόζη και η μαλτόζη ήταν δραστικές μόνο σε χαμηλές συγκεντρώσεις, ενώ τα μη μεταβολικά σάκχαρα μανιτόλη και μανόζη ήταν ανενεργά ή και επιβλαβή (Halevy και Mayak 1981, Shimamura κ.α. 1997). Ο ρόλος των σακχάρων είναι πολλαπλός, αφού αποτελούν το κύριο ενεργειακό υπόστρωμα για τη σύνθεση των πρωτεϊνών, συμβάλλουν στη διατήρηση της ακεραιότητας και της λειτουργίας των κυτταρικών μεμβρανών και των μιτοχονδρίων, καθυστερούν τη διάσπαση των φωσφολιπιδίων και την παραγωγή αιθυλενίου (Kuiper κ.α. 1996).

Η άριστη συγκέντρωση σακχάρων ποικίλει ανάλογα με το είδος της μεταχείρισης και του φυτικού είδους. Γενικά, για ένα συγκεκριμένο άνθος, όσο πιο μεγάλη είναι η διάρκεια της έκθεσης στο χημικό διάλυμα, τόσο χαμηλότερη η συγκέντρωση που απαιτείται. Έτσι, υψηλές συγκεντρώσεις σακχάρων (10-15%) απαιτούνται στο χειρισμό μικρής διάρκειας πριν τη μεταφορά, λίγο μικρότερες για το άνοιγμα των μπουμπουκιών (5-10%) και χαμηλές (1-2%) για τα διαλύματα διατήρησης στο ανθοδοχείο. Τα πράσινα φύλλα είναι πιο ευαίσθητα στις υψηλές συγκεντρώσεις σακχάρων από τα πέταλα λόγω της μικρότερης ικανότητας οσμωτικής ρύθμισης και επειδή τα εξωγενώς εφαρμοζόμενα σάκχαρα πρώτα συσσωρεύονται στα φύλλα και κατόπιν μεταφέρονται στα άνθη (Halevy και Mayak 1981, van Doorn κ.α. 1991a). Έτσι υψηλές συγκεντρώσεις σακχάρων στο ανθοδοχείο προκάλεσαν νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα δρεπτών τριαντάφυλλων (Markhart και Harper 1995).

Τα σάκχαρα, στα χημικά συντηρητικά διαλύματα σε μεγάλη συγκέντρωση, μειώνουν το ποσοστό

του απορροφούμενου νερού από τα ανθικά στελέχη, λόγω της αύξησης του οσμωτικού δυναμικού του διαλύματος. Αυξάνουν όμως και την οσμωτική πίεση και τη σπারণή των κυττάρων των πετάλων και συντελούν στη μείωση της διαπνοής, λόγω της μείωσης του ανοίγματος των στομάτων, με αποτέλεσμα την αύξηση του νεπού βάρους των ανθέων. Επιπλέον τα προστιθέμενα στα διαλύματα σάκχαρα υποκαθιστούν τους φυσιολογικά εξαντλούμενους υδατάνθρακες στα δρεπτά άνθη, μειώνοντας ή εμποδίζοντας την πρωτεόλυση, δηλαδή δρουν σαν πηγές ενέργειας (Borochon κ.α. 1976a, Kuiper κ.α. 1996). Αν και ο ρυθμός αναπνοής είναι πολύ μεγαλύτερος στα άνθη που διατηρούνται σε διαλύματα σακχάρων εν τούτοις η διατηρησιμότητά τους δεν μειώνεται, αλλά αντίθετα αυξάνεται. Αυτό σημαίνει ότι ο ρόλος των σακχάρων δεν είναι μόνο θρεπτικός αλλά και οσμωτικός δηλαδή δρουν σαν παράγοντες περιορισμού των απωλειών νερού (Rogers 1973, Halevy 1976).

Μεταλλικά διαλυτά άλατα

Μερικά μη τοξικά μεταλλικά άλατα μπορούν να αυξήσουν την οσμωτική συγκέντρωση και το δυναμικό πίεσης των κυττάρων των πετάλων με αποτέλεσμα τη βελτίωση της υδατικής ισορροπίας και της μακροβιότητας των ανθέων. Ως παραδείγματα μπορούν να αναφερθούν τα νιτρικά και θειικά άλατα καλίου και ασβεστίου (Halevy και Mayak 1981).

