

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΜΠΕΛΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑΣ - ΟΙΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΜΑ : Επίδραση των υδατικών σχέσεων στην ποσότητα
και ποιότητα των αμπελουργικών προϊόντων της
οινοποιήσιμης ποικιλίας Syrah (*Vitis vinifera* L.), σε
συνθήκες αμπελώνα

Επιβλέπων : Καθηγητής Σταυρακάκης Ν. Μανόλης

Κανάκης Ιωάννης
Ιούνιος -2007

	Περιεχόμενα	Σελίδα
	Περίληψη	3
Κεφάλαιο 1	Υδατικές Σχέσεις	4
1.1	Μηχανισμοί μετακίνησης του νερού	4
1.1.1	Διάχυση	4
1.1.2	Ώσμωση	5
1.1.3	Μαζική ροή	5
1.2	Υδατικό δυναμικό	5
1.3	Η χρήση του υδατικού δυναμικού στην εκτίμηση της υδατικής κατάστασης των φυτών	6
1.4	Φυσιολογία της πρόσληψης και μεταφοράς του νερού	10
Κεφάλαιο 2	Αβιοτικοί Παράγοντες Καταπόνησης	13
2.1	Η ανάπτυξη μηχανισμών άμυνας έναντι των καταπονήσεων απαιτεί δαπάνη ενέργειας	16
Κεφάλαιο 3	Υδατική Καταπόνηση	16
3.1	Η υδατική καταπόνηση προκαλεί σοβαρές διαταραχές σε μορφολογικό, φυσιολογικό και μοριακό επίπεδο	17
3.1.1	Μορφολογικές τροποποιήσεις	17
3.1.1.1	Περιορίζεται η επιφάνεια των αναπτυσσόμενων φύλλων	17
3.1.1.2	Μεταβάλλεται ο λόγος υπέργειου / υπόγειου τμήματος του φυτού.	18
3.1.1.3	Αποβάλλονται τα γηραιότερα φύλλα, ώστε να περιορισθεί η διαπνέουσα επιφάνεια.	18
3.1.1.4	Μέσω κατάλληλων κινήσεων τροποποιείται το ενεργειακό ισοζύγιο του ελάσματος ώστε να αποφευχθεί η υπερθέρμανση του	19
3.1.1.5	Αυξάνονται οι αντιστάσεις στη ροή του νερού	20
3.2	Επίδραση Υδατικής Καταπόνησης στη βλάστηση και παραγωγή της αμπέλου	20
3.3	Φυσιολογικές τροποποιήσεις	24
3.3.1	Επηρεάζει τη δομή και λειτουργία των μεμβρανών και των ενζύμων	24
3.3.2	Η φωτοσυνθετική λειτουργία παρουσιάζεται εξαιρετικά ευαίσθητη έναντι της υδατικής καταπόνησης	25
3.3.3	Το αμπισικό οξύ προκαλεί κλείσιμο των στοματίων, ώστε να περιοριστούν άμεσα οι διαπνευστικές απώλειες	29
3.3.4	Έκφραση γονιδίων	30
3.4	Η άμπελος αντιμετωπίζει την υδατική καταπόνηση με	

	την στρατηγική της αποφυγής	32
3.5	Επίδραση Υδατικής Καταπόνησης στη σύσταση της σταφυλικής παραγωγής	33
3.6	Επίδραση Υδατικής Καταπόνησης στην ποιότητα της σταφυλικής παραγωγής	35
Κεφάλαιο 4	Διαχείριση της Υδατικής Κατάστασης ενός σύγχρονου αμπελώνα	36
4.1	Εισαγωγή	36
4.2	Προγραμματισμός Άρδευσης	37
4.2.1	Πότε πρέπει να ξεκινήσει η άρδευση	38
4.2.2	Ποια θα είναι η αρδευτική δόση	39
4.2.3	Πόσο συχνά πρέπει να πραγματοποιείται άρδευση	41
4.2.4	Αρδευτική Αποτελεσματικότητα και ομοιομορφία	41
4.3	Μέτρηση και παρακολούθηση του διαθέσιμου ύδατος, υδατικής κατάστασης των πρέμνων	42
4.4	Μακροσκοπική οπτική αξιολόγηση της κατάστασης των πρέμνων	43
4.5	Αρδευτική Στρατηγική	44
Κεφάλαιο 5	Υλικά και Μέθοδοι	47
5.1	Αμπελώνας	47
5.2	Σύστημα Άρδευσης	48
5.3	Πειραματικό σχέδιο	48
5.4	Εξατμισοδιαπνοή	50
5.5	Υδατικό Δυναμικό	51
5.6	Φωτοσύνθεση - Στοματική Αγωγιμότητα	52
5.7	Μετρήσεις στα σταφύλια κατά την συγκομιδή - Μετρήσεις στους παραγόμενους οίνους	52
Κεφάλαιο 6	Αποτελέσματα - Συζήτηση	54
6.1	Επιδράσεις στο Υδατικό Δυναμικό	54
6.2	Επιδράσεις στην Φωτοσύνθεση και Στοματική Αγωγιμότητα	69
6.3	Επιδράσεις στη σύνθεση των σταφυλιών κατά το τρυγητό και στην ποιότητα των παραγόμενων οίνων	70
	Παράρτημα Α - Έντυπο γευσιγνωσίας	77
	Βιβλιογραφία	78

1. Περίληψη

Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε, σε συνθήκες αμπελώνα (Syrah/140Ru.), η αξιολόγηση της επίδρασης του επιπέδου της υδατικής καταπόνησης στην ποσότητα και ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Εφαρμόστηκαν τέσσερις επεμβάσεις, **α** (100% άρδευση), **β** (65% άρδευση), **γ** (0% άρδευση), **δ** (35% άρδευση), που αντιστοιχούν στα ποσοστά κάλυψης των αναγκών του αμπελώνα σε νερό όπως αυτές προκύπτουν από τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής του. Παράλληλα, εξετάστηκαν και οι τρεις μέθοδοι μέτρησης του υδατικού δυναμικού (Ψ_{leaf} , Ψ_{stem} , Ψ_{PD}) ως προς την ευαισθησία τους να εκφράσουν το επίπεδο της υδατικής καταπόνησης των πρέμνων και την καταλληλότητα τους για χρήση τους στον προγραμματισμό άρδευσης.

Από τα αποτελέσματα του χρόνου πειραματισμού (2005), προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην επέμβαση **α** και τις υπόλοιπες επεμβάσεις, κατά την επιθυμητή τεχνολογική ωρίμανση των σταφυλιών, όσον αφορά στο μέγεθος της ράγας, στην συνολική παραγωγή των πρέμνων, στο pH, στην περιεκτικότητα σε σάκχαρα, και στην συγκέντρωση των ανθοκυανών. Από τα δεδομένα των αναλύσεων και της οργανοληπτικής αξιολόγησης των οίνων στις τέσσερις επεμβάσεις, φαίνεται να επιβεβαιώνονται οι διαφορές που βρέθηκαν στα σταφύλια και οι οποίες αναφέρονται στην ένταση του χρώματος και το pH. Όσον αφορά στις μεθόδους μέτρησης του υδατικού δυναμικού, τόσο το Ψ_{leaf} όσο και το Ψ_{stem} , φαίνεται να είναι εξίσου αποτελεσματικά για χρήση τους ως δείκτες, στον προγραμματισμό άρδευσης. Τα αποτελέσματα της εργασίας ενισχύουν τον καθοριστικό ρόλο που διαδραματίζει η υδατική διαχείριση του αμπελώνα, ως μέσον ελέγχου της ποιότητας και ποσότητας των παραγόμενων αμπελουργικών προϊόντων.

1. Υδατικές Σχέσεις

Η σημασία του νερού στην ζωή των φυτών γίνεται εύκολα αντιληπτή από το γεγονός ότι η περιεκτικότητά των φυτικών ιστών είναι πολύ μεγάλη και μπορεί να φτάσει και να υπερβεί το 90% του νωπού τους βάρους. Παρά την ποσοτική του αφθονία μέσα στο φυτικό σώμα, φαίνεται ότι το νερό αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη, αφού τα περισσότερα φυτά αντιδρούν ευνοϊκά σε αυτήν.

Το νερό είναι άριστος διαλύτης, συμμετέχει στη διαμόρφωση της λειτουργικής στερεοδομής των βιολογικών μακρομορίων και παίρνει ενεργό μέρος στον μεταβολισμό. Αποτελεί την πηγή του O_2 που εκλύεται κατά την φωτοσύνθεση και συμμετέχει στις αντιδράσεις υδρόλυσης. Παρ' όλη τη μεγάλη συγκέντρωση του στους φυτικούς ιστούς, συγκρινόμενο με τα υπόλοιπα συστατικά, είναι «παροδικό», αφού συνεχώς προσλαμβάνεται από το έδαφος για να εξατμισθεί από τις επίγειες φυτικές επιφάνειες, κυρίως τα φύλλα. Κατά την διάρκεια της ζωής του, ένα ετήσιο φυτό απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα ποσότητα νερού που μπορεί να ισοδυναμεί με αρκετές χιλιάδες φορές το βάρος του. Επίσης, το νερό στο εσωτερικό του φυτού κινείται μεταφέροντας συγχρόνως ανόργανες και οργανικές ουσίες από τα σημεία προσφοράς προς τα σημεία ζήτησης.

1.1. Μηχανισμοί μετακίνησης του νερού

1.1.1. Διάχυση

Η κίνηση του νερού όπως και κάθε άλλου υλικού σε κυτταρικό επίπεδο αποτελεί μια φυσική διεργασία η οποία διέπεται από τους νόμους της διάχυσης του A. Fick . Οι διεργασίες της διάχυσης διέπονται από την σχέση :

$$J_a = -D_a \Delta C/l$$

Όπου : D_a είναι ο συντελεστής διάχυσης, που εξαρτάται από την ευκινησία του μορίου a .

ΔC_a είναι η διαφορά συγκέντρωσης της ουσίας a .

l είναι η απόσταση στην οποία πραγματοποιείται η διάχυση.

Για την απλή διάχυση η διαφορά συγκέντρωσης αποτελεί την κινούσα δύναμη εκδήλωσης του φαινομένου, ενώ το αρνητικό πρόσημο οφείλεται στο γεγονός

ότι η διάχυση γίνεται προς την κατεύθυνση της χαμηλότερης συγκέντρωσης. Το φαινόμενο της απλής διάχυσης είναι σημαντικό για την μετακίνηση των μορίων μέσα στα φυτά, στις εξής περιπτώσεις :

- i. Διάχυση σε υγρή φάση εντός των ορίων του κυττάρου.
- ii. Διάχυση σε αέρια φάση ανεξαρτήτως αποστάσεων.

1.1.2. Ωσμωση

Η ώσμωση αποτελεί μια ειδική περίπτωση διάχυσης δια μέσου μιας εκλεκτικής διαπερατότητας μεμβράνης. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, η οσμωτική κίνηση είναι αυθόρμητη, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει η κινητήρια δύναμη που είναι η διαβάθμιση των συγκεντρώσεων. Και το φαινόμενο της ώσμωσης είναι υπεύθυνο για την κίνηση του νερού σε μικρές αποστάσεις.

1.1.3. Μαζική Ροή

Ένας άλλος τρόπος μετακίνησης του νερού είναι μέσω μαζικής ροής, κατά την οποία ομάδες μορίων (π.χ. νερό και διαλυμένες ουσίες) κινούνται ως απόκριση σε μια διαβάθμιση της πίεσης μεταξύ δύο σημείων. Η μαζική ροή, με κινητήρια δύναμη την πίεση, είναι ο κυριότερος μηχανισμός για την μετακίνηση του νερού στις μεγάλες αποστάσεις των αγγείων του ξύλου. Όταν η μαζική ροή πραγματοποιείται μέσα σε ένα σωλήνα τότε η ταχύτητα μετακίνησης της μάζας J_v είναι ανάλογη της ακτίνας r του σωλήνα και αντιστρόφως ανάλογη του ιξώδους η του υγρού. Η ταχύτητα μετακίνησης είναι ανάλογη της διαφοράς πίεσης ΔP και αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης ΔX ανάμεσα στα σημεία που πραγματοποιείται η ροή. Η εξίσωση του Poiseuille περιγράφει και συνδέει τα παραπάνω μεγέθη :

$$J_v = (\pi r^2 / 8\eta) (DP/DX)$$

Στο αμπέλι έχει βρεθεί ότι η παραπάνω εξίσωση περιγράφει με μεγάλη ακρίβεια την κίνηση του νερού μέσα στα αγγεία του ξύλου κυρίως λόγω της μορφολογίας τους (Wilkins, 1985). Σημειώνεται ότι η μαζική ροή προς μια κατεύθυνση λόγω διαφοράς πιέσεων μπορεί να συνυπάρχει με μια αντίθετη κλιμάκωση συγκεντρώσεων. Σε αυτή την περίπτωση και για μεγάλες αποστάσεις, η μαζική ροή θα υπερνικήσει την αντίθετη μετακίνηση λόγω διάχυσης.

1.2. Υδατικό δυναμικό

Το υδατικό δυναμικό Ψ και εκφράζει την ελεύθερη ενέργεια του

νερού ή την ικανότητα παραγωγής έργου. Το υδατικό δυναμικό είναι σχετικό μέγεθος, εκφράζοντας πάντοτε τη διαφορά του δυναμικού του νερού σε δεδομένη κατάσταση σε σχέση με μια άλλη πρότυπη κατάσταση. Ως πρότυπη κατάσταση έχει οριστεί αυτή του καθαρού (απεσταγμένου) νερού, όταν βρίσκεται υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Ως τιμή υδατικού δυναμικού της πρότυπης κατάστασης ορίζεται αυθαίρετα το μηδέν. Κατά συνέπεια, το υδατικό δυναμικό μιας δεδομένης κατάστασης μπορεί να πάρει θετικές ή αρνητικές τιμές.

Το παραγόμενο έργο στην περίπτωση που εξετάζουμε, είναι αυτή καθ' αυτή η μετακίνηση του νερού, η οποία γίνεται πάντα προς την κατεύθυνση εκείνη προς την οποία μπορεί εν δυνάμει να παραχθεί έργο και να απελευθερωθεί ενέργεια. Αυτό σημαίνει ότι, αν για οποιαδήποτε λόγο υπάρχουν μάζες νερού με διαφορετικό δυναμικό σε δύο περιοχές (ή σημεία) του φυτικού σώματος, θα λάβει χώρα αυθόρμητη μεταφορά νερού από την περιοχή με υψηλό δυναμικό προς αυτήν με χαμηλό δυναμικό. Η μεταφορά είναι αυθόρμητη, δηλαδή δεν απαιτείται κατανάλωση ενέργειας. Ενδεχομένως όμως, να απαιτείται κατανάλωση ενέργειας από πλευράς φυτού, ώστε να αποκατασταθούν σε διάφορα σημεία του διαφορετικά υδατικά δυναμικά.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το υδατικό δυναμικό του νερού Ψ_w είναι :

- Η συγκέντρωση του νερού (Ψ_s)
- Η πίεση (Ψ_p)
- Η βαρύτητα (Ψ_g)

και δίνεται από την σχέση : $\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_g$

1.3. Η χρήση του υδατικού δυναμικού στην εκτίμηση της υδατικής κατάστασης των φυτών.

Το υδατικό δυναμικό του εδάφους, της ατμόσφαιρας ή ενός φυτικού ιστού είναι δυνατόν σε κάθε περίπτωση να εκτιμηθεί ποσοτικά με μια σειρά μεθόδων. Η γνώση του υδατικού δυναμικού σε δύο περιοχές υποδεικνύει την κατεύθυνση μετακίνησης του νερού, αφού θα κινηθεί από περιοχές με υψηλό προς αυτές με χαμηλό δυναμικό. Αυτό ισχύει σε όλο το υδατικό συνεχές εδάφους - φυτού - ατμόσφαιρας. Σύμφωνα με τα παραπάνω, για να υπάρχει κίνηση νερού από το έδαφος προς την ατμόσφαιρα δια μέσου των φυτών, θα πρέπει οι ρίζες να διατηρούν χαμηλότερο δυναμικό από αυτό του εδάφους, τα

φύλλα χαμηλότερο από αυτό των ριζών και η ατμόσφαιρα χαμηλότερο από αυτό των φύλλων. Επειδή το Ψ του εδάφους ποικίλει ανάλογα με τις βροχοπτώσεις, την άρδευση κ.α., το Ψ των φυτών θα πρέπει να μεταβάλλεται ανάλογα. Όταν π.χ. το έδαφος γίνεται ξηρότερο, το Ψ των ελαττώνεται και παραμένει πάντοτε χαμηλότερο από αυτό του εδάφους. Σε αντίθετη περίπτωση, το έδαφος θα άρχιζε να απορροφά νερό από το φυτό.

Η τιμή του υδατικού δυναμικού αποτελεί ένδειξη πιθανής υδατικής καταπόνησης ενός ιστού ή ενός οργάνου. Για κάθε φυτό υπάρχει ένα Ψ κάτω από το οποίο σταματούν ζωτικές λειτουργίες του. Προφανώς, η κρίσιμη τιμή εξαρτάται από το είδος του φυτού και την ικανότητα προσαρμογής του σε ξηρά περιβάλλοντα. Ήπια έλλειψη νερού οδηγεί σε αναστολή της αύξησης. Μεγάλη έλλειψη οδηγεί σε κλείσιμο των στοματίων και εμμέσως σε μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και σε αναστολή της κυτταρικής διαίρεσης, της σύνθεσης πρωτεϊνών και άλλων δομικών και λειτουργικών βιομορίων. Ακόμη σοβαρότερη έλλειψη νερού έχει άμεσα αποτελέσματα στην ενεργότητα των ενζύμων. Κατά συνέπεια, η μέτρηση του Ψ ενός φυτού μπορεί να προσδιορίσει το μέγεθος της υδατικής καταπόνησης.

Μερικές χαρακτηριστικές τιμές του Ψ φαίνονται στον πίνακα 1 :

Πίνακας 1. Ενδεικτικές τιμές του Ψ στο υδατικό συνεχές εδάφους- φυτού - ατμόσφαιρας (Μανέτας, 2003)

Μέσο	Υδατικό δυναμικό (Ψ) σε ΜΡα
Καθαρό νερό	0,0
Θαλασσινό νερό	-2,5
Μέσο έδαφος καλά ποτισμένο	-0,1
Ρίζες	-0,2
Φύλλα το πρωί	-0,2 έως -0,3
Φύλλα το μεσημέρι	-0,6
Ξηρά σπέρματα	-20,0
Ατμόσφαιρα ($\Sigma Y=100\%$)	0,0
Ατμόσφαιρα ($\Sigma Y=80\%$, $\theta = 15\text{ C}$)	-29,7
Ατμόσφαιρα ($\Sigma Y=50\%$, $\theta = 30\text{ C}$)	-97,1

Η μετακίνηση του νερού διαμέσου του υδατικού συνεχούς παρουσιάζει μια σταδιακή πτώση του Ψ από το έδαφος προς την ατμόσφαιρα και

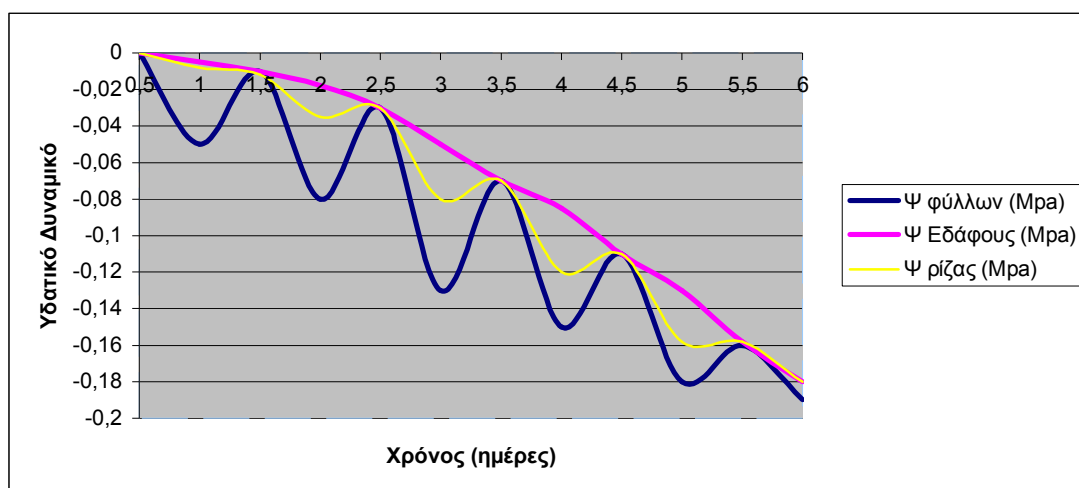
συμπεριλαμβάνει μια σειρά αντιστάσεων (r) σε κάθε τμήμα του συστήματος. Έτσι η ροή του νερού, κατά αναλογία του νόμου του Ohm, μπορεί περιγραφεί από την σχέση :

$$\begin{aligned} J_v = \Delta\Psi/r &= (\Psi_{\text{εδάφους}} - \Psi_{\text{ρίζας}})/r_1 = (\Psi_{\text{ρίζας}} - \Psi_{\text{βλαστού}})/r_2 = \\ &= (\Psi_{\text{βλαστού}} - \Psi_{\text{φύλλου}})/r_3 = (\Psi_{\text{φύλλου}} - \Psi_{\text{ατμόσφαιρας}})/r_4 = \\ &= (\Psi_{\text{εδάφους}} - \Psi_{\text{ατμόσφαιρας}})/(r_1+r_2+r_3+r_4) \end{aligned}$$

Το μεγαλύτερο μέρος των αντιστάσεων οφείλεται στην υδραυλική αρχιτεκτονική του φυτού, η οποία εξαρτάται κυρίως από το σχήμα, το μέγεθος και την κατανομή των αγγείων του ξύλου, την διαπερατότητα των βοθρίων που τα συνδέουν, καθώς και από το συνολικό μήκος και σχήμα του αγγειακού συστήματος του φυτού (μέγεθος και σχήμα του πρέμνου). Οι αντιστάσεις (r), μειώνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας και την μεταφορά θρεπτικών ιόντων (κυρίως K^+). Με άλλα λόγια, μια υψηλότερη συγκέντρωση θρεπτικών ιόντων στο ανιόν ρεύμα αυξάνει την ροή του, ενώ αντίστροφα, τροφοπενία θρεπτικών μειώνει δραματικά την ροή ακόμη και σε καταστάσεις κάλυψης των αναγκών με νερό με άρδευση.

Το Ψ του εδάφους μειώνεται σταδιακά, χωρίς διακυμάνσεις, ενώ των φύλλων και της ρίζας παρουσιάζει ημερονύκτιες διακυμάνσεις όπως φαίνεται στο διάγραμμα 1.

Διάγραμμα 1. Χρονοδιάγραμμα των μεταβολών του Ψ στο έδαφος, τη ρίζα και τα φύλλα. (Wilkins, 1985).



Αρχικά το έδαφος ήταν καλά ποτισμένο αλλά σε χρόνο 0 το πότισμα σταμάτησε. Στη διάρκεια της ημέρας, τα στομάτια ανοίγουν. Επειδή η ποσότητα του νερού που χάνεται μέσω της διαπνοής υπερβαίνει την

ικανότητα αντικατάστασης του νερού αυτού μέσω του αγωγού συστήματος, το Ψ της ρίζας και των φύλλων μειώνεται. Επομένως το $\Delta\Psi$ μεταξύ των φύλλων και του εδάφους μεγαλώνει προκαλώντας αύξηση της ταχύτητας άντλησης του νερού από το έδαφος. Κατά την διάρκεια της νύχτας τα στομάτια κλείνουν, η διαπνοή σταματά και κατά συνέπεια, το Ψ της ρίζας και των φύλλων σταδιακά αυξάνεται μέχρι να εξισωθεί με αυτό του εδάφους. Καθώς η αποξήρανση του εδάφους συνεχίζεται η νυχτερινή περίοδος δεν επαρκεί για την αποκατάσταση του Ψ των φύλλων, τα στομάτια παραμένουν κλειστά και κατά την διάρκεια της ημέρας. Σε τιμή $\Psi_{\text{φυλλου}} = -0,15 \text{ MPa}$ επέρχεται μόνιμη μάρανση, δηλαδή το νερό στα φύλλα είναι τόσο λίγο που πλέον θίγονται βασικές κυτταροπλασματικές λειτουργίες και απειλείται και η ίδια η ζωή του φυτού.

Η μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων χρησιμοποιείται ως δείκτης της υδατικής κατάστασης των φυτών. Στον αγρό αυτή η μέτρηση πραγματοποιείται με ένα όργανο που καλείται θάλαμος πίεσης το οποίο σχεδιάστηκε αρχικά από τον Scholander κ.α. (1965). Το όργανο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση του υδατικού δυναμικού της αμπέλου με τρεις διαφορετικές μεθοδολογίες:

1. Με την μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων πριν την αυγή (**Ψ_{PD}**). Μετράται ουσιαστικά η υδατική κατάσταση των πρέμνων ενώ οι απώλειες είναι μηδενικές (στομάτια κλειστά) και παρέχει πληροφορίες για το δυναμικό του εδαφικού ύδατος, καθώς θεωρείται ότι το υδατικό δυναμικό την αυγή είναι ίσο με αυτό του εδάφους.
2. Με την μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων το ηλιακό μεσημέρι (**Ψ_{leaf}**). Η μέτρηση αυτή σε ένα και μοναδικό φύλλο εκφράζει την υδατική κατάσταση του φύλλου και εξαρτάται από το έλλειμμα υδρατμών της ατμόσφαιρας, την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, την διαθεσιμότητα του νερού, την υδραυλική αγωγιμότητα του φυτού και την κατάσταση των στοματίων .
3. Με την μέτρηση του υδατικού δυναμικού του βλαστού (**Ψ_{stem}**) . Η μέτρηση αυτή γίνεται το ηλιακό μεσημέρι σε φύλλο που δεν διαπνέει ώστε το υδατικό δυναμικό του να εξισωθεί με αυτό του βλαστού που το φέρει. Η ημερήσια μεταβολή του, είναι αποτέλεσμα της συνολικής διαπνοής του φυτού, και της εδαφικής και ριζικής-εδαφικής υδραυλικής αγωγιμότητας.

Κατά τους Williams και Araujo (2002), και οι τρεις μέθοδοι μέτρησης

του υδατικού δυναμικού, αποτελούν εξίσου αξιόπιστους δείκτες μέτρησης της υδατικής κατάστασης των πρέμνων ενός αμπελώνα. Συγχρόνως βρέθηκε ότι και οι τρεις συσχετίζονται με παρόμοιο τρόπο με ταυτόχρονες μετρήσεις του υδατικού δυναμικού του εδάφους, της εναλλαγής αερίων κατά την φωτοσύνθεση καθώς και μεταξύ τους. Σε άλλη έρευνα ο Chone, κ.α., (2001) θεωρούν πιο αξιόπιστους δείκτες την μέτρηση του υδατικού δυναμικού της αυγής και του βλαστού. Πιο συγκεκριμένα ισχυρίζονται ότι είναι πρώτα το Ψstem και μετά το ΨPD τα οποία δείχνουν γρηγορότερα την υδατική στέρση ενώ το Ψleaf είναι λιγότερο ευαίσθητος δείκτης . Και στις δύο εργασίες θεωρείται ότι η χρήση του θαλάμου πίεσης για την μέτρηση της υδατικής κατάστασης των πρέμνων ενός αμπελώνα, αποτελεί μια αξιόπιστη μεθοδολογία για την διαχείριση της άρδευσης ενός αμπελώνα.

1.4. Φυσιολογία της πρόσληψης και μεταφοράς του νερού

Η πρόσληψη του νερού από τις ρίζες και η μεταφορά του στους βλαστούς κατά την μετάβαση από τη χειμερία ανάπαυση στην έκπτυξη και ανάπτυξη της νέας βλάστησης την άνοιξη, στην άμπελο, προωθείται αρχικά από την θετική ριζική πίεση. Αυτή η θετική ριζική πίεση προκαλείται από την κινητοποίηση αποθηκευμένων θρεπτικών στοιχείων και σακχάρων από την υδρόλυση του αμύλου, τα οποία διοχετεύονται στα αγγεία του ξύλου αυξάνοντας το οσμωτικό δυναμικό τους. Η δημιουργούμενη θετική ριζική πίεση, διαλύει και διώχνει τις φυσαλίδες αέρα που έχουν εγκλωβιστεί στο αφυδατωμένο ξύλο αποκαθιστώντας την λειτουργία των αγγείων και συγχρόνως ενυδατώνει τους οφθαλμούς ώστε να μπορέσουν να εκπτυχθούν. Αμέσως μετά την έκπτυξη, η διαπνοή των αναπτυσσόμενων φύλλων δημιουργεί μια αρνητική πίεση (τάση), η οποία εξασφαλίζει την ανοδική κίνηση του νερού μέσω των αγγείων του ξύλου. Συνεπώς, το νερό κινείται από το έδαφος προς τις ρίζες εξαιτίας της μύζησης του από την επιφάνεια των ριζών, η οποία επιτυγχάνεται μέσω ώσμωσης (ριζική πίεση) ή υδροστατικά (αρνητική τάση). Κατά την μεγαλύτερη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, η διαπνοή είναι η κύρια δύναμη που διασφαλίζει την ανοδική κίνηση του νερού από την ρίζα προς τα φύλλα, ενάντια στην δύναμη της βαρύτητας (Keller, 2005).

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το νερό θα κινηθεί από το έδαφος στο πρέμνο για όσο χρόνο το δυναμικό στα αγγεία του ξύλου της ρίζας (Ψρίζας) είναι

χαμηλότερο από το υδατικό δυναμικό του εδάφους (Ψεδάφους), και από τα αγγεία του ξύλου προς τα φύλλα για όσο χρόνο το Ψleaf έχει τιμή χαμηλότερη από αυτή των αγγείων. Το Ψleaf καλά ποτισμένου πρέμνου ελαττώνεται κατά την διάρκεια της ημέρας ακολουθώντας συγχρόνως το άνοιγμα των σταματιών την ανατολή και το κλείσιμο αυτών την δύση καθώς και το έλλειμμα κορεσμού της ατμόσφαιρας. Η διαπνοή του νερού είναι ελάχιστη κατά την διάρκεια της νύκτας οπότε και παρουσιάζεται το μέγιστο ημερήσιο Ψleaf. Με άλλα λόγια το Ψεδάφους προσδιορίζει και το μέγιστο Ψleaf όταν η διαπνοή είναι σχεδόν μηδενική (Ψleaf=ΨPD) κατά την διάρκεια της νύκτας. Η απορρόφηση νερού από τις ρίζες και η μεταφορά του στους βλαστούς, γίνεται όλο και πιο δύσκολη καθώς το έδαφος ξηραίνεται. Για να μπορέσει να επιτύχει το πρέμνο, $\Delta\Psi$ ικανό για την κίνηση του νερού, πρέπει το Ψleaf να ελαττωθεί έτσι ώστε τελικά το ΨPD μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης του δυναμικού του νερού του εδάφους. Η διαπνοή κατά την διάρκεια της ημέρας έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του Ψleaf σε τιμές χαμηλότερες από το ΨPD, και το Ψleaf σε μια δεδομένη ώρα της ημέρας είναι το αποτέλεσμα της τιμής του Ψεδάφους σε συνδυασμό με την διαπνοή όπως αυτή επηρεάζεται από το έλλειμμα κορεσμού της ατμόσφαιρας.

Για να μπορέσει να υπάρξει η κίνηση του ανοδικού ρεύματος, θα πρέπει η στήλη ύδατος να είναι και να παραμείνει συνεχής. Υπάρχει περίπτωση όμως η στήλη να διακοπεί όταν υπάρξουν συνθήκες πολύ μεγάλης τάσης (όπως είναι αυτές που συμβαίνουν λόγω αυξημένης ταχύτητας του ανέμου ή υψηλών θερμοκρασιών ή και τα δύο σε συνδυασμό με ξηρό έδαφος) ή όταν η τάση ξαφνικά εκτονωθεί (όπως συμβαίνει κατά την αφαίρεση βλαστού, φύλλου ή σταφυλιού). Η δημιουργία αυτών των κενών στα αγγεία του ξύλου με την παρεμβολή αέρα ή υδρατμών καλείται εμβολή και αυξάνει δραματικά την αντίσταση (r). Το αποτέλεσμα είναι ότι τα αγγεία του ξύλου χάνουν την λειτουργικότητά τους κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε αφυδάτωση της κόμης. Προκειμένου να διαλυθούν οι σχηματιζόμενες φυσαλίδες και να αποκατασταθεί το συνεχές της στήλης νερού μέσα στα αγγεία, πρέπει η πίεση στα αγγεία του ξύλου να αυξηθεί και να φτάσει κοντά στην ατμοσφαιρική ή και πιο πάνω. Αν η εμβολή συμβεί στον κορμό, η επιδιόρθωση απαιτεί θετική ριζική πίεση ή υδρόλυση του αμύλου και παροχή των σακχάρων στα αγγεία του ξύλου. Ευτυχώς ο κορμός και οι βλαστοί είναι ελάχιστα επιρρεπείς στον σχηματισμό εμβολών σε σχέση με τα μικρά αγγεία στα φύλλα όπου όμως η υψηλή συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών, επιδιορθώνει τις εμβολές ταχύτατα. Το αγγειακό σύστημα του ξύλου στην ρίζα είναι πολύ πιο ευάλωτο στον

σχηματισμό εμβολών από το αντίστοιχο στους βλαστούς, κάτι που μπορεί να είναι ένα πρόβλημα σε περιπτώσεις αβαθούς ριζικού συστήματος καθώς το έδαφος ξηραίνεται από την επιφάνεια προς τα κάτω. Η ζημιά στην υπέργεια βλάστηση μπορεί να αποφευχθεί όταν υπάρχουν ρίζες σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους, αφού ο σχηματισμός εμβολών στις επιφανειακές ρίζες, θα ωθήσει το φυτό στην πρόσληψη του νερού από αυτά τα πιο υγρά στρώματα του. Επιπλέον, πρέμνα τα οποία αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες μέτριας υδατικής καταπόνησης κατασκευάζουν ξυλώδη αγγεία με μικρότερη διάμετρο από ότι πρέμνα που έχουν στην διάθεση τους άφθονο νερό. Η μικρότερη διάμετρος των αγγείων αυξάνει την αντίσταση (r), η οποία έχει ως αποτέλεσμα την μικρότερη απώλεια νερού και την αυξημένη αντίσταση στην δημιουργία εμβολών.

Η απορρόφηση του νερού είναι ανάλογη της επιφάνειας του ριζικού συστήματος των πρέμνων. Εξαιτίας της δημιουργίας πολύ πυκνού ριζικού συστήματος στο επιφανειακό έδαφος, η άμπελος μπορεί να απορροφήσει ιδιαίτερα αποτελεσματικά το νερό από τα επιφανειακά αυτά στρώματα του εδάφους. Η εξαγωγή νερού από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους είναι πιο δύσκολη γι' αυτό και το επιφανειακό έδαφος ξηραίνεται πιο γρήγορα. Κάτω από ξερικές συνθήκες, οι ρίζες συνεχίζουν να αναπτύσσονται σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους όπου υπάρχει διαθέσιμη υγρασία, ενώ σε αρδευόμενα πρέμνα το ριζικό σύστημα περιορίζεται κυρίως στην επιφάνεια.

2. Αβιοτικοί Παράγοντες Καταπόνησης

Κατά την διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου τα φυτά εκτίθενται πολλές φορές σε αντίξοες συνθήκες οι οποίες επηρεάζουν δυσμενώς τόσο την ανάπτυξη, όσο και την ίδια τους την επιβίωση. Ο όρος **καταπόνηση** αναφέρεται στην επίδραση δυσμενών παραγόντων του περιβάλλοντος, οι οποίοι τείνουν να παρεμποδίσουν την εύρυθμη λειτουργία φυσιολογικών μηχανισμών. Επομένως η εμφάνιση δυσλειτουργιών σε ένα φυτικό οργανισμό αποτελεί ένδειξη ύπαρξης παραγόντων καταπόνησης στο περιβάλλον του.

Κάθε φυτικός οργανισμός έχει προσαρμοστεί μέσω της εξέλιξης να αναπτύσσεται χωρίς προβλήματα μέσα σε καθορισμένα όρια συνθηκών του περιβάλλοντος . Εάν επομένως παραβιαστούν τα βέλτιστα αυτά όρια, ο φυτικός οργανισμός θα επιβαρυνθεί και θα εμφανίσει τα πρώτα συμπτώματα καταπόνησης. Σε συνθήκες έντονης καταπόνησης παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις από τις βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης, καθώς και πρόσκαιρες ή/ και μόνιμες επιδράσεις σε όλα τα επίπεδα λειτουργίας ενός φυτικού οργανισμού.

Συνήθως ένας παράγοντας καταπόνησης επηρεάζει περισσότερες της μίας φυσιολογικές λειτουργίες. Από την άλλη πλευρά η αλληλεπίδραση περισσότερων του ενός παραγόντων καταπόνησης, δημιουργεί εξαιρετικά πολύπλοκες φυσιολογικές αντιδράσεις στα φυτά.

Τα φυτά αντιδρούν στην ύπαρξη ενός ή περισσότερων παραγόντων καταπόνησης στο περιβάλλον τους μέσω κατάλληλων μηχανισμών οι οποίοι τους επιτρέπουν να επιβιώσουν. Οι μηχανισμοί αυτοί περιλαμβάνουν τροποποιήσεις μορφολογικών ή φυσιολογικών χαρακτηριστικών , αναγκαίες για την αντιμετώπιση της καταπόνησης. Σε αντίθεση με τα ζώα, τα φυτά δεν έχουν τη δυνατότητα να αντεπεξέλθουν στις αντίξοες συνθήκες μέσω φυγής, και γι' αυτό ενδεχομένως το λόγο έχουν αναπτύξει περισσότερες της μίας στρατηγικές αντιμετώπισης των καταπονήσεων. Με τον όρο **στρατηγική** περιγράφεται μια ακολουθία μηχανισμών οι οποίοι καθορίζονται γενετικά και δίδουν την δυνατότητα σε έναν φυτικό οργανισμό να επιβιώνει σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. Σε γενικές γραμμές διακρίνουμε τρεις κύριες

1. Διαφυγή.

Τα φυτά τα οποία έχουν επιλέξει τη στρατηγική αυτή αποτελούν ετήσιες μορφές ζωής που ολοκληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο μέσα στην ευνοϊκή περίοδο κατά την οποία ο παράγων καταπόνησης δεν υφίσταται.

2. Ανθεκτικότητα.

Παρουσία του ή των παραγόντων καταπόνησης τα φυτά διατηρούν υψηλή μεταβολική δραστηριότητα, συγκρίσιμη με εκείνη η οποία παρατηρείται στις βέλτιστες συνθήκες.

3. Αποφυγή.

Παρουσία του ή των παραγόντων καταπόνησης τα φυτά διαθέτουν μηχανισμούς οι οποίοι αμβλύνουν τις επιπτώσεις της καταπόνησης.

Η επιλογή της επιμέρους στρατηγικής από το κάθε φυτό ώστε να αντεπεξέλθει έναν συγκεκριμένο παράγοντα καταπόνησης, προϋποθέτει και τις κατάλληλες τροποποιήσεις σε επίπεδο δομών ή / και λειτουργιών. Εάν οι τροποποιήσεις καθορίζονται γενετικά και εμφανίζονται μέσω της επιλογής για ένα διάστημα αρκετών γενεών, περιγράφονται με τον όρο **προσαρμογή**. Η προσαρμογή προσδίδει ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα στο συγκεκριμένο είδος όταν στο περιβάλλον επικρατεί ένας ή περισσότεροι παράγοντες καταπόνησης.

Ο **εγκλιματισμός** αναφέρεται σε επίκτητες τροποποιήσεις μορφολογικών ή /και φυσιολογικών χαρακτηριστικών οι οποίες συμβαίνουν κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου ενός φυτικού οργανισμού ως απάντηση στην ύπαρξη ενός ή περισσότερων παραγόντων καταπόνησης. Θα πρέπει στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι η ικανότητα εγκλιματισμού αποτελεί γενετικά καθοριζόμενο χαρακτηριστικό, ωστόσο οι επαγόμενες τροποποιήσεις δεν μεταβιβάζονται ως χαρακτήρας στην επόμενη γενεά. Σε πολλές περιπτώσεις αλληλεπιδρούν περισσότεροι του ενός παράγοντες καταπόνησης. Είναι δε χαρακτηριστικό ότι συχνά εμφανίζεται το φαινόμενο της διασταυρούμενης ανθεκτικότητας δηλ. να επάγεται η ανθεκτικότητα έναντι ενός παράγοντα καταπόνησης μέσω του εγκλιματισμού σε άλλο παράγοντα (π.χ εγκλιματισμός της αμπέλου σε χαμηλές θερμοκρασίες κατά την βλαστική περίοδο επιφέρει ανθεκτικότητα και στην υδατική καταπόνηση) .

Ανεξάρτητα από το είδος του παράγοντα που προκαλεί μια καταπόνηση,

η φυσιολογική διαδικασία που έχει ως τελικό αποτέλεσμα την αντιμετώπιση των δυσμενών συνθηκών ακολουθεί συνήθως μια ορισμένη σειρά γεγονότων . Τα φυτά αντιλαμβάνονται τα εξωτερικά ερεθίσματα (π.χ. ελάττωση του δυναμικού του νερού, ακραίες τιμές θερμοκρασίας) μέσω εξειδικευμένων δεκτών ή αισθητηρίων. Ο δέκτης μεταβάλλει ορισμένες ιδιότητες του, σηματοδοτώντας την έναρξη μιας ακολουθίας διαδικασιών εγκλιματισμού (εμφάνιση απάντησης). Επομένως το στάδιο της αντίληψης περιλαμβάνει τις μεταβολές στις ιδιότητες του δέκτη που τις προκαλεί ένα συγκεκριμένο εξωτερικό ερέθισμα. Το στάδιο της μεταγωγής αφορά σε όλα τα γεγονότα τα οποία μεσολαβούν από την αντίληψη του ερεθίσματος ως την εμφάνιση της απάντησης. Κατά το στάδιο της μεταγωγής παρατηρούνται τα εξής :

1. Ο δέκτης επάγει ελεγχόμενες μεταβολικές αλλαγές.
2. Διαβιβάζονται μηνύματα από την περιοχή του δέκτη σε μια ορισμένη περιοχή απάντησης.
3. Κατά κανόνα η απάντηση εξαρτάται από το μέγεθος της δόσης (της έντασης του ερεθίσματος)

2.1. Η ανάπτυξη μηχανισμών άμυνας έναντι των καταπονήσεων απαιτεί δαπάνη ενέργειας

Η ιστορία της εξέλιξης των φυτικών οργανισμών κατέγραψε μια συνεχή προσπάθεια προσαρμογής τους σε καταπονήσεις που ασκούνται από το αβιοτικό και βιοτικό περιβάλλον. Οι τροποποιήσεις οι οποίες επιβάλλονται σε λειτουργικό επίπεδο λόγω ύπαρξης παραγόντων καταπόνησης φαίνεται ότι αποτελούν το προϊόν του κατάλληλου συγκερασμού μεταξύ παραγωγικότητας και επιβίωσης. Η επιβίωση στις συνθήκες αυτές επιβάλλει μεταβολικές τροποποιήσεις , επομένως σύνθεση μεταβολιτών με ορισμένο ενεργειακό κόστος. Τόσο η κατασκευή αμυντικών δομών, όσο και η σύνθεση κάθε επιμέρους δευτερογενή μεταβολίτη ο οποίος συμμετέχει σε αμυντικούς μηχανισμούς παρουσιάζουν ένα ενεργειακό κόστος συνήθως υψηλό. Ανάλογα υψηλό είναι και το ενεργειακό κόστος που παρουσιάζουν και οι μεταβολικές τροποποιήσεις που έχουν σαν στόχο την επίτευξη κυτταρικής ομοιόστασης ώστε να αντιμετωπιστούν οι κάθε είδους αντίξοες συνθήκες του περιβάλλοντος (Καραμπουρνιώτης, 2003).

3. Υδατική Καταπόνηση

Οι επιδράσεις της υδατικής καταπόνησης εξετάζονται υπό το πρίσμα της έλλειψης και όχι της περίσσειας νερού, αφού οι επιπτώσεις της τελευταίας αφορούν κυρίως σε καταπόνηση από έλλειψη οξυγόνου.