Ασβέστιο. Το νιτρικό ασβέστιο σε αναλογία 0.1% βρέθηκε ότι παρατείνει τη ζωή ορισμένων λουλουδιών, διότι εκτός των άλλων συντελεί στη διατήρηση της ακεραιότητας και της εκλεκτικής διαπερατότητας των κυτταρικών μεμβρανών και επομένως στη διατήρηση της κυτταρικής δομής και λειτουργίας (Halevy και Mayak 1981). Το ασβέστιο βρέθηκε να μειώνει την χαλαρότητα και το λύγισμα του ανθικού στελέχους των γαριφάλων (Mayak κ.α. 1978). Προσθήκη νιτρικού ασβεστίου 12 mM στο συντηρητικό διάλυμα βελτίωσε τη διατηρησιμότητα τριαντάφυλλων των ποικιλιών "Sonia" και "Madelon" και καθυστέρησε τη γήρανση των παραπάνω ποικιλιών που είχαν τοποθετηθεί σε συγκέντρωση 0.1 ppm αιθυλενίου (Παπαδημητρίου 1995).

Αλουμίνιο. Το θειικό αλουμίνιο σε συγκέντρωση 50-100 ppm χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς σε πολλές συνταγές για τριαντάφυλλα, γλαδιόλους (*gladiolus* sp.) κ.λ.π. Η θετική του δράση αποδόθηκε στη μείωση του pH των πετάλων και τη σταθεροποίηση της ανθοκυάνης, καθώς και στην οξίνιση του νερού που μείωσε τη βακτηριακή ανάπτυξη και βελτίωσε την

απορρόφησή του (Halevy και Mayak 1981, Put κ.α. 1992).

Νικέλιο. Η χρήση 1500 ppm για δέκα λεπτά χλωριούχου νικελίου βελτίωσε την υδραυλική αγωγιμότητα και τη διατηρησιμότητα ορχιδέας του γένους *Phalaenopsis*, δρώντας κυρίως σαν μικροβιοκτόνο και σαν ανασχετικό της παραγωγής αιθυλενίου (Halevy και Mayak 1981).

Ψευδάργυρος και χαλκός. Έχει παρατηρηθεί μικροβιοκτόνος δράση του ψευδαργύρου και του χαλκού σε ορισμένα είδη ανθέων (Halevy και Mayak 1981). Όμως η προσθήκη χαλκού 10-80 mg/l στο συντηρητικό διάλυμα κομμένων χρυσανθέμων προκάλεσε νεκρώσεις στα φύλλα και στο στέλεχος (Marousky 1976)

Διαβρεκτικοί παράγοντες (*Wetting agents ή surfactants*)

Οι διαβρεκτικοί παράγοντες αποτελούν μια ειδική κατηγορία χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται για την μετασυλλεκτική μεταχείριση δρεπών ανθέων με σκοπό την βελτίωση της απορρόφησης νερού και συνεπώς τη γρήγορη ενυδάτωσή τους. Οι διαβρέκτες εισέρχονται στα αγγεία του ξύλου των ανθικών στελεχών και επηρεάζουν την άνοδο του συντηρητικού διαλύματος από το δοχείο διατήρησης και τη βάση του ανθικού στελέχους, προς τα φύλλα και το άνθος. Η δράση των διαβρεκτικών παραγόντων είναι διπλή, αφ' ενός έχουν την ιδιότητα να μειώνουν την επιφανειακή τάση και το ιξώδες του νερού και αφ' ετέρου επικάθονται στην εσωτερική επιφάνεια των αγγείων του ξύλου, δημιουργώντας μια λεία επιφάνεια και με τον τρόπο αυτό αυξάνουν την υδραυλική αγωγιμότητα των αγγείων του ξύλου. Έτσι, διευκολύνεται η άνοδος του νερού ή του εκάστοτε συντηρητικού διαλύματος (D' Hont και Sprong 1988). Η χρήση διαβρεκτικών παραγόντων θα πρέπει να συνδυάζεται με την προσθήκη ενός βακτηριοκτόνου, διότι έχουν το μειονέκτημα ότι αποτελούν κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη βακτηρίων. Η προσθήκη σε αναλογία 0.01% του διαβρεκτικού παράγοντα Twin-80 βελτίωσε την ενυδάτωση και τη ζωή στο ανθοδοχείο δρεπών τριαντάφυλλων και χρυσανθέμων (D' Hont και Sprong 1988, Rutting 1991) και η χρήση ενός άλλου διαβρεκτικού του Triton X-100 σε συγκέντρωση 100 ppm βελτίωσε την διατηρησιμότητα δρεπών ανθέων ασύλβης και μπουβάρντιας (van Doorn κ.α. 1993). Σε άλλη εργασία (Παπαδημητρίου κ.ά. 2001) βρέθηκε ότι η χρήση της εμπορικής διαβρεκτικής ουσίας Agral-90 αύ-