Η υδατική καταπόνηση εμφανίζεται είτε με τη μορφή της αφυδάτωσης (ως σύμπτωμα της ξηρασίας) είτε της οσμωτικής καταπόνησης (ως σύμπτωμα της αλατότητας). Το κοινό χαρακτηριστικό και των δύο περιπτώσεων είναι η διαμόρφωση χαμηλού δυναμικού του νερού στους φυτικούς ιστούς (Munns, 2002).

Η ξηρασία ως κλιματικός παράγων, είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού της περιορισμένης διαθεσιμότητας νερού (ατμόσφαιρα ή /και έδαφος) και της απώλειας του (μέσω εξατμισοδιαπνοής).

Ανάλογα με τη στρατηγική προσαρμογής των φυτικών ειδών στο επί μέρους υδατικό περιβάλλον, μπορούν να καταχωρηθούν σε τέσσερις κατηγορίες :

- **Υδρόφυτα**

Τα φυτά αυτά στην διάρκεια της ανάπτυξης τους καλύπτονται, μερικώς ή ολικώς από νερό. Τα φυτά αυτά δεν διαθέτουν αμυντικούς μηχανισμούς προστασίας έναντι απωλειών νερού. Αντίθετα διαθέτουν κατάλληλους μηχανισμούς ώστε να αντιμετωπίζουν επιτυχώς τις συνθήκες περίσσειας νερού. Χαρακτηριστικοί εκπρόσωποι : φυτά ποταμών, λιμνών και θαλασσών. Επιλέγουν τη στρατηγική της διαφυγής.

- **Υγρόφυτα**

Αποικίζουν περιβάλλοντα των οποίων η ατμόσφαιρα είναι πλούσια σε υδρατμούς και η διαθεσιμότητα του νερού του εδάφους υψηλή. Κατά κανόνα δεν διαθέτουν μηχανισμούς ελέγχου των απωλειών νερού και χαρακτηρίζονται ως σκιοφυτά. Χαρακτηριστικοί εκπρόσωποι : Βρύα, λειχήνες, πτέριδες. Άλλα είδη έχουν επιλέξει την στρατηγική της διαφυγής και άλλα της ανθεκτικότητας .

- **Μεσόφυτα**

Είναι τα φυτά που αναπτύσσονται σε βιότοπους όπου το κλίμα παρουσιάζει περιοδικότητα, δηλαδή όπου υπάρχει κανονική εναλλαγή μεταξύ εποχής

ευνοϊκής για την ανάπτυξη των φυτών ή δυσμενούς εξαιτίας της ξηρασίας ή του κρύου. Επομένως η ανάπτυξη των φυτών αυτών ευνοείται σε εύκρατα κλίματα. Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες : μονοετείς πόες, διετείς και πολυετείς πόες και πολυετή ξυλώδη φυτά. Τα ξυλώδη μεσόφυτα είναι συνήθως φυλλοβόλα. Έτσι κυρίως προστατεύονται από το κρύο και την ξηρασία. Αποικίζουν περιβάλλοντα με παροδικά υψηλή ή μέτρια υγρή ατμόσφαιρα και σχετικά επαρκή διαθεσιμότητα νερού. Διαθέτουν μηχανισμούς ελέγχου των απωλειών νερού και οργανωμένο ριζικό σύστημα. Χαρακτηριστικοί εκπρόσωποι : Τα περισσότερα καλλιεργούμενα φυτά ανάμεσα στα οποία και η άμπελος (Νταβίδης, 1976). Τα περισσότερα χαρακτηρίζονται από τη στρατηγική της αποφυγής ή της διαφυγής.

- **Ξηρόφυτα**

Ως ξηρόφυτα χαρακτηρίζονται φυτικά είδη τα οποία έχουν την ικανότητα να αντεπεξέρχονται στις δυσμενείς επιπτώσεις έλλειψης νερού στο περιβάλλον τους. Επιλέγουν συνήθως την στρατηγική της ανθεκτικότητας ή της αποφυγής.

Η παραγωγικότητα ή / και επιβίωση των φυτών σε συνθήκες έλλειψης νερού εξαρτάται αφενός μεν από την ένταση και τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης, αφετέρου από κρίσιμα χαρακτηριστικά του φυτικού οργανισμού, όπως :

1. Από την ικανότητα άντλησης νερού από το έδαφος
2. Από την αποδοτικότητα χρήσης νερού (**Water Use Efficiency**) . Η αποδοτικότητα χρήσης νερού εκφράζεται ως το πηλίκο της φωτοσυνθετικής ταχύτητας προς το ρυθμό της διαπνοής.
3. Από την ικανότητα εγκλιματισμού.

3.1. Η υδατική καταπόνηση προκαλεί σοβαρές διαταραχές σε μορφολογικό, φυσιολογικό και μοριακό επίπεδο.

Η έλλειψη νερού στο περιβάλλον της ρίζας έχει σημαντικές επιπτώσεις σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης ενός φυτικού οργανισμού. Τα πρώτα συμπτώματα έλλειψης νερού γίνονται εμφανή σε σύντομο χρονικό διάστημα και οφείλονται σε διαταραχές ορισμένων λειτουργιών. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα συμπτώματα αυτά είναι κοινά σε όλα τα φυτά και αποτελούν ταυτόχρονα και τους στοιχειώδεις **μηχανισμούς εγκλιματισμού** με τους οποίους αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο πλήρους αφυδάτωσης.

(Καραμπουρνιώτης, 2003)

3.1.1. Μορφολογικές Τροποποιήσεις

3.1.1.1. Περιορίζεται η επιφάνεια των αναπτυσσόμενων φύλλων

Η διάταση των κυττάρων, ιδιαίτερα των μεριστωματικών ιστών, αποτελεί ένα μηχανισμό εξαιρετικά ευαίσθητο στην έλλειψη νερού, επειδή εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη επαρκούς πίεσης σπαργής. Η παρεμπόδιση της διάτασης των κυττάρων αποτελεί το πρώτο ορατό σύμπτωμα της αφυδάτωσης. Επειδή η έκπτυξη των φύλλων εξαρτάται και από την διάταση των κυττάρων, η υδατική καταπόνηση έχει ως βραχυπρόθεσμο αποτέλεσμα να περιορίζεται σημαντικά η φυλλική επιφάνεια. Ο περιορισμός της φυλλικής επιφάνειας θεωρείται ως η πρώτη γραμμή άμυνας έναντι των απωλειών νερού, αφού έχει ως αναγκαστικό αποτέλεσμα την ελάττωση των διαπνευστικών απωλειών.

3.1.1.2 Μεταβάλλεται ο λόγος υπέργειου / υπόγειου τμήματος του φυτού.

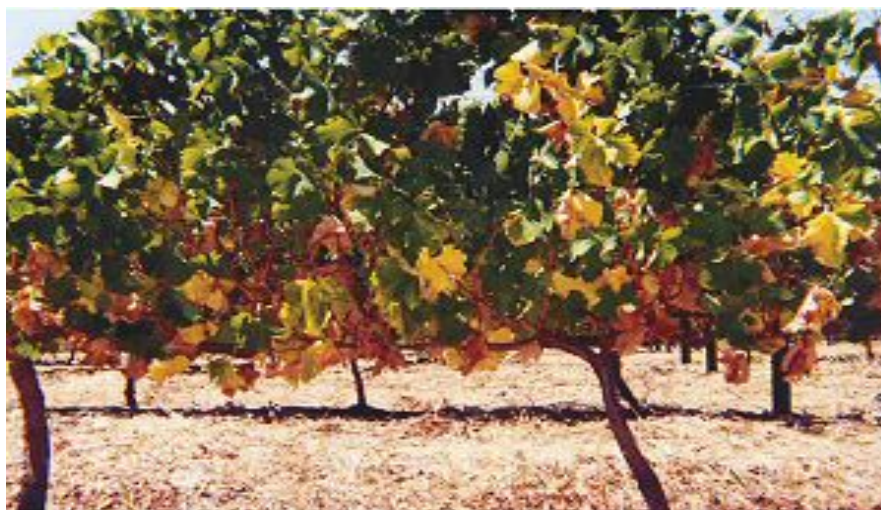
Η ανάπτυξη της ρίζας σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης εμφανίζεται κατά κανόνα λιγότερο ευαίσθητη έναντι εκείνης του βλαστού και ιδιαίτερα των φύλλων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι ρίζες να διατηρούν την ικανότητα άντλησης νερού από το έδαφος. Τα κύτταρα επίσης των ριζών έχουν την ικανότητα να αναπτύσσονται σε χαμηλότερα δυναμικά νερού έναντι των κυττάρων των φύλλων. Κάτω λοιπόν από συνθήκες υδατικής καταπόνησης, η σχετική ανάπτυξη της ρίζας είναι ταχύτερη εκείνης του βλαστού, με αποτέλεσμα ο λόγος βλαστού / ρίζας να μεταβάλλεται προς όφελος του υπόγειου τμήματος του φυτού. Η μεταβολή αυτή δίδει προφανώς προτεραιότητα στην ανάπτυξη του οργάνου το οποίο είναι υπεύθυνο για την άντληση του νερού, και επομένως στην επιβίωση του φυτού. Ο λόγος βλαστού / ρίζας ρυθμίζεται εκτός των άλλων (συνθήκες θρέψης, στάδιο ανάπτυξης) τόσο από τη δυνατότητα της ρίζας να τροφοδοτεί με νερό το βλαστό όσο και από τη δυνατότητα του βλαστού να τροφοδοτεί με φωτοσυνθετικά προϊόντα τη ρίζα. Η μεταβολή του λόγου αυτού συνοδεύεται επίσης από μεταβολή των σχέσεων πηγής - καταβόθρας, αφού στις συνθήκες αυτές, ένα υψηλότερο ποσοστό φωτοσυνθετικών προϊόντων κατευθύνεται προς τη ρίζα. Το γεγονός

οφείλεται στο ότι κατά τα αρχικά στάδια της υδατικής καταπόνησης ο περιορισμός της διάτασης των φύλλων εμφανίζεται ως το πρώτο σύμπτωμα, επομένως οι ανάγκες των φύλλων σε φωτοσυνθετικό προϊόν περιορίζονται, ενώ η φωτοσυνθετική λειτουργία παρεμποδίζεται σε μετέπειτα στάδια. Τελικό αποτέλεσμα είναι η ρίζα να αναπτύσσεται προς βαθύτερα στρώματα εδάφους.

3.1.1.3. Αποβάλλονται τα γηραιότερα φύλλα, ώστε να περιοριστεί η διαπνέουσα επιφάνεια.

Σε πολυάριθμα φυτικά είδη, όπως και στην άμπελο (εικόνα 1), η παρατεταμένη υδατική καταπόνηση επιφέρει γήρανση κιτρίνισμα και αποκοπή των κατώτερων φύλλων. Σε πολλές περιπτώσεις, παρουσία έντονης έλλειψης νερού, μόνο τα κορυφαία νεώτερα φύλλα παραμένουν στο βλαστό. Ο μηχανισμός αυτός στον οποίο εμπλέκεται το αιθυλένιο αναφέρεται ως **εξισορρόπηση φυλλικής επιφάνειας** και έχει ως προφανή στόχο το δραστικό περιορισμό των επιφανειών οι οποίες διαπνέουν και κατά συνέπεια την εξοικονόμηση νερού.

Εικόνα 1. Κιτρίνισμα ξήρανση και πτώση γηραιότερων κατώτερων φύλλων πρέμνων αμπελώνα λόγω έντονης υδατικής καταπόνησης (Archer,2004).



3.1.1.4. Μέσω κατάλληλων κινήσεων τροποποιείται το ενεργειακό ισοζύγιο του ελάσματος ώστε να αποφευχθεί υπερθέρμανση του.

Η απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από τα φύλλα τείνει να ανεβάσει

τη θερμοκρασία του φύλλου πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η εισερχόμενη ενέργεια Q εξαρτάται από την ώρα της ημέρας την εποχή, την ύπαρξη νεφών, και τη θέση του φύλλου στην κόμη. Απώλεια της υπερβολικής θερμότητας μπορεί να συμβεί με τρεις τρόπους:

- Επανεκπομπή στο περιβάλλον με τη μορφή ακτινοβολίας υψηλών μηκών κύματος (Q_1)
- Μεταφορά θερμότητας προς το περιβάλλον. Παράγοντες που ευνοούν τη διαδικασία αυτή είναι ο άνεμος και το μικρό μέγεθος φύλλου Q_2 .
- Απώλειες λόγω διαπνοής (ψύξη του ελάσματος λόγω των διαπνευστικών απωλειών) (Q_3). Η διαδικασία αυτή ευνοείται από την ύπαρξη χαμηλής σχετικής υγρασίας στην ατμόσφαιρα και ανοικτών στοματίων.

Επομένως το θερμικό ισοζύγιο του φύλλου (Q), εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ εισερχόμενης και αποβαλλόμενης ενέργειας. Το κλείσιμο των στομάτων σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης συμβάλλει στον περιορισμό των διαπνευστικών απωλειών, οι οποίες ωστόσο υπό κανονικές συνθήκες έχουν σημαντική συμβολή στην απαγωγή της θερμότητας Q_3 . Σε ορισμένα φυτά, όπως και η άμπελος, οι αναπόφευκτες επιπτώσεις στην αύξηση της θερμοκρασίας του ελάσματος αμβλύνονται λόγω κατάλληλων κινήσεων του ελάσματος και του μίσχου των φύλλων ώστε αυτό να μην εκτίθεται πλέον άμεσα στις ηλιακές ακτίνες.

3.1.1.4. Αυξάνονται οι αντιστάσεις στη ροή του νερού

Ο μαρασμός της ρίζας προκαλεί την απομάκρυνση της από τα σωματίδια του εδάφους τα οποία συγκρατούν ακόμη νερό και στις περισσότερες περιπτώσεις αποκόπτονται και τα ριζικά τριχίδια. Σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης η υποδερμίδα καλύπτεται με φελλίνη (σουβερίνη) ώστε να προστατευτεί το όργανο από την πλήρη αφυδάτωση. Ωστόσο η φελλίνη αποτελεί μια πρόσθετη αντίσταση στη μεταφορά των μορίων του νερού. Μια ακόμη δυσμενής επίπτωση της υδατικής καταπόνησης στη μεταφορά του νερού είναι η δημιουργία εμβολών, δηλαδή η θραύση της στήλης του νερού στα αγγεία και διακοπή της συνέχειας της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των αντιστάσεων ροής του νερού μέσα στο σύστημα μεταφοράς. Οι Schultz και Matthews (1988), απέδειξαν ότι ο κύριος μηχανισμός με τον οποίο η υδατική στέρση αναστέλλει την ανάπτυξη των βλαστών στην άμπελο, είναι μέσω της δημιουργίας εμβολών στα αγγεία του ξύλου και την παρεμπόδιση έτσι της κίνησης του νερού προς τα μεριστώματα.

3.2. Επίδραση Υδατικής Καταπόνησης στη βλάστηση και παραγωγή της αμπέλου

Υδατική στέρηση νωρίς την βλαστική περίοδο (από την έκπτυξη μέχρι την άνθηση) είναι κάτι απίθανο να συμβεί στις περισσότερες αμπελουργικές περιοχές . Τους καλοκαιρινούς μήνες -από την καρπόδεση μέχρι τον περκασμό - μπορεί να υπάρξει έντονη υδατική καταπόνηση σε αμπελώνες σε εδάφη αβαθή με μεγάλο ποσοστό άμμου και μικρή δυνατότητα συγκράτησης εδαφικού ύδατος. Σε περιοχές με χαμηλές βροχοπτώσεις ή τις άνυδρες χρονιές, είναι δυνατό να παρουσιαστεί έντονη υδατική καταπόνηση ακόμα και σε αμπελώνες που καλλιεργούνται σε βαθιά μέσης σύστασης εδάφη . Ακριβώς αυτήν την περίοδο είναι που η βλαστική ανάπτυξη είναι πιο ευαίσθητη στην υδατική καταπόνηση (McCarthy, 1997). Καθώς θα αυξάνεται η ένταση και η διάρκεια της υδατικής καταπόνησης, στα πρέμνα θα εμφανιστούν τα παρακάτω συμπτώματα (Pool, 2000) :

1. Η γωνία ανάμεσα στο έλασμα και τον μίσχο των φύλλων θα μειωθεί από τις περίπου 90 ° σε λιγότερο από 45 ° .
2. Οι μεσοκάρδιοι βλαστοί θα αποκοπούν στο γόνατο που εκφύονται και θα πέσουν.
3. Θα σταματήσει ο σχηματισμός νέων φύλλων, και τα περισσότερα φύλλα κοντά στην αυξανόμενη κορυφή θα εκπτυχθούν πλήρως.
4. Οι έλικες θα ξεραθούν και θα πέσουν.
5. Η αυξανόμενη κορυφή και ο επάκριος οφθαλμός νεκρώνονται .
6. Οι βλαστοί θα είναι πιο κοντοί από το κανονικό.
7. Τα φύλλα, κυρίως αυτά που είναι συνεχώς εκτεθειμένα στον ήλιο, θα γίνουν θαμπά με ανοικτό πράσινο χρώμα.
8. Οι ράγες θα είναι μικρότερες από το κανονικό και τα σταφύλια πιο αραιόραγα.
9. Τα φύλλα περιφερειακά θα φαίνονται καψαλισμένα.
10. Τα κατώτερα παλαιότερα φύλλα θα κιτρινίσουν και θα πέσουν.
11. Οι άκρες του βοστρύχου στα σταφύλια θα ξεραθούν.
12. Ανάλογα με τον χρόνο και την ένταση της καταπόνησης, ο περκασμός μπορεί να καθυστερήσει.
13. Η συσσώρευση σακχάρων στα σταφύλια θα σταματήσει. Η φαινόμενη αύξηση των σακχάρων θα οφείλεται στην αφυδάτωση και όχι στην

συσσώρευση σακχάρων .

14. Η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος θα μειωθεί.
15. Η διάμετρος των βλαστών θα είναι μικρότερη από το κανονικό.
16. Ο σχηματισμός του περιδέρματος θα ξεκινήσει νωρίτερα και δεν θα ολοκληρωθεί.
17. Οι ράγες θα μαραθούν και σε κάποιες ποικιλίες θα πέσουν.

Άλλες επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης θα είναι :

1. Συμπτώματα έλλειψης καλίου ακόμη και όταν στο έδαφος υπάρχει αρκετό.
2. Συμπτώματα έλλειψης άλλων θρεπτικών στοιχείων και κυρίως του αζώτου (Keller, 2005).
3. Μειωμένη συσσώρευση θρεπτικών και σακχάρων που θα επηρεάσει την βλάστηση και την παραγωγή την ή τις επόμενες χρονιές.
4. Μειωμένη σε αριθμό και μέγεθος, δημιουργία καταβολών σταφυλιών στους λανθάνοντες οφθαλμούς(Matthews, 1989)
5. Μείωση του μεγέθους του ριζικού συστήματος και της κόμης τον επόμενο χρόνο.

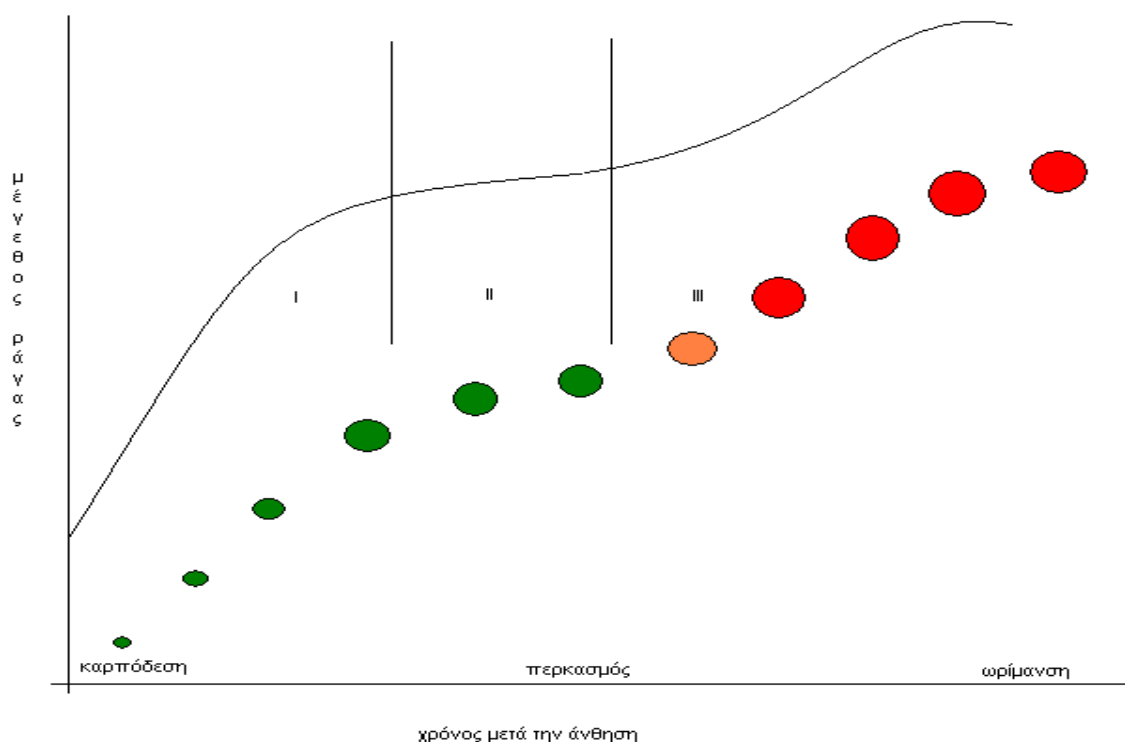
Οι Stevens κ.α. (1995) παρατήρησαν ευθύγραμμη συσχέτιση μεταξύ της επιβράδυνσης της βλαστητικής ανάπτυξης και της μείωσης στη διαθεσιμότητα του εδαφικού νερού. Εξάλλου η μείωση του ρυθμού της βλαστητικής ανάπτυξης μπορεί να ανιχνευτεί πριν ακόμη φανούν σημαντικές διαφορές στο υδατικό δυναμικό των φύλλων την αυγή , δεικνύοντας ότι αυτός ο ρυθμός είναι ένας πολύ καλός δείκτης της υδατικής καταπόνησης των πρέμνων (Kliwer κ.α., 1983). Η υδατική καταπόνηση μπορεί να μειώσει μέχρι και να σταματήσει την βλαστητική ανάπτυξη τόσο των κύριων βλαστών όσο και των μεσοκαρδίων (μείωση μήκους και αριθμού)(Kliwer κ.α. ,1983; Gomez-del-Campo κ.α., 2002). Έντονη υδατική καταπόνηση μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη μειωμένης φυλλικής επιφάνειας, που με την σειρά της δεν επαρκεί για να θρέψει και να ωριμάσει την φέρουσα σταφυλική παραγωγή, σε ιδιαίτερα χαμηλής ζωηρότητας καταστάσεις (Prichard κ.α.,2004).

Έντονη υδατική καταπόνηση μετά τον περκασμό και μέχρι τον τρυγητό, έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση συμπτωμάτων φυλλόπτωσης και μια αύξηση του κιτρινίσματος των παραμενόντων φύλλων, σε πρέμνα που είχε εφαρμοστεί πριν τον περκασμό η μέθοδος άρδευσης P.R.D. (Petrie κ.α.,2004).

Σε άλλη περίπτωση (Ginestar κ.α.,1998), η έντονη υδατική καταπόνηση μετά τον περκασμό είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των βλαστών, του αριθμού και του μεγέθους των μεσογονατίων καθώς και μέχρι 65% μείωση της φυλλικής επιφάνειας λόγω απώλειας φύλλων.

Η ανάπτυξη της ράγας, στις εγγίγαρτες ποικιλίες αμπέλου παρουσιάζει δύο διακεκριμένες φάσεις (I και III) ταχύτατης ανάπτυξης της ράγας που διακόπτονται από μια φάση (II) επίσχεσης του ρυθμού αύξησης, ώστε τελικά η καμπύλη του αριθμού αύξησης των ραγών να είναι διπλή σιγμοειδής (Σταυρακάκης ,1991) όπως φαίνεται στο **διάγραμμα 2**.

Διάγραμμα 2. Διπλή σιγμοειδής καμπύλη ανάπτυξη της ράγας



• Η βλαστική αύξηση είναι περισσότερο ευαίσθητη στην επίδραση της υδατικής καταπόνησης απ' ό,τι η αύξηση της ράγας και ο εμπλουτισμός της σε διαλυτά συστατικά (Vaadia & Kasimatis 1961, Stevens κ.α. 1995). Εξάλλου, οι επιπτώσεις της παντελούς απουσίας υδατικής καταπόνησης κατά την ωρίμανση των σταφυλιών, δεν οφείλονται τόσο στην άμεση αραιώση των συστατικών της ράγας, αλλά στην αύξηση της ζηρότητας των πρέμνων η οποία επιδεινώνει τις συνθήκες φωτισμού του φυλλώματος και διαταράσσει

την ισόρροπη κατανομή των προϊόντων της φωτοσύνθεσης μεταξύ βλαστικών και αναπαραγωγικών οργάνων (Smart & Coombe, 1983).

Μια ευρέως αποδεκτή υπόθεση είναι ότι η υδατική καταπόνηση στην φάση I μειώνει τον ρυθμό διαίρεσης των κυττάρων του περικαρπίου και εξηγεί με αυτό τον τρόπο την αδυναμία των ραγών να αποκτήσουν μεγαλύτερο μέγεθος στις επόμενες φάσεις (Coombe και McCarthy, 2000). Παρόλα αυτά άλλοι ερευνητές (Ojeda κ.α.,2001) υποστηρίζουν ότι μέτρια ή δριμεία υδατική καταπόνηση στο στάδιο αυτό έχει πολύ σημαντική επίδραση στο μέγεθος των κυττάρων και όχι στον ρυθμό διαίρεσης τους. Αυτό συμβαίνει μέσω κατασκευαστικών διαφοροποιήσεων κυρίως στα κυτταρικά τοιχώματα των κυττάρων, που μειώνουν την πλαστικότητα και τελικά την δυνατότητα διόγκωσης τους κατά την ωρίμανση.

Υδατική στέρηση κατά τις φάσεις II και III μειώνει σε κάποιο βαθμό το τελικό μέγεθος των ραγών ενώ πολύ έντονη υδατική καταπόνηση μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση του μεγέθους των ραγών λόγω αφυδάτωσης την περίοδο της συγκομιδής (Prichard κ.α.,2004).

Ο McCarthy (1997) έχει αποδείξει ότι το μέγεθος των ραγών είναι πιο ευαίσθητο στην υδατική καταπόνηση στα στάδια ακριβώς πριν και μετά τον περκασμό σε σχέση με την περίοδο πριν την συγκομιδή .

Το μέγεθος των ραγών είναι ο σημαντικότερος παράγοντας μείωσης της παραγωγής λόγω υδατικής καταπόνησης (Kliwer κ.α.,1983, Prichard κ.α.,2004, Salon κ.α. 2005). Συγχρόνως όμως ο αριθμός σταφυλιών ανά πρέμνο μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην μειωμένη παραγωγή όπως έδειξαν ο Petrie κ.α.,(2004) σε πρέμνα που είχαν υποστεί υδατική καταπόνηση την προηγούμενη χρονιά.

3.3. Φυσιολογικές τροποποιήσεις

3.4.1. Επηρεάζει τη δομή και λειτουργία των μεμβρανών και των ενζύμων

Οι δυσμενείς επιπτώσεις σε επίπεδο κυττάρων, λόγω της ύπαρξης υδατικής καταπόνησης, σχετίζονται με φυσιολογικές βλάβες οι οποίες

οφείλονται στην αφυδάτωση του κυτοπλάσματος. Η σταδιακή αφαίρεση νερού έχει ως αποτέλεσμα τη συρρίκνωση του πρωτοπλάστη, η οποία συνοδεύεται από συμπύκνωση της υδατικής φάσης και παθητική αύξηση της συγκέντρωσης των διαλυμένων ουσιών. Ακόμη και αν ο πρωτοπλάστης ενυδατωθεί εκ νέου, παρατηρείται απώλεια της εκλεκτικής περατότητας των μεμβρανών, και ως εκ τούτου ανεξέλεγκτη διακίνηση ουσιών δια μέσου αυτών. Σε κυτταρικό επίπεδο πλέον επέρχεται απώλεια της διαμερισματοποίησης και συνολική μεταβολική δυσλειτουργία.

3.4.2. Η φωτοσυνθετική λειτουργία παρουσιάζεται εξαιρετικά ευαίσθητη έναντι της υδατικής καταπόνησης

Η υδατική στέρηση θεωρείται ο κυριότερος περιοριστικός περιβαλλοντικός παράγοντας στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών παγκοσμίως και ιδιαίτερα στις ημίξηρες και ξηρές περιοχές. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω η φωτοσυνθετική λειτουργία παρουσιάζεται εξαιρετικά ευαίσθητη έναντι της υδατικής καταπόνησης.

Εντούτοις, υπάρχει μια μακροχρόνια αμφισβήτηση στο αν η υδατική στέρηση μειώνει την φωτοσύνθεση μέσω του κλείσιματος των στοματίων ή μέσω άλλης μεταβολικής δυσλειτουργίας. Η θεωρία ότι η παρεμπόδιση σύνθεσης ATP είναι ο κύριος περιοριστικός παράγοντας που μειώνει την φωτοσύνθεση ακόμα και κάτω από μέτρια επίπεδα υδατικής στέρησης, έχει εντείνει την διαμάχη.

Έχει έντονα αμφισβητηθεί ότι το κλείσιμο των στοματίων είναι ο κύριος περιοριστικός παράγοντας της φωτοσύνθεσης, καθώς αυξημένες τιμές μπορούν να ανακτηθούν παρέχοντας αυξημένες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στα φύλλα σε υδατικά καταπονημένα φυτά. Άλλες εργασίες όμως εισηγούνται ότι η μεγιστοποίηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας δεν ανακτάται τελείως με την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό αποδόθηκε στην παρεμπόδιση βασικών μεταβολικών διεργασιών όπως της φωτοφοσφορίλωσης, της ικανότητας αναγέννησης της RuBP και της ενεργότητας της Rubisco. Κάθε μια από αυτές τις διεργασίες έχει προταθεί ως παρεμποδιστικός παράγοντας της φωτοσύνθεσης κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης.

Πολλά από τα αντικρουόμενα αποτελέσματα για τους παράγοντες περιορισμού της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης, οφείλονται στον **διαφορετικό βαθμό υδατικής στέρσης**, μιας και ο προσδιορισμός του μεγέθους της στέρσης είναι ένα σύνθετο πρόβλημα.

Η αντίδραση της αμπέλου στην υδατική στέρωση εξαρτάται πολύ περισσότερο από την διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος παρά την υδατική κατάσταση των φύλλων (Flexas κ.α.,2004; Medrano κ.α 2003).

Η χρήση της στοματικής αγωγιμότητας (g_s) ως δείκτη της έντασης της υδατικής καταπόνησης, έχει αποκαλύψει ένα πιο γενικό πρότυπο των επιδράσεων στην φωτοσύνθεση μιας προοδευτικής υδατικής στέρσης, που είναι κατά κάποιο τρόπο ανεξάρτητο από :

1. Την ταχύτητα επιβολής της στέρσης
2. Τους περιβαλλοντικούς παράγοντες
3. Τον γονότυπο

Ρύθμιση του φωτοσυνθετικού μεταβολισμού από την βαθμιαία μεταβολή της στοματικής αγωγιμότητας υπό την επίδραση αυξανόμενης υδατικής καταπόνησης

Η φωτοσυνθετική δραστηριότητα μειώνεται σταδιακά με την σταδιακή αύξηση της υδατικής καταπόνησης και μπορούμε να διακρίνουμε τρεις διαφορετικές φάσεις παρεμπόδισης της, όπως φαίνεται στον πίνακα 2 .

Επιπλέον έχει βρεθεί ότι η ενεργότητα της Rubisco μένει ανεπηρέαστη για τιμές g_s 0.10-0,15 mol H₂O/m²sec ενώ μειώνεται δραματικά για τιμές χαμηλότερες από 0.10 mol H₂O/m²sec. Αντίθετα μείωση του ρυθμού της φωτοσύνθεσης φαίνεται να οφείλεται στην μειωμένη αναγέννηση της RuBP σε συνθήκες μέτριας υδατικής στέρσης. Ο φωτοσυνθετικός μεταβολισμός λοιπόν φαίνεται πολύ ανθεκτικός στην υδατική καταπόνηση και ουσιαστικά η φωτοσύνθεση δεν περιορίζεται σημαντικά μέχρι να υπάρξει πραγματικά πολύ αυξημένη υδατική στέρωση (τιμές g_s < 0,1-0,15 mol H₂O/m²sec).

Στην χώρα μας τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες, τιμές της g_s που δεικνύουν σημαντική υδατική καταπόνηση, είναι μια κατάσταση που πολύ συχνά μπορούμε να συναντήσουμε στους αμπελώνες. Συνεπώς τα αμπέλια πολύ συχνά αντιμετωπίζουν συνθήκες παρεμπόδισης της φωτοσυνθετικής

δραστηριότητας με άμεσες συνέπειες στην ποσότητα και ποιότητα της παραγωγής.

Συγχρόνως, η ταχύτητα με την οποία το αμπέλι μπορεί να ανακάμψει και να φτάσει ξανά το μέγιστο της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας μετά από πότισμα, εξαρτάται από το επίπεδο υδατικής καταπόνησης στο οποίο είχε φτάσει. Έτσι όταν η υδατική καταπόνηση είναι μικρή έως μέτρια δηλαδή για τιμές gs μέχρι λίγο κάτω από $0,1 \text{ mol H}_2\text{O/m}^2 \text{ sec}$, τα φυτά ανέκαμψαν μετά από την πάροδο της νύχτας. Σε περίπτωση όμως που είχε επικρατήσει δριμεία στέρση, για τιμές δηλαδή $gs < 0,05 \text{ mol H}_2\text{O/m}^2 \text{ sec}$, το 60 % της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας πραγματοποιήθηκε σε μία μέρα ενώ πλήρης ανάκαμψη πραγματοποιήθηκε σε τέσσερις ημέρες.

Πίνακας 2. Επίδραση του μεγέθους της στοματικής αγωγιμότητας στην φωτοσυνθετική δραστηριότητα. (Flexas κ.α.,2004; Medrano κ.α., 2003)

Φάση	Τιμές gs $\text{mol H}_2\text{O/m}^2 \text{ sec}$	Επιδράσεις
1 ^η	$gs \geq 0,15$	Η φωτοσυνθετική δραστηριότητα μειώνεται αργά, δεν παρατηρείται μεταβολή στον ρυθμό μεταφοράς ηλεκτρονίων και η αποδοτικότητα χρήσης νερού αυξάνεται.
2 ^η	$0,15 \geq gs \geq 0,05$	Η παροχή του διοξειδίου του άνθρακα μειώνεται δραστικά λόγω του κλεισίματος των στοματίων και έτσι μειώνεται σημαντικά η φωτοσύνθεση. Παράλληλα μειώνεται ο ρυθμός μεταφοράς ηλεκτρονίων ενώ η αποδοτικότητα χρήσης νερού αυξάνεται φτάνοντας σε ένα μέγιστο για τιμή $gs = 0,05 \text{ mol H}_2\text{O/m}^2 \text{ sec}$
3 ^η	$gs < 0,05$	Η φωτοσύνθεση μειώνεται δραστικά και οι τιμές του ρυθμού μεταφοράς ηλεκτρονίων και της αποδοτικότητας χρήσης νερού πέφτουν σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Με δεδομένο ότι η υδατική καταπόνηση ως παράγοντας καταπόνησης έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενεργών μορφών οξυγόνου (ROS), στην περίπτωση που οι υπάρχοντες αντιοξειδωτικοί μηχανισμοί των κυττάρων δεν μπορούν να τις εξουδετερώσουν, έχουμε σαν συνέπεια την κατάσταση της οξειδωτικής καταπόνησης που επιφέρει σοβαρές και μόνιμες βλάβες στα

κύτταρα. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες των κυττάρων μπορεί να ανασταλούν μέχρι και τα κύτταρα να νεκρωθούν (Καραμπουρνιώτης, 2003).

Κάτω από συνθήκες κορεσμού φωτός στα C3 φυτά, όπως η άμπελος, η απορροφώμενη ενέργεια στα φύλλα διοχετεύεται σε τρεις διαφορετικές διεργασίες :

- i. Φωτοσύνθεση
- ii. Φωτοαναπνοή
- iii. Θερμική Απώλεια

Στον **πίνακα 3** φαίνεται το ποσοστό της ενέργειας που διοχετεύεται στις παραπάνω διεργασίες ανάλογα με την υδατική κατάσταση των φυτών σε συνθήκες κορεσμού φωτός .

Πίνακας 3. Μετατροπή απορροφούμενης ενέργειας σε συνθήκες κορεσμού φωτός (Flexas κ.α.,2004)

Φυτό	Επίπεδο Υδατικής Καταπόνησης	Θερμική Απώλεια	Φωτοσύνθεση	Φωτοαναπνοή Αντίδραση Mehler κ.τ.λ.
Μέσος όρος C3 φυτών	Μάρτυρας	62	22	16
Αμπέλι		64	24	12
Μέσος όρος C3 φυτών	Μικρό	64	18	22
Αμπέλι		60	21	15
Μέσος όρος C3 φυτών	Μέτριο	68	15	17
Αμπέλι		75	10	15
Μέσος όρος C3 φυτών	Δριμύ	78	5	17
Αμπέλι		92	2	6

Όπως μπορεί κάποιος να παρατηρήσει, πάνω από 50% της απορροφούμενης ενέργειας καταλήγει σε θερμική απώλεια ενώ αυτό το νούμερο φτάνει το 92% σε κατάσταση πολύ έντονης καταπόνησης. Συγχρόνως η φωτοαναπνοή αυξάνεται σημαντικά σε επίπεδα μικρής έως

μέτριας υδατικής καταπόνησης και η φωτοσύνθεση μειώνεται δραματικά όσο προχωράμε από την περιοχή της μέτριας στην περιοχή της πολύ έντονης υδατικής καταπόνησης (Flexas και Medrano, 2002; Medrano κ.α.,2002)

Η ρύθμιση της παραγωγής κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό και από την ποικιλία ή /και το σύστημα μόρφωσης (Bota κ.α.,2001; Gomez-del-Campo κ.α.,2002; Medrano κ.α., 2003).

Σύμφωνα με την Bota κ.α.(2001) οι 22 καλλιεργούμενες ποικιλίες (*Vitis vinifera*) που μελέτησαν, μπορούν να καταταγούν σε δυο κατηγορίες ανάλογα με διαφορές που παρουσιάστηκαν στην φωτοσύνθεση και την αποδοτικότητα χρήσης νερού και οφείλονται στην γενετική παραλλακτικότητα τους :

- i. Σε αυτές που για μικρή μείωση του υδατικού δυναμικού του φυτού πραγματοποιείται μεγάλη μείωση της gs ($\Delta gs > 40\%$). Αυτές οι ποικιλίες είναι συνήθως λιγότερο παραγωγικές αλλά πιο ανθεκτικές στην ξηρασία και την υδατική καταπόνηση ενώ η αποδοτικότητα χρήσης νερού είναι σαφώς καλύτερη από την δεύτερη κατηγορία.
- ii. Σε αυτές που για σημαντική μείωση του υδατικού δυναμικού του φυτού πραγματοποιείται μικρή μείωση της gs ($\Delta gs < 40\%$). Αυτές οι ποικιλίες είναι περισσότερο παραγωγικές αλλά δεν επιβιώνουν κάτω από διαρκή υδατική καταπόνηση.

Αυτή η ταξινόμηση των ποικιλιών είναι ανάλογη με αυτή του Schultz (2003), που διακρίνει δύο συμπεριφορές άμεσα εξαρτώμενες από την συμπεριφορά των στοματίων στα φύλλα, την σχεδόν ισοϋδρική και την σχεδόν ανισοϋδρική. Έτσι ο παραπάνω ερευνητής απέδειξε ότι η ποικιλία Syrah παρουσιάζει σχεδόν ανισοϋδρική συμπεριφορά, δηλαδή το Ψleaf ελαττώνεται σημαντικά καθώς αυξάνεται το έλλειμμα κορεσμού της ατμόσφαιρας κατά την διάρκεια της ημέρας και είναι χαμηλότερο σε απότιστα από ότι σε ποτισμένα πρέμνα. Το αντίθετο συμβαίνει με την ποικιλία Grenache rouge η οποία παρουσιάζει σχεδόν ισοϋδρική συμπεριφορά κατά την οποία παρατηρείται ότι διατηρείται ένα σχεδόν σταθερό Ψleaf κατά την διάρκεια της ημέρας, κάτι που επιτυγχάνεται με το κλείσιμο των στοματίων.

3.4.3. Το αμπισικό οξύ προκαλεί κλείσιμο των στοματίων, ώστε

να περιοριστούν άμεσα οι διαπνευστικές απώλειες .

Ως γνωστόν το εύρος του στοματικού πόρου ρυθμίζεται μέσω των αλλαγών στην πίεση σπαργής κυρίως των καταφρακτικών κυττάρων. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να είναι :

1. Παθητικές : Οφείλονται στην άμεση απώλεια νερού από τα καταφρακτικά κύτταρα, λόγω εξάτμισης του. Το παθητικό κλείσιμο ευνοείται σε ατμοσφαιρικό περιβάλλον με χαμηλή σχετική υγρασία, όταν ο ρυθμός των απωλειών νερού των καταφρακτικών κυττάρων είναι υψηλότερος εκείνου με τον οποίο αναπληρώνεται μέσω των γειτονικών επιδερμικών ή παρακαταφρακτικών κυττάρων.
2. Ενεργητικές : Ο μηχανισμός αυτός ενεργοποιείται μέσω εξειδικευμένων ερεθισμάτων και οφείλεται στη μεταβολική δραστηριότητα των καταφρακτικών κυττάρων. Το κλείσιμο των στοματίων επέρχεται λόγω της εξόδου ορισμένων ιόντων από τα καταφρακτικά κύτταρα που έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια σπαργής τους. Ο μηχανισμός ενεργοποιείται από το αμπισικό οξύ (Wilkinson και Davies, 2002) , το οποίο μπορεί να προέρχεται από δύο πηγές :

- **Από τα φύλλα.** Η ορμόνη αυτή υπό κανονικές συνθήκες συντίθεται με αργούς ρυθμούς στα κύτταρα του μεσοφύλλου και συσσωρεύεται κυρίως στους χλωροπλάστες. Η σταδιακή αφυδάτωση του κυτοπλάσματος επιφέρει δύο σημαντικές αλλαγές. Ένα ποσοστό του συνολικού ABA των χλωροπλαστών απελευθερώνεται στους αποπλασμικούς χώρους, κατά συνέπεια μπορεί πλέον να μεταφερθεί μέσω του διαπνευστικού ρεύματος προς τα καταφρακτικά κύτταρα. Συγχρόνως ο ρυθμός σύνθεσης νέων μορίων ABA αυξάνεται.
- **Από τις ρίζες.** Η αφυδάτωση ακόμη και ενός τμήματος του ριζικού συστήματος προκαλεί κλείσιμο των στοματίων, παρόλο ότι το υπόλοιπο τμήμα της ρίζας εφοδιάζει επαρκώς με νερό τα υπέργεια όργανα. Οι ρίζες παράγουν και εξάγουν ABA προς τα αγγεία του ξύλου. Η συγκέντρωση της ορμόνης στις ρίζες αυξάνεται δραματικά όταν υπάρχει έλλειψη νερού στο εδαφικό περιβάλλον. Η συγκέντρωση του ABA το οποίο μεταφέρεται στα φύλλα από τις ρίζες μέσω των αγγείων του ξύλου, επαρκεί για να προκαλέσει κλείσιμο των στοματίων. Επομένως το μόριο αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα διασυστηματικό σήμα κινδύνου το οποίο προειδοποιεί ότι

επέρχονται προβλήματα στην τροφοδοσία του υπέργειου τμήματος ενός φυτού με νερό. (Καραμπουρνιώτης, 2003; Soar κ.α., 2004)

3.4.4. Έκφραση γονιδίων

Η αντιμετώπιση των δραματικών επιπτώσεων της υδατικής καταπόνησης, επιβάλλει όχι μόνο τις αναγκαίες μεταβολικές διευθετήσεις εγκλιματισμού στις νέες συνθήκες, αλλά και την *de novo* σύνθεση νέων πρωτεϊνών απαραίτητων για τη σύνθεση ορισμένων μεταβολιτών. Στις μεταβολικές τροποποιήσεις περιλαμβάνεται και η ενεργοποίηση υπαρχόντων ενζύμων π.χ. φωσφοριλίωση της ακουαπορίνης του τύπου α-TIP.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και ο ρόλος των γονιδίων *Lea* (*late embryogenesis abundant*). Τα προϊόντα των γονιδίων αυτών, οι πρωτεΐνες *Lea* εντοπίζονται στο κυτόπλασμα και είναι εξαιρετικά υδρόφιλα μόρια. Η λειτουργία τους παραμένει άγνωστη, φαίνεται όμως ότι σχετίζεται με την προστασία ενζύμων και μεμβρανών σε συνθήκες αφυδάτωσης.