ξησε την ζωή στο ανθοδοχείο δρεπών ανθέων λισιάνθου.

Φυτορρυθμιστικές ουσίες

Οι φυτορρυθμιστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στα συντηρητικά διαλύματα των δρεπών ανθέων είναι συνθετικές φυτορμόνες ή ουσίες που παρεμποδίζουν τη δράση των ενδογενών φυτορμονών. Εφαρμόζονται στα δρεπτά άνθη σε περιορισμένη έκταση ακόμη, μόνες ή σε συνδυασμό με άλλα συστατικά (Halevy και Mayak 1981, Nowak και Rudnicki 1990). Οι ρυθμιστές αύξησης ενεργοποιούν, επιταχύνουν ή επιβραδύνουν διάφορες φυσιολογικές και βιοχημικές διεργασίες μέσα στους φυτικούς ιστούς (Πασπάτης 1995). Οι ρυθμιστές αύξησης που έχει βρεθεί ότι βελτιώνουν την διατηρησιμότητα ορισμένων δρεπών ανθέων ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες:

Κυτοκινίνες. Οι κυτοκινίνες είναι οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι αυξητικοί ρυθμιστές για την επιμήκυνση της ζωής των ανθέων στο ανθοδοχείο. Εφαρμογή κινητίνης στα 60 mg/l μείωσε την υδατική καταπόνηση των δρεπών γαριφάλων και βελτίωσε την διατηρησιμότητα των δρεπών τριαντάφυλλων (Halevy και Mayak 1981). Οι κυριότερες κυτοκινίνες που χρησιμοποιούνται στα κομμένα άνθη είναι η κινητίνη (KI), η 6-βενζυλαμινοπουρίνη (BAP) και η ισοπεντυλαδενίνη (IPA). Οι πιο συνηθισμένες συγκεντρώσεις που χρησιμοποιούνται κυμαίνονται από 10-100 mg/l, αλλά η άριστη συγκέντρωση εξαρτάται πάντα από το είδος του άνθους και τη διάρκεια εφαρμογής (Halevy και Mayak 1981). Οι κυτοκινίνες όπως και οι γιβερελλίνες χρησιμοποιούνται επίσης για την παρεμπόδιση του κιτρινίσματος στα φύλλα σε γλαδίλους, λίκουμ, αλστρομέρια (*Alstroemeria aurantica*) και ίξια (*Ixia sp.*) και εφαρμόζονται με ψεκασμό ή με εμβάπτιση. Ο χειρισμός αυτός συνιστάται ιδιαίτερα σε περιπτώσεις μακρόχρονης αποθήκευσης ή μεταφοράς, για να περιοριστεί η απώλεια χλωροφύλλης στο σκοτάδι.

Αυξίνες. Οι αυξίνες χρησιμοποιούνται σπανιότερα στα συντηρητικά διαλύματα παρόλο που σε μερικά είδη δρεπών ανθέων έχουν αναφερθεί ευεργετικές επιδράσεις. Προσθήκη 1-100 mg/l αυξίνης παρεμπόδισε τη γήρανση των ανθέων στα γαρύφαλα πιθανώς επειδή επιβράδυνε την παραγωγή αιθυλενίου (Halevy και Mayak 1981). Επίσης, σε *in vitro* καλλιέργεια, η συνθετική αυξίνη ναφθαλινοξικό οξύ (NAA) παρεμπόδισε τη γήρανση των πετάλων στα άνθη της νικοτιάνα (*Nicotiana officinis*)

(Deaton κ.α. 1980). Η ενδογενώς παραγόμενη αυξίνη μειώθηκε σταδιακά σε άνθη ποίνσέτιας (*Euphorbia pulcherrima*) κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο ανθοδοχείο. Η μείωση αυτή ήταν εντονότερη σε ποικιλίες με μικρή διάρκεια ζωής (short-lived) συγκριτικά με ποικιλίες μεγάλης διάρκειας (long-lived), όπως αναφέρεται από τους Gilbert και Sink (1971). Στην ποίνσέτια, βρέθηκε ότι οι αυξίνες παρεμποδίζουν τη σύνθεση της ελεύθερης οξειδάσης, η οποία επιταχύνει τη γήρανσή της (Gilbert και Sink 1971).

Γιβερελλίνες. Μετά από πειράματα μέτρησης της ενδογενώς παραγόμενης γιβερελλίνης στα γαρίφαλα, διαπιστώθηκε ο ρόλος της στη ρύθμιση της ανάπτυξης των πετάλων (Jeffcoat και Harris 1972). Προσθήκη 200 mg/l GA_3 σε απομονωμένα πέταλα γαρίφαλων προκαλεί επιμήκυνση των κυττάρων (Halevy και Mayak 1981) και επιβράδυνση του γηρασμού τους (Garrod και Harris 1978). Όταν η GA_3 προσέθηκε σε διαλύματα συντήρησης γαρίφαλων σε συγκέντρωση 100-400 mg/l επιτάχυνε το άνοιγμα του μπουμπουκιού, προκαλώντας όμως ξεθώριασμα των πετάλων και μείωση της ζωής στο ανθοδοχείο (Cywinska-Smoter κ.α. 1978).

Αμψισισικό οξύ (ABA). Το αμψισισικό οξύ, όπως το αιθυλένιο, ρυθμίζει την πορεία της γήρανσης στα δρεπτά άνθη. Η συσσώρευση ABA στα δρεπτά άνθη ιδιαίτερα στο σκοτάδι, όπου τα στομάτια των φύλλων είναι κλειστά, προάγει τις φυσιολογικές διεργασίες της γήρανσης (Halevy και Mayak 1981). Αντίθετα, εφαρμογή ABA στα πρώτα στάδια μετασυλλεκτικά, όπου η συγκέντρωση του ενδογενώς παραγόμενου ABA είναι περιορισμένη, αυξάνει τη διατηρησιμότητα (Πομποδάκης κ.α. 2003). Τα επίπεδα του ABA αυξάνονται προοδευτικά στα άνθη τριαντάφυλλων κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο ανθοδοχείο. Η αύξηση αυτή του ABA είναι ανάλογη της απώλειας νερού μετασυλλεκτικά (Bogochon κ.α. 1976β). Συνήθως, πριν την αύξηση του ABA, προηγείται μια αύξηση στη σύνθεση του αιθυλενίου κατά τις πρώτες ώρες μετά τη συγκομιδή (van Reinhold 1991). Προσθήκη όμως ABA σε χαμηλές συγκεντρώσεις στο συντηρητικό διάλυμα μειώνει την ένταση διαπνοής στα φύλλα των δρεπτών ανθέων και συνεπώς μπορεί να επιβραδύνει τις διεργασίες γήρανσης των. Έτσι, προσθήκη 1 και 10 mg/l ABA στα διαλύματα συντήρησης και φορτσαρίσματος, αντίστοιχα, κα-

θυστέρησε τη μάρανση των φύλλων και επέκτεινε τη διάρκεια ζωής δρεπτών τριαντάφυλλων στο ανθοδοχείο προκαλώντας κλείσιμο των στομάτων στα φύλλα (Hartung κ.α. 1998). Εκτός από τη φυσική φυτορρυθμιστική ουσία ABA, τα τελευταία χρόνια παρόμοια θετική επίδραση στη διατηρησιμότητα των δρεπτών ανθέων έχουν δείξει τα συνθετικά χημικά ανάλογα του ABA, (Pomrodakis και Joyce 2003).