Οι μηχανισμοί μεταγωγής σήματος των αρχικών ερεθισμάτων καταπόνησης περιλαμβάνουν Ca^{2+} -κινάσες πρωτεϊνών ή άλλες ρυθμιστικές πρωτεΐνες, των οποίων η σύνθεση ή / και δραστηριότητα επηρεάζεται από τη συγκέντρωση του κυτταροπλασματικού ασβεστίου. Υπάρχουν ενδείξεις ότι η συγκέντρωση του Ca^{2+} στο κυτόπλασμα αυξάνεται παρουσία ωσμωτικής καταπόνησης ή υπό την επίδραση του ABA, είναι επομένως πιθανό ότι οι αυξομειώσεις στα επίπεδα του ιόντος παίζουν ενεργό ρόλο στη μεταγωγή σήματος. (Καραμπουρνιώτης, 2003; Chaves κ.α., 2003)

3.5. Η άμπελος αντιμετωπίζει την υδατική καταπόνηση με την στρατηγική της αποφυγής.

Στην άμπελο συναντάμε κυρίως την στρατηγική της αποφυγής (Smart και Coombe, 1983). Παρόλα αυτά υπάρχουν μεγάλες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις διάφορες ποικιλίες αμπέλου, που το εύρος των αντιδράσεων τους στην υδατική καταπόνηση επιβάλλει μια πιο ευρεία κατάταξη ανάλογα με την περίπτωση. Σύμφωνα με τον Schultz, (2000) η ποικιλία *Grenache rouge* είναι μια ποικιλία που επιλέγει την στρατηγική της αποφυγής ενώ η ποικιλία *Syrah* επιλέγει μάλλον την στρατηγική της ανθεκτικότητας. Το κύριο

χαρακτηριστικό που προσδίδει ανθεκτικότητα έναντι της υδατικής καταπόνησης είναι η **οσμωτική εξισορρόπηση ή οσμωρύθμιση**

Η οσμωρύθμιση στην περίπτωση κατά την οποία το οσμωτικό δυναμικό των ιστών ρυθμίζεται σε χαμηλότερα επίπεδα μέσω της συσσώρευσης οσμωτικά ενεργών μεταβολιτών. Φυσικά σε περίπτωση αφυδάτωσης των ιστών, αναμένεται παθητική πτώση του οσμωτικού δυναμικού λόγω συμπύκνωσης του κυτταρικού χυμού. Η οσμωτική ωστόσο εξισορρόπηση αναφέρεται ειδικά στην ενεργητική αύξηση της συγκέντρωσης των οσμωτικά ενεργών ουσιών, λόγω βιοσύνθεσης, η οποία επάγεται από την ύπαρξη υδατικής καταπόνησης. Η οσμωτική εξισορρόπηση έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία χαμηλότερου δυναμικού στους ιστούς, ώστε να διευκολύνεται η πρόσληψη νερού και να διατηρείται ανεκτή πίεση σπαργής. Στις συνθήκες αυτές καθίσταται η δυνατή η αφομοίωση CO_2 αφού τα στομάτια μπορούν να παραμείνουν πλήρως ή εν μέρει ανοικτά. Στις οσμωτικά ενεργές ουσίες οι οποίες συσσωρεύονται, περιλαμβάνονται ανόργανα ιόντα όπως το K^+ και οργανικές ενώσεις (αμινοξέα, πολυυδροξυαλκοόλες, τεταρτοταγείς ενώσεις του αμμωνιού κ.α.) Οι οργανικές αυτές αναφέρονται και ως συμβατικοί οσμωλύτες, διότι η συσσώρευση τους δεν επιφέρει μεταβολικές δυσλειτουργίες. Οι συμβατοί οσμωλύτες πέραν της οσμωτικής ρύθμισης την οποία προσφέρουν, προστατεύουν ευαίσθητα μόρια, κυρίως πρωτεΐνες, από την αφυδάτωση και περαιτέρω αποδιάταξη και καταστροφή των μορίων τους. Εκτός αυτού, άλλες όπως η προλίνη, η σορβιτόλη, η μαννιτόλη, λειτουργούν και ως αντιοξειδωτικές ουσίες, εξουδετερώνοντας ελεύθερες ρίζες οξυγόνου (Καραμπουρνιώτης, 2003; Chaves κ.α., 2003)

3.6. Επίδραση Υδατικής Καταπόνησης στη σύσταση της σταφυλικής παραγωγής

Ο ρόλος της υδατικής καταπόνησης στην συσσώρευση σακχάρων στα σταφύλια συσχετίζεται με την επίδραση αυτής στην φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Γενικά μικρή υδατική καταπόνηση μπορεί να αυξήσει την συσσώρευση στα σταφύλια και να επιταχύνει την ωρίμανση αλλά υπάρχουν και εργασίες που υποστηρίζουν το αντίθετο (Petrie κ.α., 2004). Δριμεία καταπόνηση όμως όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, μπορεί να μειώσει την συσσώρευση των σακχάρων και τελικά η παρατηρούμενη αύξηση να οφείλεται στην αφυδάτωση των ραγών.

Η υδατική καταπόνηση μπορεί να μειώσει την ολική οξύτητα κατά την ωρίμανση . Φαίνεται το τρυγικό οξύ να αυξάνεται ενώ το μηλικό και κιτρικό να μειώνονται με την επίδραση υδατικής καταπόνησης (Esteban κ.α 1999). Τα γλεύκη που προκύπτουν από σταφύλια καταπονημένων πρέμνων μπορεί να έχουν πολύ υψηλές ή ασυνήθιστα χαμηλές οξύτητες(Pool και Lakso, 2000). Η συσσώρευση του καλίου στα σταφύλια επηρεάζεται αρνητικά από την υδατική στέρση. Οι ράγες, το γλεύκος και ο οίνος είχαν μεγαλύτερη συγκέντρωση καλίου σε περιπτώσεις σταφυλιών αρδευόμενων πρέμνων παρά ξερικών (Freeman και Kliwer, 1983; Esteban κ.α 1999; Μpelasoka κ.α.,2003). Γενικά φαίνεται ότι η διαθεσιμότητα και η απορρόφηση του καλίου από το έδαφος μειώνεται κάτω από συνθήκες περιορισμένης εδαφικής υγρασίας (Dundon και Smart, 1984).

Η αύξηση των φαινολικών συστατικών στις ράγες πρέμνων που έχουν υποστεί υδατική καταπόνηση είναι ένα αρκετά μελετημένο φαινόμενο. Αυτές οι ενώσεις μπορούν να συσσωρευτούν στις ράγες με μικρότερο ή μεγαλύτερο ρυθμό, ως αποτέλεσμα των επιδράσεων και άλλων κλιματολογικών και καλλιεργητικών παραγόντων όπως η θερμοκρασία, το φως, η αποψύλλωση , το σύστημα μόρφωσης, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και τη διαθεσιμότητα του αζώτου. Ουσιαστικά, υπάρχουν δύο ειδών αντιδράσεις στην συσσώρευση των φαινολικών στις ράγες. Ένα έμμεσο και πάντα θετικό αποτέλεσμα λόγω της σχετικής μείωσης του μεγέθους των ραγών (αύξηση σχέσης φλοιού/σάρκα) και ένα άμεσο στην βιοσύνθεση τους, που μπορεί να είναι θετικό ή αρνητικό αναλόγως την κατηγορία του φαινολικού συστατικού , την περίοδο καταπόνησης και την ένταση της υδατικής καταπόνησης. (Ojeda κ.α.,2002), όπως φαίνεται στον πίνακα 4.

Οι Roby και Matthews, (2004) αποδίδουν τα θετικά αποτελέσματα της μείωσης του μεγέθους των ραγών από την υδατική καταπόνηση στο στάδιο III μετά τον περκασμό, όχι στο μικρό μέγεθος αυτό καθ' αυτό, αλλά στην μεγαλύτερη σχέση των ιστών του φλοιού και των γιγάρτων ως προς την σάρκα καθώς η υδατική καταπόνηση επιδρά κυρίως παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη των κυττάρων του μεσοκαρπίου. Σε αυτό το φαινόμενο και όχι στην βιοσύνθεση τους αποδίδουν και την αυξημένη συγκέντρωση των τανινών και ανθοκυανών στις ράγες πρέμνων που είχαν υποστεί υδατική καταπόνηση στο στάδιο III οι Roby κ.α. (2004) , οι Kennedy κ.α. (2000) και (2002) καθώς και ο Freeman (1983).

Καθώς τα φαινορικά συστατικά και οι τερπενικές ενώσεις αποτελούν προϊόντα του δευτερογενούς μεταβολισμού η βιοσύνθεση τους είναι άμεσα συνδεδεμένη με τα προϊόντα του πρωτογενούς μεταβολισμού (π.χ σάκχαρα). Αυτό σημαίνει ότι επίπεδα υδατικής καταπόνησης τέτοια που αναστέλλουν τον πρωτογενή μεταβολισμό, έχουν μάλλον αρνητική επίδραση στην συγκέντρωσή τους στις ράγες των σταφυλιών.

Στην υδατική καταπόνηση και την αρνητική επίδραση της στην πρόσληψη N αποδόθηκε και το ελάττωμα της μη τυπικής ωρίμανσης οίνων λευκών ποικιλιών (Martinson κ.α., 2003; Schultz κ.α. 2002). Το παραπάνω φαινόμενο έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια του ποικιλιακού αρώματος του οίνου μερικές φορές ακόμη και πριν αποκτήσει ηλικία ενός έτους. Συγχρόνως με την απώλεια του ποικιλιακού αρώματος εμφανίζονται δυσάρεστες οσμές.

Πίνακας 4 . Επίδραση υδατικής καταπόνησης στα φαινορικά συστατικά των ραγών (Ojeda κ.α.,2002)

Κατηγορία Ενώσεων	Κύρια Θετική επίδραση	Δευτερεύουσα Θετική επίδραση	Αρνητική επίδραση
Ανθοκυάνες	Λόγω της μείωσης του μεγέθους των ραγών - Μέτρια υδατική καταπόνηση σε όλα τα στάδια.	Λόγω αύξησης της βιοσύνθεσης - Μέτρια υδατική καταπόνηση στο στάδιο III.	Λόγω δριμείας υδατικής καταπόνησης πριν τον περκασμό .
Φλαβονόλες	Λόγω της μείωσης του μεγέθους των ραγών - Μέτρια υδατική καταπόνηση σε όλα τα στάδια. Λόγω της μείωσης του μεγέθους των ραγών - Μέτρια υδατική καταπόνηση σε όλα τα στάδια.	Λόγω αύξησης της βιοσύνθεσης - Μέτρια υδατική καταπόνηση στο στάδιο III.	Λόγω δριμείας υδατικής καταπόνησης ή πλήρους κάλυψης υδατικών αναγκών στα στάδια I και II.
Φλαβαν-3-ολες	Λόγω της μείωσης του μεγέθους των ραγών - Μέτρια υδατική καταπόνηση σε όλα τα στάδια. Λόγω της μείωσης του μεγέθους των ραγών - Μέτρια υδατική καταπόνηση σε όλα τα στάδια.	Λόγω αύξησης της βιοσύνθεσης - Όχι υδατική καταπόνηση στο στάδιο I και II.	Λόγω δριμείας υδατικής καταπόνησης στο στάδιο I και II.
Προανθο-κυανιδίνες	Λόγω της μείωσης του μεγέθους των ραγών - Μέτρια υδατική καταπόνηση σε όλα τα στάδια.	Λόγω αύξησης της βιοσύνθεσης - Μέτρια υδατική	Λόγω δριμείας υδατικής καταπόνησης στο

		καταπόνηση στο στάδιο III.	στάδιο I και II.
--	--	----------------------------	------------------

3.7. Επίδραση Υδατικής Καταπόνησης στην ποιότητα της σταφυλικής παραγωγής

Η επίδραση του κλίματος και του εδάφους στην ανάπτυξη της αμπέλου και την σύσταση των σταφυλιών, μπορεί σε σημαντικό βαθμό να αποδοθεί στην επίδρασή τους στο υδατικό καθεστώς των πρέμνων . Η χρονιά επιδρά στο υδατικό καθεστώς μέσω της ποσότητας και κατανομής των βροχοπτώσεων, ενώ το έδαφος επιδρά μέσω της ικανότητας του να συγκρατεί μεγαλύτερα ή μικρότερα αποθέματα νερού που μπορεί να έχει στην διάθεση του, κατά τα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του, ο αμπελώνας (van Leeuwen κ.α.,2004) . Αποδεδειγμένα έχουμε τα καλύτερα ποιοτικά αποτελέσματα εκεί που φυσικά ή τεχνητά (άρδευση, στράγγιση) εξασφαλίζονται τέτοιες συνθήκες υδατικής κατάστασης στα πρέμνα ενός αμπελώνα που χαρακτηρίζονται από μια μικρή έως μέτρια καταπόνηση από την καρπόδεση ως τον περκασμό και μια ελαφριά καταπόνηση αμέσως μετά και μέχρι τον τρυγητό (καλή παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών-φαινολικά, τερπένια) (Gladstones, 1992; Hardie κ.α., 1995; Lakso and Pool, 2000; Van Leeuwen κ.α. 2002; Ojeda κ.α.,2002; Kennedy κ.α.,2002) Είναι πάντως σημαντικό και έχει πλέον αποδεικτική σε αρκετές περιπτώσεις ότι η ποιότητα των σταφυλιών είναι εντός ορίων, ανεξάρτητη της φωτοσύνθεσης και της ποσότητας της σταφυλικής παραγωγής αν και όλα συνδέονται έμμεσα και άμεσα με την διαθεσιμότητα του νερού στα πρέμνα. Αυτή ακριβώς η διαπίστωση αξιοποιείται στην πράξη, μέσω των τεχνικών ελλειμματικής άρδευσης αμπελώνα .

4. Διαχείριση Υδατικής κατάστασης ενός σύγχρονου αμπελώνα

4.1. Εισαγωγή

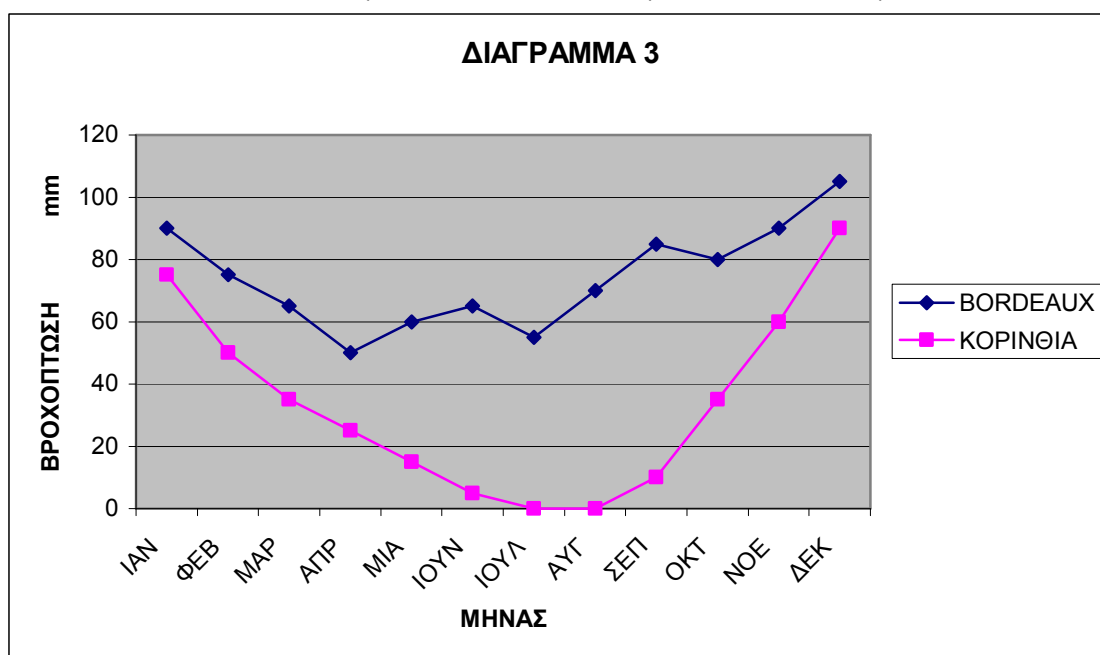
Παράγουν τα ξερικά αμπέλια ανώτερης ποιότητας οίνο; Όχι πάντα. Στην Ελλάδα οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν επιτρέπουν την επιτυχή και οικονομική καλλιέργεια της αμπέλου σχεδόν σε όλες τις αμπελουργικές περιοχές της χώρας μας. Παρόλο όμως που καλλιεργούμε την άμπελο σε ένα τόπο που χαρακτηρίζεται από μια ξηρή καλοκαιρινή περίοδο, πολύ συχνά και λόγω παράδοσης που πλέον έχει προβλεφθεί και στην νομοθεσία των οίνων με γεωγραφική ένδειξη καταγωγής, δεν προσθέτουμε νερό με άρδευση και αρκούμαστε στο νερό των βροχοπτώσεων για την κάλυψη των αναγκών των πρέμνων. Αυτή η άποψη που είναι παγιωμένη ανάμεσα στους παραγωγούς, στους οινοποιούς αλλά και στους καταναλωτές είναι το αποτέλεσμα εν μέρει της επίδρασης της γαλλικής αντίληψης περί παραγωγής οίνων ποιότητας, στην χώρα μας. Είναι όμως σημαντικό να γνωρίζουμε ότι το μοντέλο βροχόπτωσης διαφέρει σε πολύ μεγάλο βαθμό από αυτό των βορειότερων αμπελουργικών περιοχών. Για παράδειγμα το Bordeaux δέχεται σχεδόν 900 χιλ. ετήσιας βροχόπτωσης η οποία κατανέμεται σχεδόν ομοιόμορφα όλο το έτος. Σε αντίθεση η Κορινθία μια μεγάλη και πολύ σημαντική αμπελουργική περιοχή της χώρας μας, δέχεται 400 χιλ. ετησίως, και αυτά κατανέμονται κυρίως τους χειμερινούς μήνες όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 3.

Στην Κορινθία - που συγχρόνως δεν είναι και η ξηρότερη αμπελουργική περιοχή της χώρας μας - δεν έχουμε ουσιαστικά βροχοπτώσεις από τον Ιούνιο μέχρι τον Σεπτέμβριο . Ενώ στο Bordeaux η βροχόπτωση είναι συχνά ιδανική για την ανάπτυξη και παραγωγή των αμπελιών χωρίς άρδευση, τα περισσότερα αμπέλια στην χώρα μας απαιτείται να αρδευτούν για να αντεπεξέλθουν στους επιθυμητούς στόχους ποιότητας και μεγέθους παραγωγής.

Από την στιγμή που υπάρχουν οι απαραίτητοι υδατικοί πόροι, τότε οι αμπελώνες στην Ελλάδα μάλλον έχουν συγκριτικό πλεονέκτημα καθώς η

ποσότητα και ποιότητα της παραγωγής μπορεί να είναι η επιθυμητή σχεδόν κάθε χρόνο χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις όπως συμβαίνει σε αμπελώνες στα βόρεια όρια της καλλιέργειας της αμπέλου. Επίσης πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η μη ανάγκη άρδευσης των αμπελώνων σε κάποιες αμπελουργικές περιοχές εξαιτίας του σχετικά υψηλού υδροφόρου ορίζοντα ή λόγω της ύπαρξης εξαιρετικά γόνιμου και βαθέως εδάφους, κάνει τον χαρακτηρισμό «ξερικός αμπελώνας» τουλάχιστον ανακριβή, καθώς ένα «ξερικό αμπέλι» με άφθονη παροχή νερού μέσω του εδάφους κάθε άλλο από «ξερικό» είναι.

Διάγραμμα 3 . Κατανομή Μηνιαίας Βροχόπτωσης στην Κορινθία και το Bordeaux (Jackson, 2001; Καραντώνης, 1975)



Μια ολοκληρωμένη διαχείριση άρδευσης ενός αμπελώνα πρέπει να θεωρηθεί ως το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης τριών παραγόντων :

1. Προγραμματισμός άρδευσης
2. Μέτρηση και παρακολούθηση του διαθέσιμου ύδατος/ υδατικής κατάστασης των φυτών.
3. Άρδευτική στρατηγική.

4.2. Προγραμματισμός Άρδευσης

Η προγραμματισμός άρδευσης είναι απλά η απάντηση στο ερώτημα ποια ποσότητα νερού πρέπει να εφαρμοστεί και πόσο συχνά. Σφάλματα στον

προγραμματισμό άρδευσης μπορούν να γίνουν με πολλούς τρόπους όπως, να αρδεύουμε μόνο συγκεκριμένες ημέρες της βδομάδας και να αναστέλλουμε την άρδευση κατά την διάρκεια συννεφιασμένων ή πιο κρύων ημερών , ή να περιμένουμε ώστε το αμπέλι να δείξει πρώτα σημάδια καταπόνησης.

Ο προγραμματισμός άρδευσης πρέπει να πραγματοποιείται διαρκώς και σε σημαντικό βαθμό ανεξάρτητα από τα σημάδια υδατικής καταπόνησης των πρέμνων. Τα συμπτώματα της υδατικής στέρσης πρέπει να χρησιμοποιούνται για να τροποποιήσουν και να βελτιώσουν τον προγραμματισμό άρδευσης και όχι για να προσδιορίσουν συγκεκριμένες αρδευτικές εφαρμογές.

4.2.1. Πότε πρέπει να ξεκινήσει η άρδευση :

Ο προγραμματισμός άρδευσης δεν ξεκινά πριν από κάποια καθορισμένη περίοδο κάθε χρόνο. Γενικά, για περιοχές που το ύψος των βροχοπτώσεων τους χειμερινούς μήνες είναι αρκετό για να έρθει το έδαφος σε κατάσταση κορεσμού με την έναρξη της βλαστικής περιόδου, δεν είναι επιθυμητό να ξεκινήσει άρδευση μέχρι μια σημαντική ποσότητα νερού να έχει χαθεί από το έδαφος . Σε περίπτωση πολύ ξηρών και άνυδρων ετών κατά την χειμερινή περίοδο, ένα πολύ καλό πότισμα μέχρι κορεσμού πριν την έναρξη βλάστησης νωρίς την άνοιξη, είναι μια ορθή τακτική για αυτή την περίοδο.