5. Συμπεράσματα-προτάσεις

Τα ανθοκομικά φυτά και ιδιαίτερα τα δρεπτά άνθη είναι από τα πιο ευπαθή γεωργικά προϊόντα και η αξία τους δεν προσδιορίζεται μόνο από την ποιότητά τους κατά την στιγμή της συγκομιδής και της τοποθέτησής τους στην αγορά, αλλά και από τη διάρκεια ζωής τους στο βάζο του καταναλωτή. Για το λόγο αυτό, αφ ενός η καλλιέργεια των ανθέων πρέπει να γίνεται κάτω από τις καλύτερες συνθήκες, και αφ ετέρου όσοι ασχολούνται με τη διακίνηση και εμπορία τους, πρέπει να εκτελούν τους κατάλληλους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς, με σκοπό τη διατήρηση της ποιότητας των ανθέων, και τη μεγαλύτερη ικανοποίηση του καταναλωτή. Ένας από τους βασικούς χειρισμούς είναι η τοποθέτηση των δρεπτών ανθέων στα κατάλληλα συντηρητικά διαλύματα διότι συντελούν στην αύξηση της διάρκειας ζωής των ανθέων στο ανθοδοχείο, τη βελτίωση του ανοίγματος των μπουμπουκιών, τη διατήρηση του χρώματος των πετάλων και των φύλλων κ.λ.π.

Στην Ελλάδα η χρήση των συντηρητικών από τους παραγωγούς, τους έμπορους και τους καταναλωτές είναι πολύ περιορισμένη, κυρίως λόγω άγνοιας, αν και η συνεισφορά τους στη μακροζωία των λουλουδιών είναι αποδεδειγμένη. Στο εξωτερικό αποτελεί συνήθη πρακτική το ανθοπωλείο να χορηγεί μαζί με την ανθοδέσμη ένα φακελάκι με συντηρητικό που διαλύεται στο νερό του ανθοδοχείου με σκοπό το καλύτερο άνοιγμα και το ζωηρότερο χρωματισμό των ανθέων και την επιμήκυνση της ζωής τους. Πάντως και όταν ακόμα δεν χρησιμοποιούνται εμπορικά συντηρητικά θα πρέπει ο καταναλωτής να χρησιμοποιεί καθαρό ανθοδοχείο, να αλλάζει συχνά το νερό κόβοντας συγχρόνως 1-2 cm από τη βάση των ανθέων, να αφαιρεί όλα τα φύλλα κάτω από την επιφάνεια του νερού και να προσθέτει λίγη ζάχαρη (0.5- 1%) και μερικές σταγόνες λεμονιού ή χλωρίνης.

Water relations of cut flowers and preservative solutions for promoting keeping quality.

M. Papadimitriou¹ and N. Pompodakis¹

ABSTRACT

Improved water balance of cut flowers is one of most important factors in extending vase life and maintaining quality during vase life. Water balance depends on the relationship between water uptake and water loss in the flower stem. The rate of water uptake is related to transpiration rate that depends on various factors, such as ambient temperature and relative humidity, the degree of vascular occlusions within the flower stem, the quality of vase water and the ingredients of preservative solutions.

Vase solutions are often used in commercial floriculture in order to extend vase life of cut flowers and improve quality parameters, such as flower opening and color.

In the present study, vase solutions are categorized according to the post harvest stage of treatment, the aim of application and the different solution ingredients.

In Greece, the use of vase solutions tends to increase the last years but it is still limited. Thus, it is important for growers, suppliers and consumers to know the benefits by the use of preservative solutions in cut flowers. This knowledge may be useful for increasing quality and marketability of cut flowers.

Keywords: Cut flowers, vase life, water balance, water uptake, transpiration rate, hydraulic conductivity, preservative solutions.

Βιβλιογραφία

- Borochoy, A., Mayak, S., and Halevy, A.H. 1976a. Combined effects of abscisic acid and sucrose on growth and senescence of rose flowers. *Plant Physiol.* 36: 221-224
- Borochoy, A., Tirosh, T., and Halevy, A.H. 1976b. Abscisic acid content of senescing petals on cut rose flowers as affected by sucrose and water stress. *Plant Physiol.* 58: 175-178
- Bleeksmas H.C. and van Doorn, W.G. 2003. Embolism in rose stems as a result of vascular occlusion by bacteria. *Postharvest. Biol. Technol.* 29: 335-341
- Cline, M.N., and Neely, D. 1983. The histology and histochemistry of the wound-healing process in Geranium cuttings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108: 779-780
- Cywinska-Smoter, K., Rudnicki, R.M., and Gozdzynska, D. 1978. The effect of exogenous growth regulators in opening tight carnation buds. *Scientia Horticulturae* 9: 155-165
- Deaton, M., Buxton, J. W. and Kemp, T. R. 1980. Senescence studies in Nicotiana glauca flowers cultured in vitro. *HortScience* 15: 433-434
- D' Hont, K. and Sprong van der, J. N. 1988. Postharvest treatment of Chrysanthemum. *Acta Hort.* 261: 305-307
- Dixon, M.A., and Peterson, A.C. 1989. A re-examination of stem blockage in cut roses. *Hort Science* 38: 277-285
- Durkin, D.J. 1979a. Effect of millipore filtration, citric acid, and sucrose on peduncle water potential of cut rose flower. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 860-863
- Durkin, D. J. 1979b. Some characteristics of water flow through isolated rose stem segments. *J Am Soc Hort Sci* 104 (6): 777-783
- Farnham, D.S., Ueda, T., Kofranek, M. A., and Halevy, A. H. 1978. Physan-20, an effective biocide for conditioning and bud opening of carnations. *Floricultural Review* 162: 24-26, 58-60
- Fujino, D.W., Reid, M.S., Kohl, C.H. 1983. The water relations of maidenhair fronds treated with silver nitrate. *Scientia Horticulturae* 19: 349-355
- Garrod, J.F., and Harris, G.P. 1978. Effects of gibberellic acid on senescence of isolated petals of carnation. *Annals of Applied Biology* 88: 309-311
- Gilbert, D.A., and Sink, K.C. 1971. Regulation of endogenous indoleacetic acid and keeping quality of pionsettia. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 3-7

¹ Technological Educational Institute of Crete, School of Agricultural Technology, Laboratory of Floriculture, 710 04 Heraklion Crete, Greece