Δεν είναι όμως σκόπιμο να προγραμματιστεί άρδευση την άνοιξη πριν τα πρέμνα χρησιμοποιήσουν σημαντικό ποσοστό του νερού του εδάφους, προκειμένου να μπορεί να ελεγχθεί η ανάπτυξη της βλάστησης τους . Το πότε ακριβώς θα είναι η κατάλληλη στιγμή για την έναρξη της άρδευσης είναι ένα θέμα το οποίο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες ανάμεσα στους οποίους είναι :

- i. Εάν η χειμερινή βροχόπτωση ήταν τέτοια ώστε να κορεστεί το έδαφος ή όχι.
- ii. Η υδατοχωρητικότητα του εδάφους καθώς και το βάθος του ριζοστρώματος. Η υδατοχωρητικότητα εξαρτάται από την κοκκομετρική σύσταση και δομή του εδάφους ενώ το βάθος του ριζοστρώματος, από την ύπαρξη ή όχι παραγόντων παρεμπόδισης ανάπτυξης του (π.χ. αδιαπέραστος ορίζοντας), το βάθος που βρίσκεται ο υδροφόρος ορίζοντας καθώς και από το υποκείμενο.

- iii. Οι κλιματολογικές συνθήκες που επικράτησαν την άνοιξη (βροχόπτωση, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, άνεμος)
- iv. Η ύπαρξη ή όχι καλλιέργειας εδαφοκάλυψης.
- v. Η επίδραση της ηλικίας του αμπελώνα, της ποικιλίας και του υποκειμένου στην χρήση του νερού.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι που χρησιμοποιούνται στον προσδιορισμό του χρόνου έναρξης της άρδευσης (Prichard κ.α, 2004; Greenspan, 2005; Williams, 2001) . Αυτοί περιλαμβάνουν :

- Παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους
- Παρακολούθηση του ρυθμού αύξησης των βλαστών
- Μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων με τον θάλαμο πίεσης.

Για τον προσδιορισμό του χρόνου έναρξης της άρδευσης ενός αμπελώνα η χρήση ενός θαλάμου πίεσης για την μέτρηση του υδατικού δυναμικού είναι ένα πού χρήσιμο όργανο . Ένας γενικός κανόνας είναι να ξεκινήσει η άρδευση όταν το υδατικό δυναμικό των φύλλων το μεσημέρι κυμαίνεται από -8 bar έως -10 bars (Greenspan 2005). Το όριο -8 bar χρησιμοποιείται για τις λευκές ποικιλίες ή για αμπελοτεμάχια που είναι πιο επιρρεπή στην υδατική καταπόνηση. Για τις περισσότερες ερυθρές ποικιλίες χρησιμοποιείται το όριο των -10 bar . Ο Williams (2001) προτείνει αντίστοιχα το όριο των -10 bar για τις λευκές ενώ των -12 bar για τις ερυθρές.

Ο ρυθμός αύξησης των βλαστών συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το υδατικό δυναμικό των φύλλων το μεσημέρι . Η επιμήκυνση σταματά όταν το υδατικό δυναμικό των φύλλων το μεσημέρι είναι περίπου -9 , -10 bar(Greenspan, 2005; Williams, 2001) . Αυτή η παρατήρηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ο χρόνος της έναρξης της άρδευσης με πολύ χαμηλό κόστος. Αν και αυτή η μέθοδος παρουσιάζει μεγαλύτερο σφάλμα από τον θάλαμο πίεσης είναι μια αποδεκτή εναλλακτική μέθοδος.

Στην πράξη προκειμένου να καταλήξουμε στον χρόνο έναρξης της άρδευσης η πιο ολοκληρωμένη και ακριβής μεθοδολογία περιλαμβάνει αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων του ρυθμού αύξησης των βλαστών, της υγρασίας του εδάφους και του υδατικού δυναμικού των πρέμνων.

4.2.2. Αρδευτική δόση

Για τον προσδιορισμό της αρδευτικής δόσης πρέπει να παρακολουθούμε και να γνωρίζουμε πόσο νερό χρησιμοποιείται και χάνεται από τα πρέμνα και συγχρόνως πόσο νερό προστίθεται με την άρδευση. Η επιτυχία είναι να διατηρούμε το έδαφος με τέτοια ποσότητα νερού ώστε να μην είναι πολύ λίγο και έτσι πολύ δύσκολα αφομοιώσιμο από τα πρέμνα ούτε τόσο πολύ ώστε να είναι πολύ εύκολα διαθέσιμο σ' αυτά. Η παροχή υπερβολικής ποσότητας νερού έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ζωνρότητας και της υπέρμετρης ανάπτυξης της βλάστησης ενώ η πολύ μικρή ποσότητα νερού την δημιουργία συνθηκών πολύ έντονης υδατικής καταπόνησης. Και στις δυο περιπτώσεις τα αποτελέσματα είναι αρνητικά. Προφανώς η επίτευξη μιας μικρής έντασης υδατικής καταπόνησης είναι το επιθυμητό τόσο από ποσοτικής όσο και από ποιοτικής πλευράς.

Η μέτρηση του παρεχόμενου με την άρδευση νερού μπορεί να γίνει σχετικά απλά όταν πρόκειται για σύστημα στάγδην άρδευσης είτε μέσω μετρητή ροής είτε εμμέσως από τον αριθμό και την ονομαστική παροχή των σταλακτών και πάντα σε σχέση με τον χρόνο που διαρκεί η άρδευση.

Απ' την άλλη ο υπολογισμός της κατανάλωσης και απώλειας του νερού είναι πιο δύσκολος και απαιτεί περισσότερα δεδομένα. Η προσέγγιση της εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής (ΕΔ) μέσω υπολογισμών που περιλαμβάνει κλιματολογικές παραμέτρους (θερμοκρασία, υγρασία, βροχόπτωση, ταχύτητα ανέμου) καθώς και καλλιεργητικές παραμέτρους (σχήμα μόρφωσης, στάδιο και ανάπτυξη αμπελώνων), αποτελεί μια αξιόπιστη μεθοδολογία που εφαρμόζεται με επιτυχία σήμερα.

Η ΕΔ μπορεί να υπολογιστεί με πολλές μεθοδολογίες από τις οποίες η πιο συνήθης είναι αυτή που προσδιορίζει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ΕΔ_ο). Αυτή είναι ίση με την εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας αναφοράς, που αντιστοιχεί σε ένα καλά ποτισμένο γρασίδι που καλύπτει όλη την επιφάνεια του εδάφους. Αυτή την ΕΔ_ο υπολογίζουμε την εξατμισοδιαπνοή του αμπελώνα (ΕΔ_α) και αυτό γίνεται μέσω ενός συντελεστή του Κ_α. Έτσι έχουμε την σχέση :

$$ΕΔ_α = ΕΔ_ο \times Κ_α$$

Καθώς τα αμπέλια φυτεύονται σε γραμμές το Κα είναι πάντα μικρότερο από την μονάδα . Για τον υπολογισμό του λαμβάνονται υπόψη το μέγεθος των πρέμνων, το σύστημα υποστύλωσης καθώς και οι αποστάσεις φύτευσης.

Με τον υπολογισμό της ΕΔα γνωρίζουμε λοιπόν την ποσότητα του νερού που χάνεται και ανάλογα με τους στόχους και τις δυνατότητες μας μπορούμε να εφαρμόσουμε την ποσότητα εκείνη του νερού με την άρδευση που συνήθως και ανάλογα με το στάδιο είναι μικρότερη του 100% της ΕΔα για συγκεκριμένη χρονική περίοδο (Greenspan, 2005; Prichard κ.α., 2004; Nicholas, 2004; Williams, 2001; Mitchell και Goodwin, 1996) .

4.2.3. Πόσο συχνά πρέπει να πραγματοποιείται άρδευση :

Ενώ το πιο κρίσιμο και δύσκολο μέρος του προγραμματισμού άρδευσης είναι ο προσδιορισμός της αρδευτικής δόσης εξίσου σημαντικό είναι να προσδιοριστεί και η συχνότητα των αρδεύσεων. Έτσι ανακύπτει το εξής ερώτημα : εφόσον π.χ. προκύψει από τον υπολογισμό της ΕΔα ότι χρειάζεται για δεδομένο σύστημα στάγδην άρδευσης χρόνος 15 ωρών για μια βδομάδα, θα εφαρμόσουμε μια άρδευση 15 ωρών , 3 αρδεύσεις των 5 ωρών, ή κάποιο άλλο συνδυασμό ;

Καθώς η ποσότητα του νερού που χάνεται μέσω εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται από τις συνθήκες και τα χαρακτηριστικά των πρέμνων, η εφαρμογή της άρδευσης εξαρτάται και από τις ιδιότητες του εδάφους. Η επιλογή της συχνότητας και της διάρκειας της άρδευσης εξαρτάται άμεσα από την υδατοχωρητικότητα του εδάφους και το βάθος του ριζοστρώματος. Η δομή παίζει ένα καθοριστικό ρόλο στην ικανότητα του εδάφους να συγκρατεί το νερό και εξίσου σημαντικό ρόλο παίζει προφανώς και το βάθος όπου φτάνει το ενεργό ριζόστρωμα των πρέμνων. Γενικά όσο πιο ελαφρύ είναι ένα έδαφος τόσο μικρότερη υδατοχωρητικότητα έχει. Συνεπώς ανεξάρτητα από το μέγεθος των αρδευτικών αναγκών, ένα ελαφριάς κοκκομετρικής σύστασης έδαφος πρέπει να αρδεύεται πιο συχνά με μικρότερες δόσεις σε σχέση με ένα βαρύ έδαφος όπου η λογική είναι η τελείως αντίθετη.

4.2.4. Αποτελεσματικότητα της αρδευτικής δόσης και ομοιομορφία εφαρμογής.

Η αρδευτική δόση και συχνότητα επηρεάζουν άμεσα την αποτελεσματικότητα της άρδευσης, καθώς και στους επικλινείς αμπελώνες,

την **ομοιομορφία** στην εφαρμογή . Αυτές οι δύο έννοιες δεν είναι συνώνυμες. Η ομοιομορφία αναφέρεται στην ισόποση διανομή του νερού στα φυτά ενός αμπελώνα ενώ η αποτελεσματικότητα αναφέρεται στο γεγονός αν η παρεχόμενη αυτή ποσότητα είναι διαθέσιμη και καλύπτει τις πραγματικές ανάγκες των φυτών.

4.3. Μέτρηση και παρακολούθηση του διαθέσιμου ύδατος/ υδατικής κατάστασης των πρέμνων.

Κατά τον προγραμματισμό άρδευσης ακόμη και ο ακριβέστερος προσδιορισμός μέσω της ΕΔα, δεν παύει να είναι μια προσεγγιστική εκτίμηση . Πρέπει να παρακολουθούμε τον αμπελώνα ώστε να παρατηρούμε την αντίδραση του και να είμαστε σε θέση να κάνουμε διορθωτικές ενέργειες αν είναι απαραίτητο κατά την διάρκεια της χρονιάς ή και για τις επόμενες χρονιές.

Η παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους είναι ένας παραδοσιακός τρόπος για την μέτρηση της υδατικής κατάστασης στις διάφορες καλλιέργειες. Στις περισσότερες όμως καλλιέργειες η αρδευτική τακτική έχει σαν στόχο η εδαφική υγρασία να διατηρείται κοντά στο επίπεδο του κορεσμού . Στην καλλιέργεια όμως της αμπέλου για παραγωγή οινοποιήσιμων σταφυλιών δεν είναι επιθυμητό ένα τέτοιο επίπεδο εδαφικής υγρασίας σε όλα τα στάδια ανάπτυξης . Επιπλέον, με την στάγδην άρδευση , ο όγκος του εδάφους που διαβρέχεται είναι περιορισμένος και ασυνεχής και σαν αποτέλεσμα υπάρχει μεγάλο περιθώριο για σφάλμα στις μετρήσεις που εξαρτάται από την θέση του αισθητήρα σε σχέση με αυτή των σταλακτών καθώς και την μεγάλη ετερογένεια που υπάρχει σε κάθε αμπελοτεμάχιο .

Συνεπώς σε επίπεδο εφαρμογής η παρακολούθηση της υδατικής κατάστασης των πρέμνων προσφέρει περισσότερα πλεονεκτήματα από την παρακολούθηση της εδαφικής υγρασίας. Παρόλα αυτά η μέτρηση και παρακολούθηση της εδαφικής υγρασίας έχει την θέση της στην στάγδην άρδευση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αρχή της βλαστικής περιόδου μετά τον κορεσμό του εδάφους από τις χειμερινές βροχοπτώσεις ομοιόμορφα σε όλη την εδαφική κατατομή. Αυτή είναι η πιο σημαντική στιγμή μέτρησης της εδαφικής υγρασίας . Η απόφαση έναρξης της άρδευσης μπορεί να βασιστεί σε ένα όριο εδαφικής υγρασίας μετά την εξάντληση μέρους αυτής από το ριζόστρωμα .

Σε πολλές περιπτώσεις στην χώρα μας, οι χειμερινές βροχοπτώσεις δεν είναι αρκετές για τον κορεσμό του εδάφους με την έναρξη της βλαστικής περιόδου και σε αυτές τις περιπτώσεις η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας δίνει το μήνυμα για άμεση άρδευση μέχρι κορεσμό σε όλο το βάθος του ριζοστρώματος.

Δεν υπάρχει καλύτερος δείκτης για το ποια είναι η υδατική κατάσταση των πρέμνων, από τα ίδια τα πρέμνα . Σε αυτή την περίπτωση η χρήση του Θαλάμου πίεσης είναι ένας πολύ αξιόπιστος τρόπος παρακολούθησης του υδατικού δυναμικού των πρέμνων. Από διάφορες εργασίες προκύπτει όπως φαίνεται στον πίνακα 5, η σχέση μεταξύ του υδατικού δυναμικού των φύλλων το μεσημέρι και του επιπέδου υδατικής καταπόνησης που αυτό συνεπάγεται για το φυτό .

Πίνακας 5. Σχέση Υδατικού Δυναμικού Φύλλου και Επιπέδου Υδατικής Καταπόνησης της αμπέλου. (Greenspan, 2005; Williams, 2001)

Υδατικό Δυναμικό Φύλλου bars	Επίπεδο Υδατικής Καταπόνησης
μεγαλύτερο από - 10	Καθόλου
-10 έως -12	Ήπια
-12 έως -14	Μέτρια
-14 έως -16	Υψηλή
μικρότερο από -16	Δριμεία

4.4. Μακροσκοπική αξιολόγηση της υδατικής κατάστασης των πρέμνων

Η μακροσκοπική αξιολόγηση της υδατικής κατάστασης των πρέμνων ενός αμπελώνα είναι μια αξιόπιστη μεθοδολογία παρακολούθησης του.

Οι αυξανόμενες κορυφές των βλαστών είναι ο καλύτερος δείκτης της υδατικής κατάστασης των πρέμνων ιδιαίτερα κατά την περίοδο ανάμεσα στην άνθηση και τον περκασμό. Ο ρυθμός αύξησης των βλαστών μηδενίζεται περίπου στα -11 bars αλλά θα υπάρχουν σημάδια μείωσης του ρυθμού αύξησης από τα -9 με -10 bars . Σε τιμές μικρότερες από τα -14 bars οι

αυξανόμενες κορυφές ξεραίνονται και πέφτουν. Αυτό δεν είναι ένα κακό σημάδι, εφόσον το μήκος του βλαστού είναι τέτοιο που να έχει αναπτυχθεί το απαραίτητο φύλλωμα για να ωριμάσει το φορτίο. Όπως και με το θάλαμο πίεσης, οι αυξανόμενες κορυφές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον προγραμματισμό της άρδευσης αν και δεν είναι πλέον χρήσιμες μετά την παύση της ανάπτυξής τους.

Το σταφύλι μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της υδατικής στέρησης των πρέμνων. Πριν τον περκασμό συμπτώματα υδατικής στέρησης είναι η πλαδαρότητα ή η απώλεια της σπαργής των ραγών τις απογευματινές ώρες. Αυτό δεν είναι απαραίτητα ένα σύμπτωμα έντονης υδατικής στέρησης εφόσον οι ράγες ανακτούν ξανά την σπαργή τους το βράδυ. Στην πραγματικότητα, τέτοιες συνθήκες μπορεί να οδηγήσουν σε παραγωγή σταφυλιών με μικρότερες ράγες που θα δώσουν ερυθρούς οίνους με πλούσιο φαινολικό δυναμικό. Μετά τον περκασμό το ζάρωμα και η απώλεια της σπαργής των ραγών είναι ένδειξη έντονης υδατικής στέρησης. Σε αυτή την περίοδο μέχρι τον τρυγητό οι ζαρωμένες ράγες δεν θα μπορέσουν να ανακτήσουν την σπαργή τους και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την σημαντική απώλεια τόσο ποσότητας όσο και ποιότητας της παραγωγής. Στην πράξη λοιπόν στην τελική φάση ωρίμανσης των σταφυλιών, ο θάλαμος πίεσης είναι το μόνο αξιόπιστο εργαλείο για την παρακολούθηση της υδατικής κατάστασης των πρέμνων.

4.5. Άρδευτική στρατηγική

Σε πολλές περιπτώσεις η άρδευση για την κάλυψη 100% των αναγκών όπως αυτές προκύπτουν από τον υπολογισμό της ΕΔα, είναι καλύτερη από μια άρδευση που πραγματοποιείται χωρίς την χρήση της ΕΔα για τον προγραμματισμό της. Εάν όμως το αμπέλι προσλάβει όλο το νερό που χρειάζεται, θα κατευθύνει την περισσότερη ενέργεια στους αναπτυσσόμενους βλαστούς και φύλλα. Καθώς το αμπέλι έχει αναπτύξει το απαραίτητο φύλλωμα, επιθυμούμε να κατευθύνουμε την προσοχή και την ενέργεια του στην θρέψη των σταφυλιών. Για να το πετύχουμε αυτό, δίνουμε στο αμπέλι να καταλάβει ότι υπάρχει έλλειψη νερού στο εδαφικό περιβάλλον. Αυτό γίνεται με την εφαρμογή της στρατηγικής ελλειμματικής άρδευσης που τελικά έχει σαν αποτέλεσμα μεταβολές του υδατικού δυναμικού των πρέμνων και που αυτές οι μεταβολές δημιουργούν φυσιολογικές τροποποιήσεις στα πρέμνα τις οποίες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε προς όφελος μας.

Δεν είναι σε καμία περίπτωση ωφέλιμο ένα αμπέλι να βρίσκεται σε κατάσταση υδατικής καταπόνησης κατά την διάρκεια της άνθησης και καρπόδεσης. Συγχρόνως η υδατική στέρηση μετά τον τρυγητό κρίνεται λανθασμένη καθώς είναι η περίοδος που αποθηκεύονται χρήσιμα αποθέματα υδατανθράκων που παράγονται από την φωτοσύνθεση. Οι δύο πιο κατάλληλες περιόδους για την εφαρμογή ελλειμματικής άρδευσης είναι **πριν τον περκασμό (ανάμεσα στην καρπόδεση και τον περκασμό) και μετά τον περκασμό (ανάμεσα στον περκασμό και τον τρυγητό)**. Υπάρχει μια δραματική αλλαγή στις υδατικές σχέσεις των ραγών πριν και μετά τον περκασμό και αυτό είναι που διαφοροποιεί και τα αποτελέσματα της ελλειμματικής άρδευσης σε αυτά τα δύο στάδια. Το πιο άμεσο και αξιοσημείωτο αποτέλεσμα της υδατικής στέρησης από το οποίο θέλουμε να επωφεληθούμε είναι η ανάσχεση της βλάστησης και η μείωση του μεγέθους των ραγών. Και τα δύο αυτά επιτυγχάνονται με την ορθή εφαρμογή ελεγχόμενης υδατικής στέρησης στο στάδιο από την καρπόδεση έως τον περκασμό .

Αν και η πιο σημαντική περίοδος εφαρμογής είναι πριν τον περκασμό, έχει βρεθεί ότι η εφαρμογή ελλειμματικής άρδευσης στο στάδιο μετά τον περκασμό αυξάνει τον ώριμο χαρακτήρα στην γεύση και το άρωμα των παραγόμενων οίνων . Μεγάλη προσοχή όμως απαιτείται καθώς όπως ήδη αναφέρθηκε οι αλλαγές στις υδατικές σχέσεις των ραγών μετά τον περκασμό, λόγω της παύσης της λειτουργίας των αγγείων του ξύλου που συνδέουν τις ράγες με τα αγγεία του ξύλου του βλαστού , έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια μεγάλης ποσότητας και ποιότητας της παραγωγής όταν για κάποιο λόγο επικρατήσει δριμεία υδατική καταπόνηση αυτή την περίοδο (Coombe, 1992; Coombe MacCarthy, 2000).

Ανεξάρτητα από την επιλογή της αρδευτικής στρατηγικής, στην οποία η ποικιλία παίζει καθοριστικό ρόλο, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι στο επίκεντρο όλων βρίσκονται τα πρέμνα. Καθώς ο τύπος του εδάφους, το βάθος του, το υποκείμενο, οι αποστάσεις φύτευσης, η κατεύθυνση των γραμμών, η υποσύλωση , η ποικιλία, το κλίμα, παίζουν όλα από την πλευρά τους καθοριστικό ρόλο, μπορεί τελικά πολύ εύκολα να μπερδευτούμε ανάμεσα σε όλες αυτές τις παραμέτρους, στην προσπάθειά μας να πάρουμε αποφάσεις για την άρδευση ενός αμπελώνα.

Στην πράξη είναι δυνατόν να απλοποιήσουμε τα πράγματα και να

γίνουμε περισσότερο αποτελεσματικοί χρησιμοποιώντας τεχνικές μέτρησης και παρακολούθησης του υδατικού δυναμικού των πρέμνων για να δούμε πως αυτά αντιδρούν στην αρδευτική μας τακτική και ακολούθως να κάνουμε διορθωτικές ενέργειες βελτιστοποίησης της. Με το να επικεντρώνουμε τις προσπάθειες μας στα πρέμνα, ελαχιστοποιούμε τα προβλήματα που προκύπτουν από την επίδραση της θέσης του αμπελώνα και την ετερογένεια του εδάφους και μπορούμε αποτελεσματικότερα να οδηγήσουμε τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους μας στον επιθυμητό χαρακτήρα οίνου που θέλουμε να παράγουμε (Girona κ.α. 2006) .

Συνεπώς, είναι ουσιαστικά η υδατική κατάσταση των πρέμνων στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης, που καθορίζει την επίδραση του νερού στην ποσότητα και ποιότητα των παραγόμενων οίνων και όχι η προέλευση του . Όταν συμβαίνει αυτή η υδατική κατάσταση να είναι η επιθυμητή χωρίς την παροχή νερού μέσω άρδευσης, τότε σαφώς ο «ξερικός αμπελώνας» θα δώσει τον καλύτερο οίνο. Όταν όμως αυτό δεν συμβαίνει, η ορθή αρδευτική στρατηγική είναι αυτή που θα διαμορφώσει τις ιδανικότερες συνθήκες για την επίτευξη της καλύτερης ποιότητας από τον αρδευόμενο αυτή την φορά αμπελώνα.

Οι υδατικοί πόροι και η ορθολογική διαχείριση τους θα είναι το μείζον θέμα στην επιτυχή άσκηση της αμπελοκαλλιέργειας τα επόμενα χρόνια με δεδομένη και την τάση της θέρμανσης του πλανήτη όπως την καταγράφουν οι μετεωρολόγοι. Σε κάθε περίπτωση η ορθή επιλογή όσον αφορά στη θέση και στην εγκατάσταση αμπελώνα, οφείλει να διασφαλίζει τις επιλογές εκείνες που θα ελαχιστοποιούν τις ανάγκες προσθήκης νερού μέσω άρδευσης.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αξιολογήσει την επίδραση της διαφορετικής υδατικής κατάστασης των πρέμνων ενός αμπελώνα τόσο στην ποσότητα όσο και στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Για αυτό τον σκοπό χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές μεθοδολογίες μέτρησης του υδατικού δυναμικού των πρέμνων του αμπελώνα οι οποίες και αξιολογήθηκαν ως προς την αξία τους ως δείκτες της υδατικής κατάστασης τους. Συγχρόνως η παρούσα μελέτη θέλει να καταδείξει τις δυνατότητες που υπάρχουν σήμερα για την εφαρμογή ελεγχόμενης άρδευσης και τις θετικές επιδράσεις που μπορεί να έχει αυτή, τόσο στην ποιότητα των οινικών μας προϊόντων, όσο και στην ορθολογική χρήση ενός τόσο πολύτιμου και ελλειμματικού αγαθού όπως είναι το νερό.

5. Υλικά και Μέθοδοι

5.1. Αμπελώνας

Ο αμπελώνας που πραγματοποιήθηκε το πείραμα ανήκει στο Κτήμα Εύχαρις και έχει τα κάτωθι χαρακτηριστικά :

Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
Τοποθεσία	Θέση Απογιούρισμα στις πλαγιές των Γερανείων στα Μέγαρα (υψόμετρο 350μ)
Ποικιλία	Syrah
Υποκείμενο	140 Ruggeri
Έτος Φύτευσης	1999
Αποστάσεις Φύτευσης	2,6m x 1m
Αριθμός πρέμων/στρέμμα	380
Έκταση	12 στρέμματα
Σύστημα Μόρφωσης	Γραμμικό αμφίπλευρο Royat
Υποσύλωση	1 μονό σύρμα στα 50εκ. και δύο διπλά T 20εκ πλάτους
Έκθεση	Βορινή
Κλίση	20 %
Κατεύθυνση Γραμμών Φύτευσης	Ανατολή - Δύση κάθετα στην κλίση
Κοκκομετρική Σύσταση Εδάφους	Πηλώδες - Άμμοαργιλοπηλώδες
Ενεργό Ανθρακικό Ασβέστιο	18%
Βάθος ριζοστρώματος	>1,0 m
Σύστημα Άρδευσης	Στάγδην

Η συνήθης καλλιεργητική τεχνική περιλαμβάνει :

- Κλάδεμα καρποφορίας 5-7 παραγωγικών μονάδων των 2 οφθαλμών ανά πρέμνο.
- Βλαστολόγημα.
- Κορφολογήματα συνήθως 2 (το πρώτο αμέσως μετά το δέσιμο).
- Αραίωμα φορτίου (αν χρειάζεται) με αφαίρεση του στο τέλος Ιουνίου αρχές Ιουλίου πριν τον περκασμό.

- Ξεφύλλισμα της ζώνης των σταφυλιών μόνο από την βορινή πλευρά την περίοδο του περκασμού.
- Άρδευση με στόχο την κάλυψη των αναγκών στο 100% μέχρι το δέσιμο, την κάλυψη ενός ποσοστού 35- 40% μέχρι τον περκασμό και τέλος την κάλυψη ενός ποσοστού 55-60% μέχρι τον τρυγητό.

Στον πίνακα 6 που ακολουθεί φαίνεται η πορεία βασικών δεικτών βλάστησης και παραγωγής του αμπελώνα από το έτος 2002 έως το 2004.

Πίνακας 6 : Δείκτες Βλάστησης και Παραγωγής Πειραματικού Αμπελώνα

Έτος	Απόδοση ανά στρέμμα Kgr	Μέση παραγωγή σταφυλιών/ Πρέμνο gr	Πυκνότητα βλαστών Βλαστοί/ m	Παραγωγή Σταφυλιών /Επιφάνεια Εκτ.Φυλλώματος Kgr / m ²	Παραγωγή Σταφυλιών /Βάρος Κλαδέματος
2002	1365	3513	8,3	1,42	8,8
2003	1090	2806	12,0	1,13	3,7
2004	1100	2836	11,9	0,90	3,0

5.2. Σύστημα Άρδευσης

Στον αμπελώνα υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα στάγδην άρδευσης. Οι σταλάκτες είναι αυτορρυθμιζόμενοι και λειτουργούν παρέχοντας 2,3 λίτρα νερό την ώρα σε ένα εύρος πίεσης λειτουργίας από 0,6 - 4 bar . Οι σταλάκτες είναι τοποθετημένοι πάνω στην γραμμή άρδευσης ανά 60 εκατοστά. Σε κάθε γραμμή του αμπελώνα υπάρχει βάνα που δίνει την επιλογή άρδευσης ή όχι ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες. Η λειτουργία της άρδευσης για μια ώρα δίνει 1500 λίτρα νερού στο στρέμμα.

5.3. Πειραματικό Σχέδιο

Για την εκτέλεση του πειράματος χρησιμοποιήθηκε το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων . Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις επεμβάσεις οι οποίες επαναλήφθηκαν τέσσερις φορές σε διαφορετική θέση μέσα στον αμπελώνα. Η τυχαιοποίηση των επεμβάσεων πραγματοποιήθηκε ανεξάρτητα στην κάθε επέμβαση και το κάθε πειραματικό τεμάχιο περιελάμβανε 3Χ8=24 πρέμνα. Η μορφή του κάθε πειραματικού τεμαχίου φαίνεται στο σχήμα 1 :

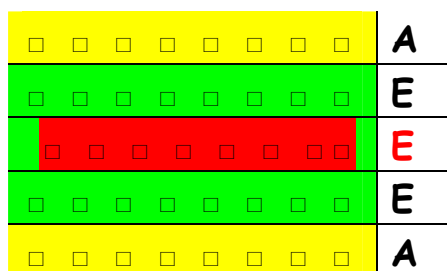
Όπου :

Ε: Επέμβαση (μία από τις τέσσερις)

Α: Ακραία σειρά πρέμνων που διαχωρίζει τα πειραματικά τεμάχια .

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο στα οκτώ πρέμνα στην μεσαία (κόκκινη) σειρά του κάθε πειραματικού τεμαχίου.

Σχήμα 1. Πειραματικό τεμάχιο



Οι τέσσερις επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν οι εξής :

- α. Άρδευση στο 100% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας.
- β. Άρδευση στο 35% των αναγκών σε νερό από το στάδιο της καρπόδεσης μέχρι τον περκασμό και στο 65% από τον περκασμό μέχρι τον τρυγητό. Έναρξη άρδευσης μετά την παύση αύξησης των βλαστών και αφού το Ψ leaf πάρει τιμές χαμηλότερες από -12 bar.
- γ. Καμία προσθήκη νερού με άρδευση ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο.
- δ. Άρδευση στο 35% των αναγκών από το στάδιο της καρπόδεσης μέχρι τον τρυγητό. Έναρξη άρδευσης μετά την παύση αύξησης των βλαστών και αφού το Ψ leaf πάρει τιμές χαμηλότερες από -12 bar.

Ο χρόνος έναρξης της άρδευσης στις επεμβάσεις β και δ , προσδιορίστηκε από τον συνδυασμό των δεδομένων των μετρήσεων του υδατικού δυναμικού καθώς και του μήκους των βλαστών. Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά στην μέτρηση του μήκους του βλαστού, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε δύο βλαστούς ανά πειραματικό τεμάχιο, οι οποίοι είχαν προσδεθεί σε καλάμι για να βρίσκονται σε κατακόρυφη θέση. Μέχρι την καρπόδεση οι ανάγκες σε νερό του αμπελώνα καλύφθηκαν σε όλες τις

επεμβάσεις στο 100% . Ο προσδιορισμός των αναγκών του αμπελώνα σε νερό έγινε μέσω του υπολογισμού της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής του.

5.4. Εξατμισοδιαπνοή

Ο συνδυασμός δύο διαφορετικών διαδικασιών μέσω των οποίων το νερό χάνεται, από την μία πλευρά από την επιφάνεια του εδάφους με εξάτμιση και από την άλλη πλευρά από την καλλιέργεια μέσω της διαπνοής, αναφέρεται με τον όρο εξατμισοδιαπνοή.

Παράμετροι που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή είναι :

1. Κλιματολογικές παράμετροι : ηλιακή ακτινοβολία, θερμοκρασία, σχετική υγρασία και ταχύτητα ανέμου.
2. Καλλιεργητικές παράμετροι : τύπος καλλιέργειας, ποικιλία, στάδιο ανάπτυξης, αποστάσεις φύτευσης, σύστημα υποστύλωσης.
3. Περιβαλλοντικοί παράμετροι και παράμετροι διαχείρισης : αλατότητα του εδάφους, μικρή γονιμότητα του εδάφους, παρουσία αδιαπέραστου εδαφικού οριζοντα, ύπαρξη καλλιέργειας εδαφοκάλυψης παράλληλα με την κύρια καλλιέργεια κ.α.

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής του αμπελώνα πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια των κλιματολογικών δεδομένων μετεωρολογικού σταθμού ιδιοκτησίας του Κτήματος Εύχαρις, που υπάρχει σε απόσταση 300μ από τον αμπελώνα πειραματισμού. Πρόκειται για μετεωρολογικό σταθμό μMetos της εταιρίας Pessl Instruments GmbH, με δυνατότητα ωριαίας καταγραφής της θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, βροχόπτωσης, ταχύτητας ανέμου, ηλιακής ακτινοβολίας, θερμοκρασίας και υγρασίας εδάφους (μόνο στην περιοχή τοποθέτησης του). Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς χρησιμοποιήθηκε ειδικό πρόγραμμα του μετεωρολογικού σταθμού που υπολογίζει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ΕΔο) με την σχέση των Penman - Monteith. Για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής του αμπελώνα (ΕΔα) χρησιμοποιήθηκε η σχέση :

$$ΕΔα = Κα * ΕΔο$$

Ο συντελεστής K_a έχει σχέση με τις καλλιεργητικές παραμέτρους. Πιο συγκεκριμένα εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης, τον βαθμό σκίασης του εδάφους και τα χαρακτηριστικά της κόμης του αμπελώνα. Πρακτικά και για τις ανάγκες του πειράματος προσδιορίστηκε σύμφωνα με την μεθοδολογία που περιγράφει ο Williams (2001) και οι Williams και Ayars, (2005) . Κατά την εξέλιξη της βλαστικής περιόδου χρησιμοποιήθηκε η σχέση :

$$K_a = 1,7 * \Sigma.E.$$

όπου $\Sigma.E.$: το ποσοστό της σκιαζόμενης επιφάνειας του εδάφους κατά το ηλιακό μεσημέρι, δηλαδή περίπου στις 12:30 π.μ.

5.5. Υδατικό Δυναμικό

Για την εκτίμηση του υδατικού δυναμικού των πρέμνων πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις με θάλαμο πίεσης :

1. Μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων πριν την αυγή (Ψ_{PD}).
2. Μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων το ηλιακό μεσημέρι (Ψ_{leaf}).
3. Μέτρηση του υδατικού δυναμικού του βλαστού (Ψ_{stem}).

Οι μετρήσεις του Ψ_{PD} πραγματοποιήθηκαν πριν την αυγή και από ώρα 03:30 μέχρι να ολοκληρωθούν . Οι μετρήσεις των Ψ_{leaf} και Ψ_{stem} πραγματοποιήθηκαν από ώρα 12:30 έως 15:00 . Για την μέτρηση του Ψ_{PD} και Ψ_{stem} χρησιμοποιήθηκαν πλήρως αναπτυγμένα, ώριμα φύλλα από την βορινή (σκιαζόμενη) πλευρά της κόμης ενώ για την μέτρηση του Ψ_{leaf} χρησιμοποιήθηκαν πλήρως αναπτυγμένα, ώριμα φύλλα, εκτεθειμένα στο άμεσο ηλιακό φως. Τα φύλλα για την μέτρηση του Ψ_{PD} χρησιμοποιήθηκαν απευθείας για μέτρηση ενώ τα φύλλα για την μέτρηση του Ψ_{leaf} 1-2 δευτερόλεπτα πριν κοπούν είχαν τοποθετηθεί μέσα σε πλαστική σακούλα για να περιοριστούν οι απώλειες λόγω διαπνοής. Στην περίπτωση της μέτρησης του Ψ_{stem} τα φύλλα είχαν τοποθετηθεί μέσα σε πλαστική σακούλα και είχαν καλυφθεί με αλουμινόχαρτο τουλάχιστον 1,5 ώρες πριν κοπούν για να μετρηθούν. Σε όλες τις μετρήσεις ο χρόνος από την κοπή του φύλλου μέχρι την έναρξη της μέτρησης ήταν 10-15 δευτερόλεπτα ενώ ο ρυθμός αύξησης της πίεσης ήταν μικρότερος από 0,3 bar / δευτερόλεπτο. Οι μέρες που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις ήταν ηλιόλουστες με κανονικές τιμές θερμοκρασίας , σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου για την περίοδο που έγιναν. Σε κάθε επανάληψη πραγματοποιήθηκαν, κάθε φορά, από δύο μετρήσεις σε δύο διαφορετικά φυτά τα οποία ήταν τα ίδια για τις τρεις

διαφορετικές μεθοδολογίες . Συνεπώς για την κάθε διαφορετική μέρα μέτρησης κατεγράφησαν μετρήσεις των Ψpredawn, Ψleaf και Ψstem . Οι μετρήσεις του υδατικού δυναμικού πραγματοποιήθηκαν επτά φορές τις ημερομηνίες: 20/6 , 30/6, 18/7, 29/7, 10/8, 26/8, και 2/9 .

5.6. Φωτοσύνθεση - Στοματική Αγωγιμότητα

Πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις της φωτοσύνθεσης (ANET) και της στοματικής αγωγιμότητας(Cs) με ειδικό όργανο Li-6200 (Li-Cor Lincoln Nebraska, USA) τις ημερομηνίες 23/8 και 31/8. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από ώρα 12:30 έως 15:00 σε τέσσερα ανά επέμβαση, πλήρως αναπτυγμένα ώριμα φύλλα, πλήρως εκτεθειμένα στο άμεσο ηλιακό φως στην νοτινή πλευρά των πρέμνων.

5.7. Μετρήσεις στα σταφύλια κατά την συγκομιδή και την Οινοποίηση

Κατά τον τρυγητό μετρήθηκαν τα κάτωθι :

1. Η απόδοση ανά πρέμνο.
2. Ο αριθμός των σταφυλιών ανά πρέμνο.
3. Το βάρος 1000 ραγών.
4. Το βάρος των βοστρύχων.
5. Η απόδοση σε γλεύκος
6. Ο δυναμικός αλκοολικός βαθμός μέσω μέτρησης της πυκνότητας του γλεύκους.
7. Η ολική οξύτητα.
8. Η ενεργός οξύτητα.
9. Δείκτης φαινολικών ουσιών (ΔΦΟ).
10. Οι δείκτες του Glory ArH1, ArH3,4, EA(%), MP(%)

Ο τρυγητός πραγματοποιήθηκε στις 5/9/05 για τις επεμβάσεις α και γ και στις 7/9/05 για τις επεμβάσεις β και δ. Αμέσως μετά τον τρυγητό πραγματοποιήθηκε χειρονακτική αποβοστρύχωση των σταφυλιών και σπάσιμο των ραγών . Όλες οι επαναλήψεις της κάθε επέμβασης οινοποιήθηκαν μαζί . Συνεπώς πραγματοποιήθηκαν 4 διαφορετικές οινοποιήσεις. Ο σταφυλοπολτός σε κάθε δεξαμενή θειώθηκε στα 50mg/lit και εμβολιάστηκε την επόμενη του τρύγου μέρα με ζύμες Syrah (Martin Viallate) σε δοσολογία

20gr/Hl . Η παραμονή των στεμφύλων με το εν ζυμώσει γλεύκος διάρκησε 10 ημέρες από την ημέρα του τρυγητού. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε διαχωρισμός κατά τον οποίο στις δεξαμενές του πειράματος, δεν τοποθετήθηκαν οι πιέσεις των στεμφύλων . Μετά την ολοκλήρωση της αλκοολικής ζύμωσης οι δεξαμενές σφραγίστηκαν και αφού πραγματοποιήθηκε φυσική διαύγαση των νέων οίνων πραγματοποιήθηκε μετάγγισή τους και διαχωρισμός από τις λάσπες. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε νέα θείωση των οίνων και τυποποίηση τους σε φιάλες και bag-in-box για την καλύτερη διατήρησή τους.

Στους οίνους έγινε πλήρης ανάλυση και πραγματοποιήθηκε οργανοληπτική αξιολόγησή τους με την χρήση συγκεκριμένου εντύπου γευσιγνωσίας (παράρτημα Α).

6. Αποτελέσματα - Συζήτηση

6.1 Επιδράσεις στο υδατικό δυναμικό

Στον πίνακα 7 καθώς και στα διαγράμματα 4 και 5, φαίνεται η εξέλιξη των βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων που επικράτησαν στον αμπελώνα τα έτη 2004 και 2005.

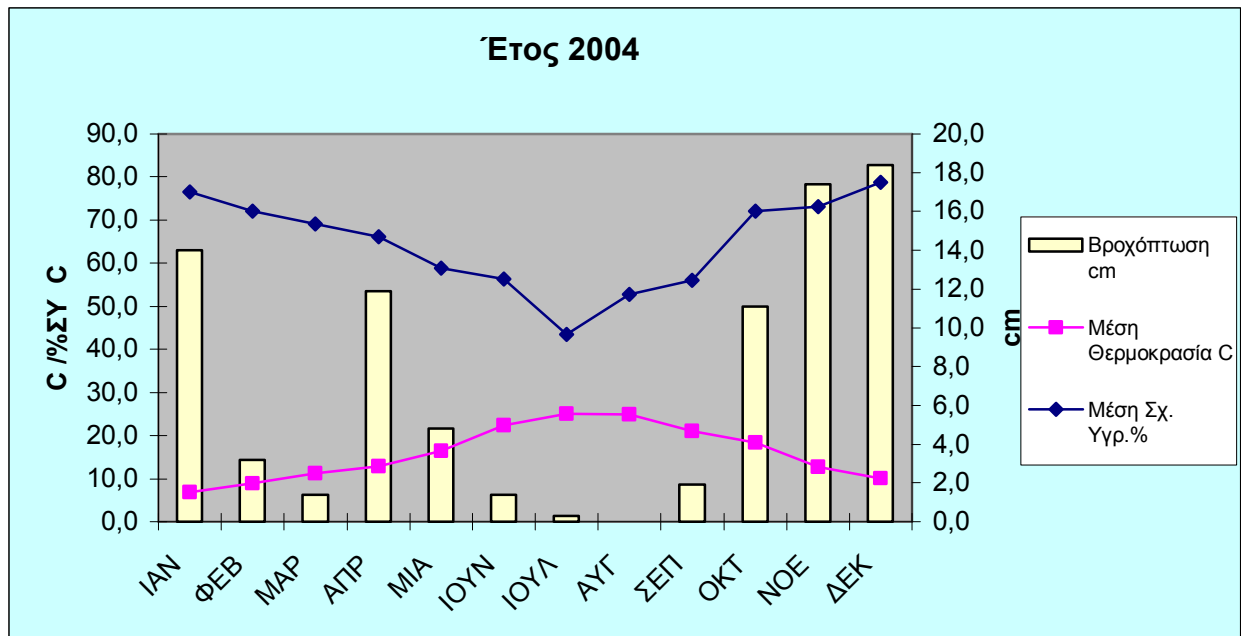
Πίνακας 7 : Βασικές Μετεωρολογικοί Παράμετροι ετών 2004 και 2005

Μήνας	2004			2005		
	Μέση Θ °C	Μέση Σ.Υ.%	Βροχόπτωση mm	Μέση Θ °C	Μέση Σ.Υ.%	Βροχόπτωση mm
Ιανουάριος	6,8	76,5	140	7,6	75,5	145
Φεβρουάριος	8,9	72,1	32	6,1	74,5	132
Μάρτιος	11,2	69,1	14	10,2	72,7	58
Απρίλιος	12,9	66,1	119	12,9	58,7	0
Μάιος	16,5	58,8	48	18,1	61,1	33
Ιούνιος	22,4	56,4	14	21,9	52,1	17
Ιούλιος	25,1	43,4	3	25,6	52,2	1
Αύγουστος	24,9	52,8	0	25,1	52,9	49
Σεπτέμβριος	21,1	56	19	21,4	63,6	120
Οκτώβριος	18,4	72,1	111	15,5	68,7	64
Νοέμβριος	12,7	73,1	174	11,3	75,8	236
Δεκέμβριος	10,1	78,8	184	9,4	75,3	105