- Halevy, A. H. 1976. Treatments to improve water balance of cut flowers. *Acta Hort.* 64: 223-230
- Halevy, A.H., and Mayak, S. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers-Part 2. *Horticultural Review* 3: 59-236
- Halevy, A.H. 1998. Recent Advances in Postharvest Physiology of Flowers. *J. Korean Soc. Hort.. Sci.* 39(5): 652-655
- Hartung, W., Wilkinson, S., Davies, W.J. 1998. Factors that regulate abscisic acid concentrations at the primary site of action at the guard cell. *J. Exp. Botany* 49: 361-367
- Hew, C.S., Lee, F.Y. and Wee, K.H. 1987. Factors affecting the longevity of Aranda flowers. *Acta Hort.* 205: 195-202
- Jeffcoat, B., and Harris, G.P. 1972. Hormonal regulation of the distribution of ¹⁴C-labelled assimilates in the flowering shoot of carnation. *Annal of Botany* 36: 356-361
- Knee, M. 1995. Copper reverses silver inhibition of flower senescence in *Petunia hybrida*. *Postharvest Biol. Technol.* 6: 121-128
- Kofranek, A.M., Kohl. H.C., and Kubota, J. 1974. A slow-release chlorine compound as a vase water additive. *Floricultural Review* 154: 63-65
- Kuiper, D., van Reenen, H.S., Ribot, S.A. 1996. Characterisation of flower bud opening in roses; a comparison of 'Madelon' and 'Sonia' roses. *Postharvest Biol. Technol.* 9: 75-86
- Lineberger, R.D., and Steponkus, P.L. 1976. Identification and localisation of vascular occlusions in cut roses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(3): 246-250
- Markhart, H. A., and Harper, S.M. 1995. Deleterious effects of sucrose in preservative solutions on leaves of cut roses. 1995. *Hort Science* 30(7): 1429-1432
- Marousky, F.J. 1971. Inhibition of vascular blockage and increased moisture retention in cut roses induced by pH, 8-hydroxyquinoline citrate and sucrose. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 38-41
- Marousky, F.J. 1976. Control of bacteria in vase water and quality of cut flowers as influenced by sodium dichloroisocyanurate, 1,3-dichloro-5, 5-dimethyl hydantoin and sucrose. United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service:115
- Marousky, F.J. 1980. Inhibition of cut flower bacteria by 8-hydroxyquinoline citrate. *Acta Hort.* 113: 81-85
- Mayak, S., and Halevy, A.H. 1974. The action of Kinetin in improving the water balance and delaying senescence processes of cut rose flowers. *Physiology Plant* 32: 330-336
- Mayak, S., Halevy, A.H., Sagie, S., Bar-Yosef, A., and Bravdo, B. 1974. The water balance of cut rose flowers. *Physiology Plant* 32: 15-22
- Nowak, J. and Rudnicki, R.M. 1990. Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens, and potted plants. Timber Press, Inc., Portland: 49-51
- Παπαδημητρίου, Μ., 1995. Επίδραση προ και μετα-συλλεκτικών χειρισμών στη διατηρησιμότητα δρεπτών ανθέων τριανταφυλλιάς των ποικιλιών 'Sonia' και 'Madelon'. Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ: 81-82
- Παπαδημητρίου Μ., Ματσούκας, Ι. και Μηνανάκη, Ν. 2001. Επίδραση διαφόρων συντηρητικών στη βελτίωση του ανοίγματος και της διατηρησιμότητας δρεπτών ανθέων λισιάνθου. Πρακτικά 19ου Επιστημονικού Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης Οπωροκηπευτικών, Τόμος 9: 541-545
- Παπαδημητρίου Μ., Λυδάκης Δ., Πομποδάκης Ν. Αντωνιδάκη, Α. και Συντιγάκη Μ. 2003. Επίδραση του 1-MCP και του STS στην καθυστέρηση του γήρατος δρεπτών ανθέων λισιάνθου. Πρακτικά 21ου Επιστημονικού Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης Οπωροκηπευτικών, Τόμος 11(Α) : 383-386
- Πασπάτης, Ε. Α. 1995. Φυτορροθμιστικές ουσίες (Φυτορμόνες). Εκδόσεις Σταμούλη. Σελ. 15
- Paulin, A. 1975. Effects of watering following a drought period on nitrogen metabolism of cut *Iris germanica* flowers. *Acta Hort.* 41: 13-20
- Πομποδάκης Ν., Λυδάκης Δ., Παπαδημητρίου Μ. και Δάρρας Α. 2003. Θετικές και αρνητικές επιδράσεις του αμπισιοικού οξέος (ABA) στην διατηρησιμότητα κομμένων τριανταφύλλων. Πρακτικά 21ου Επιστημονικού Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης Οπωροκηπευτικών, Τόμος 11(Α): 387-390
- Pompadakis, N. E. and Joyce, D. C. 2003. ABA analogue effects on vase life and leaf crisping of cut 'Baccara' roses. *Australian Journal of Experimental Agriculturae* 43: 425-428
- Pompadakis, N.E., Joyce, D.C., Terry, L.A. and Lydakakis, D.E. 2004. Effects of vase solution pH and abscisic acid on the longevity of cut 'Baccara' roses. *J. Hort. Sci. Biotech.* 79: 828-832

- Put, H.M.C., and Jansen, L. 1989. The effects on the vase life of cut Rosa cultivar 'Sonia' of Bacteria added to the vase water. Hort Science 39: 167-179
- Put, H.M.C., and Klop, W. 1990. The effects of microbial exopolysaccharides (EPS) in vase water on the water relations and the vase life of Rosa cv. 'Sonia'. Journal of Applied Bacteriology 68: 367-384
- Put, H.M.C., Klop, W., Clerkx, M.C.A., and Boekestein, A. 1992. Aluminium sulphate restricts migration of Bacillus subtilis in xylem of cut roses: a scanning electron microscope study. 51: 261-274
- Reid, M S., Evans, R. Y., Dodge, L.L. and Mor, Y. 1989. Ethylene and silver thiosulfate influence opening of cut rose flowers. HortScience 114: 436-440
- Rogers, M.N. 1973. A historical and critical review of post-harvest physiology research of cut flowers. Hort Science 8: 189-194
- Ruting, A. 1991. Effects of wetting agents and cut flower food on the vase life of cut roses. Acta Hort. 298: 69-73
- Serek, M., Sisler, E.C. and Reid, M. S. 1994. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119: 1230-1233
- Shimamura, M., Ito, A., Suto, K., Okabayashi, H., and Ichimura, K. 1997. Effects of a-aminoisobutyric acid and sucrose on the vase life of hybrid Limonium. Postharvest Biol. Technol. 12: 247-253
- Stigter, H.C.M., de 1981. Water-balance aspects of cut and intact 'Sonia' rose plants, and effects of glucose, 8-hydroxyquinoline sulfate and aluminum sulfate. Acta Hort. 113: 97-107
- Stubbs, J.M. and Francis, M.J.O. 1971. Electron microscopical studies of rose petal cells during flower maturation. Planta Medica 20: 211-218
- Ueyama, S., and Ichimura, K. 1998. Effects of 2-hydroxy-3-ionene polymer on the vase life of cut rose flowers. Postharvest Biol. Technol. 14: 65-70
- Van Doorn, W.G. 1997. Water relations of cut flowers. Horticultural Review 18: 1-85
- Van Doorn, W.G., and Cruz, P. 2000. Evidence for a wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers. Postharvest Biol. Technol. 19: 73-83
- Van Doorn, W.G., Schurer, K., and de Witte, Y. 1989. Role of endogenous bacteria in vascular blockage of cut rose flowers. Plant Physiol. 134: 375-381
- Van Doorn, W.G., de Witte, Y., and Perik, R. J. J. 1990. Effect of anti-microbial compounds on the number of bacteria in stems of cut rose flowers. Journal of Applied Bacteriology 68: 117-122
- Van Doorn, W.G., Groenewegen, G., van de Pol, A. P., and Berkholst, M. E. C. 1991a. Effects of carbohydrate and water status of flower opening in cut Madelon roses. Postharvest Biol. Technol. 1: 47-57
- Van Doorn, W G., Zagory, D., Reid, M.S. 1991b. Role of ethylene and bacteria in vascular blockage of cut fronds from the fern Adiantum raddianum. Scientia Horticulturae 46: 161-169
- Van Doorn, W.G., Perik, R.R.J. and Belde, P.J.M. 1993. Effects of surfactants on the longevity of dry-stored cut flowering stems of rose, Bouvardia and Astible. Postharvest Biol. Technol. 3: 69-76
- Van Doorn, W.G., Bakker, L., and Veken, M. 1994. Effect of dry storage on scape bending in cut Gerbera jamesonii flowers. Postharvest Biol. Technol. 4: 261-269
- Van Doorn, W. G., De Witte, Y., and Harkema, H. 1995. Effects of high numbers of exogenous bacteria on the water relations and longevity of cut carnation flowers. Postharvest Biol. Technol. 6: 111-119
- Van Doorn, W.G., Buis, H.C.E.M., and de Witte, Y. 1986b. Effect of exogenous bacterial concentration on water relations of cut rose flowers, II. Bacteria in the vase solution. Acta Hort. 181: 463-465
- Van Meeteren, U., and van Gelder, H. 1999. Effect of time since harvest and handling conditions on rehydration ability of cut chrysanthemum flowers. Postharvest Biol. Technol. 16: 169-177
- Van Meeteren, U., van Gelder, H., and van Ieperen, W. 1999. Reconsideration of the use of deionized water as vase water in postharvest experiments on cut flowers. Postharvest Biol. Technol. 17: 175-187
- Van Reinhold, N. 1991. Abscisic acid. p. 242-248 In: Post-harvest physiology of perishable plant products, New York
- Zieslin, N. 1989. Post harvest control of vase life and senescence of rose flowers. Acta Hort. 261: 257-261