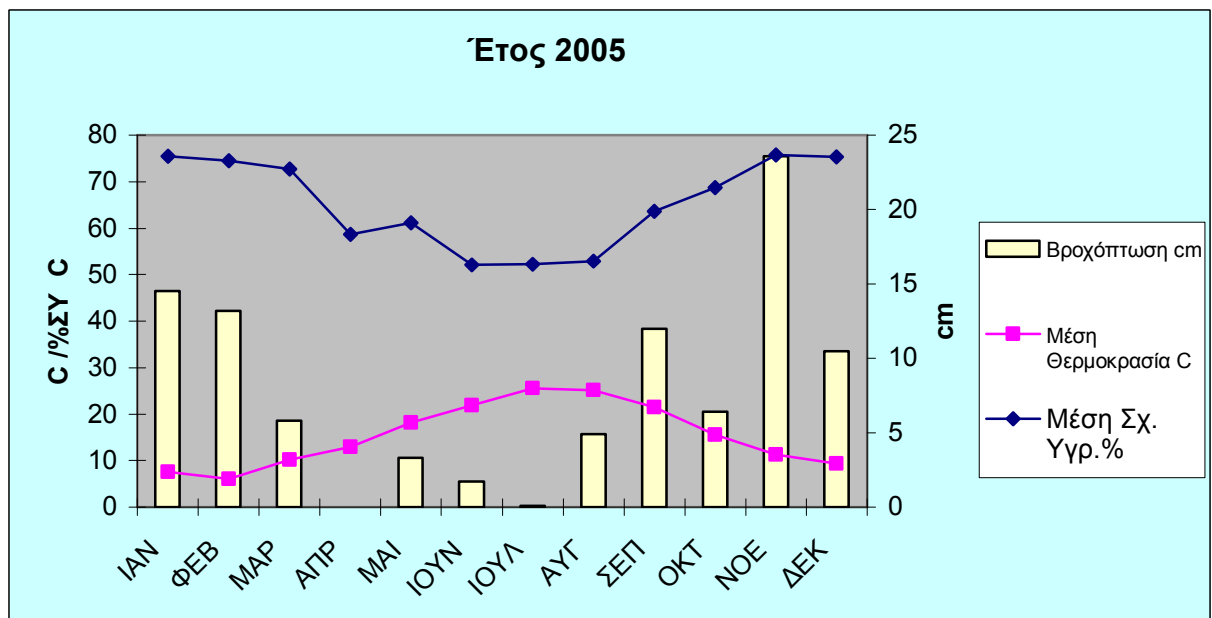
Μια σημαντική παρατήρηση που πρέπει να γίνει και αφορά άμεσα το πείραμα, είναι ότι το μέγεθος των βροχοπτώσεων και η ετήσια κατανομή τους διαφέρουν σημαντικά από την μέση κατάσταση που επικρατεί συνήθως στην περιοχή. Βλέπουμε λοιπόν ότι η συνολική βροχόπτωση το 2004 ξεπερνά τα 850mm ενώ αυτή του 2005 τα 960mm . Η συνήθης κατάσταση στην περιοχή είναι ανάμεσα στα 300 - 400mm. Συγχρόνως η βροχόπτωση κατά την περίοδο Ιουνίου - Αυγούστου ήταν 67mm για το 2005 ενώ η συνήθης

κατάσταση είναι να μην έχουμε καθόλου σημαντικές βροχοπτώσεις (<10mm). Αυτά τα γεγονότα είχαν σαν άμεσο αποτέλεσμα μια σημαντική επίδραση στις υδατικές σχέσεις των πρέμνων του αμπελώνα και προφανώς στον χρόνο έναρξης και την ένταση της υδατικής καταπόνησης τους .

Διάγραμμα 4 : Μετεωρολογικοί παράμετροι 2004



Διάγραμμα 5 : Μετεωρολογικοί παράμετροι 2005



Στο διάγραμμα 6 μπορούμε να δούμε πως επέδρασαν οι διάφορες μετεωρολογικοί παράμετροι στο υδατικό δυναμικό της ατμόσφαιρας κατά την περίοδο από 1/6 έως και 10/9 .

Είναι φανερή η επίδραση της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας, στο υδατικό δυναμικό της ατμόσφαιρας καθώς τα ελάχιστα διαμορφώνονται στον αντίστοιχο συνδυασμό ελάχιστων τιμών της σχετικής υγρασίας και μέγιστων της θερμοκρασίας. Σημαντική επίδραση φαίνεται εξίσου να έχει και

η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου που μειώνει το υδατικό δυναμικό της ατμόσφαιρας όταν προέρχεται από σχετικά ξηρούς βορειοδυτικούς ανέμους, όπως είναι αυτοί που επικρατούν στην περιοχή του πειραματισμού.

Ο σχεδιασμός των επεμβάσεων του πειράματος περιελάμβανε δύο επεμβάσεις (β και δ) στις οποίες θα εφαρμοζόταν ουσιαστικά ελεγχόμενη υδατική στέρση από το στάδιο της καρπόδεσης μέχρι τον περκασμό. Αυτό απαιτούσε σύντομα μετά την καρπόδεση να υπάρξει σταδιακά μια κατάσταση υδατικής καταπόνησης που θα είχε σαν αποτέλεσμα την ανάσχεση της βλάστησης και το υδατικό δυναμικό Ψ_{leaf} να έπεφτε κάτω από -12bar. Αυτό δεν συνέβη μέχρι τον περκασμό αλλά μετά από αυτόν. Η έναρξη της άρδευσης στις επεμβάσεις β και δ πραγματοποιήθηκε αρκετά αργά στις 16 Αυγούστου μετά και από μια σημαντική βροχόπτωση που είχαμε στις 9 του ίδιου μήνα. Συνεπώς χάθηκε η δυνατότητα να δούμε την επίδραση της υδατικής καταπόνησης στο στάδιο αυτό (καρπόδεση-περκασμός), που όπως έχουμε ήδη εξετάσει, είναι το σημαντικότερο στάδιο όσον αφορά την επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην ποσότητα και ποιότητα της παραγωγής ενός αμπελώνα. Συγχρόνως η επέμβαση γ (καθόλου άρδευση ολόκληρη την περίοδο) δεν έδειξε αποτελέσματα δριμείας υδατικής καταπόνησης που θα συνέβαινε εφόσον θα ήταν μια συνήθης χρονιά όσον αφορά στο μέγεθος και στην κατανομή των βροχοπτώσεων.

Τα φαινολογικά στάδια του πειραματικού αμπελώνα το 2005 διαμορφώθηκαν ως εξής :

Στάδιο	Έναρξη Βλάστησης	Άνθηση 50%	Περκασμός 50%	Τεχνολογική Ωρίμανση
Ημερομηνία	2/4	29/5	25/7	5-7/9

Στον πίνακα 8 φαίνεται η περίοδος κατά την οποία πραγματοποιήθηκαν οι διαφορετικές επεμβάσεις άρδευσης, η βροχόπτωση που έπεσε, η ΕΔο, ο συντελεστής Κα, καθώς και η ΕΔα. Η αποτελεσματική βροχόπτωση (Αποτ. Βροχ.) προέκυψε από την σχέση :

$$\text{Αποτ. Βροχ. mm} = (\text{Βροχ. mm} - 0,65\text{mm}) \times 0,8 \text{ (Prichard κ.α., 2004)}$$

Πίνακας 8 : Βροχόπτωση, Εξατμισοδιαπνοή, Άρδευση Πειραματικών Τεμαχίων.

Ημερομηνία	Βροχ. mm	Αποτ. Βροχ. mm	ΕΔο mm	Κα	ΕΔα mm	Άρδευση mm		
						Επ. α	Επ. β	Επ. δ
1/7/2005	0	0	8,4	0,45	3,8			
2/7/2005	0	0	10,4	0,45	4,7			
3/7/2005	1,2	0	4,2	0,45	1,9			
4/7/2005	0	0	6,1	0,47	2,9	9		
5/7/2005	0	0	5,2	0,47	2,4			
6/7/2005	0	0	6,8	0,47	3,2			
7/7/2005	0	0	7,2	0,47	3,4	9		
8/7/2005	0	0	6,8	0,47	3,2			
9/7/2005	0	0	6,6	0,47	3,1			
10/7/2005	0	0	8,2	0,47	3,9			
11/7/2005	0	0	7,3	0,47	3,4	9		
12/7/2005	0	0	8,3	0,49	4,1			
13/7/2005	0	0	9,1	0,49	4,5			
14/7/2005	0	0	6,8	0,49	3,3	9		
15/7/2005	0	0	5,8	0,49	2,8			
16/7/2005	0	0	6,6	0,49	3,2			
17/7/2005	0	0	7	0,49	3,4			
18/7/2005	0	0	7,9	0,51	4,0	9		
19/7/2005	0	0	7,6	0,51	3,9			
20/7/2005	0	0	7,6	0,51	3,9			
21/7/2005	0	0	6,4	0,51	3,3	9		
22/7/2005	0	0	6,5	0,51	3,3			
23/7/2005	0	0	7,7	0,51	3,9			
24/7/2005	0	0	8,6	0,51	4,4			
25/7/2005	0	0	6,4	0,51	3,3	9		
26/7/2005	0	0	7,1	0,51	3,6			
27/7/2005	0	0	8,9	0,51	4,5	9		
28/7/2005	0	0	10	0,51	5,1			
29/7/2005	0	0	9,6	0,51	4,9	9		
30/7/2005	0	0	8,9	0,51	4,5			

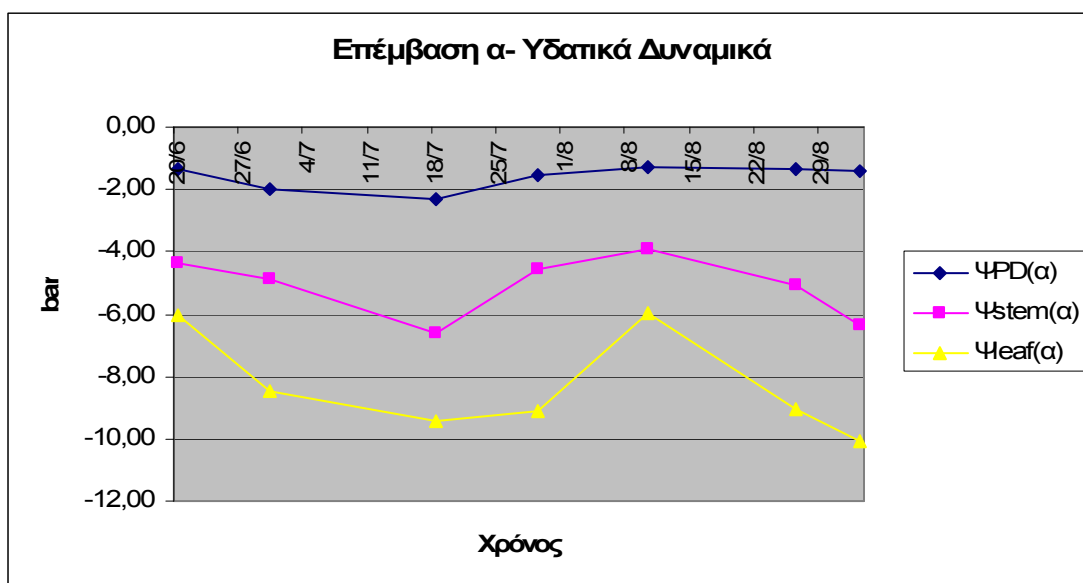
31/7/2005	0	0	8,9	0,51	4,5			
1/8/2005	0	0	7,4	0,51	3,8	12		
2/8/2005	0	0	7,4	0,51	3,8			
3/8/2005	0	0	7,2	0,51	3,7	9		

Ημερομηνία	Βροχ. mm	Αποτ. Βροχ. mm	ΕΔο mm	Κα	ΕΔα mm	Άρδευση mm		
						Επ. α	Επ. β	Επ. δ
4/8/2005	0		7,3	0,51	3,7			
5/8/2005	0		9,1	0,51	4,6	9		
6/8/2005	0,8		5,1	0,51	2,6			
7/8/2005	0		5,5	0,51	2,8	9		
8/8/2005	0		7,2	0,51	3,7			
9/8/2005	45	35,5	5,1	0,51	2,6	9		
10/8/2005	0		6,2	0,51	3,2			
11/8/2005	0		7	0,51	3,6			
12/8/2005	0		6,3	0,51	3,2			
13/8/2005	0		7,4	0,51	3,8			
14/8/2005	0		9	0,51	4,6			
15/8/2005	0		6,1	0,51	3,1			
16/8/2005	0		6,8	0,51	3,5	9	6	3
17/8/2005	0		9,2	0,51	4,7			
18/8/2005	0		8	0,51	4,1			
19/8/2005	0		6,1	0,51	3,1	9	6	3
20/8/2005	0		7,5	0,51	3,8			
21/8/2005	0		6	0,51	3,1			
22/8/2005	0		5	0,51	2,6	9	6	3
23/8/2005	0		7	0,51	3,6			
24/8/2005	0		7,9	0,51	4,0			
25/8/2005	0		5,6	0,51	2,9	9	6	3
26/8/2005	3,6	0	4,8	0,51	2,4			
27/8/2005	0		6	0,51	3,1			
28/8/2005	0		5,9	0,51	3,0	9	6	3
29/8/2005	0		6,9	0,51	3,5			
30/8/2005	0		7,5	0,51	3,8			
31/8/2005	0		7,2	0,51	3,7	9	6	3
1/9/2005	0		6,2	0,51	3,2			
2/9/2005	0		6,1	0,51	3,1			
3/9/2005	0		4,9	0,51	2,5	9	6	3

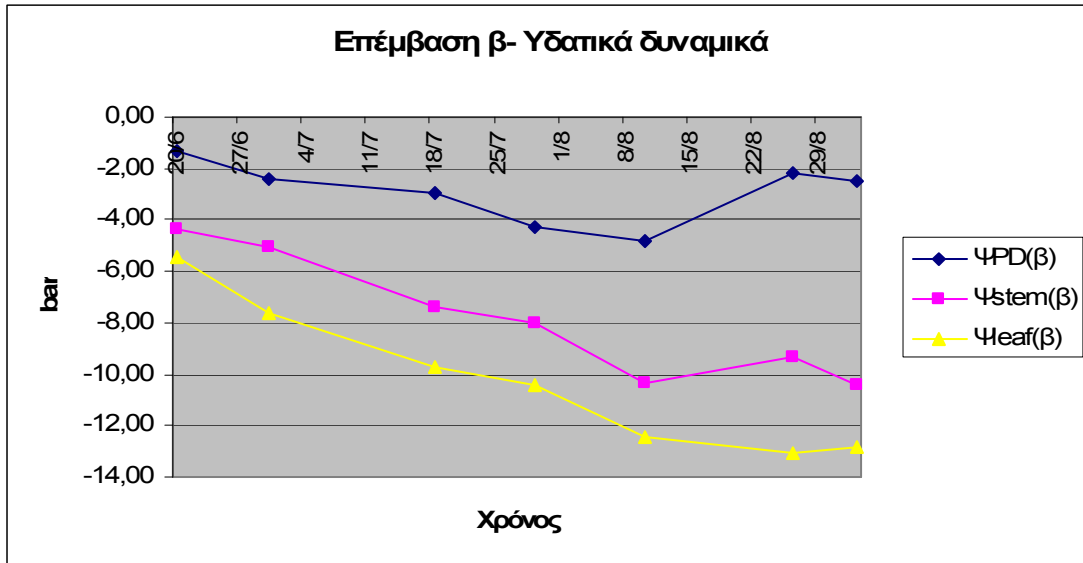
4/9/2005	0		4,3	0,51	2,2			
5/9/2005	0		5,4	0,51	2,8			
6/9/2005	0		5	0,51	2,6			
Σύνολα		35,5			238,1	195	42	21

Στα διαγράμματα 7, 8, 9 και 10 φαίνεται η εξέλιξη των υδατικών δυναμικών στις τέσσερις διαφορετικές επεμβάσεις :

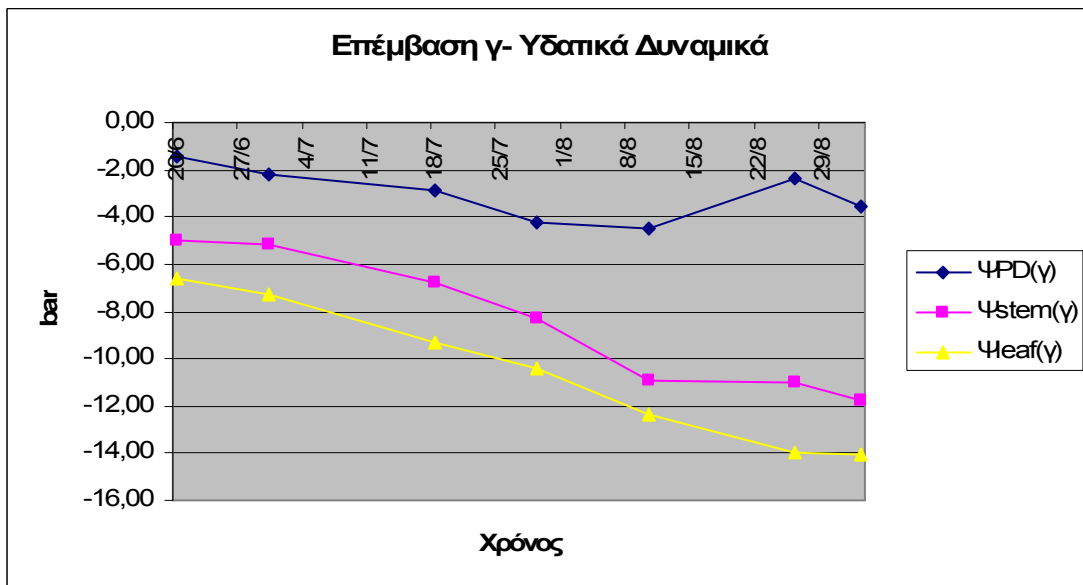
Διάγραμμα 7 : Υδατικά Δυναμικά στην Επέμβαση α



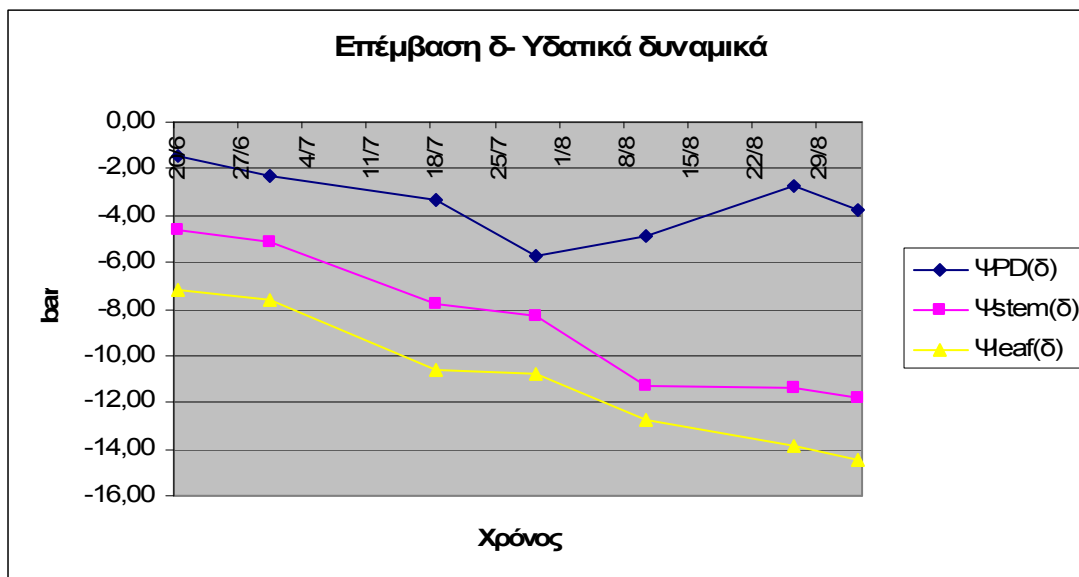
Διάγραμμα 8 : Υδατικά Δυναμικά στην Επέμβαση β



Διάγραμμα 9 : Υδατικά Δυναμικά στην Επέμβαση γ



Διάγραμμα 10 : Υδατικά Δυναμικά στην Επέμβαση δ

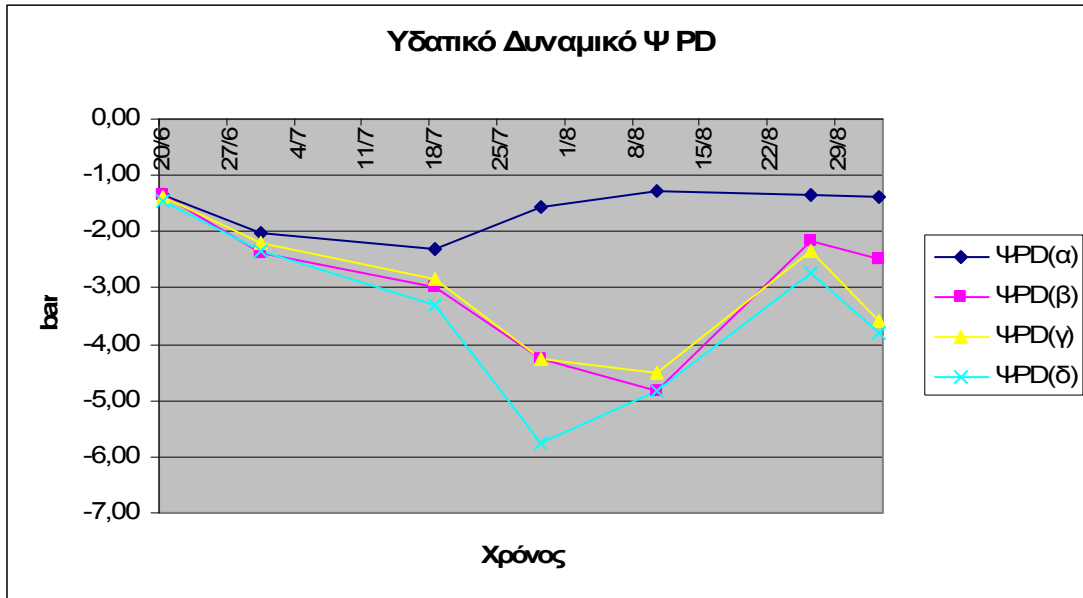


Παρατηρούμε ότι στις επεμβάσεις β, γ και δ η πορεία είναι ίδια μέχρι και την μέτρηση στις 10/8 ενώ αυτή της επέμβασης α διαφέρει και παίρνει

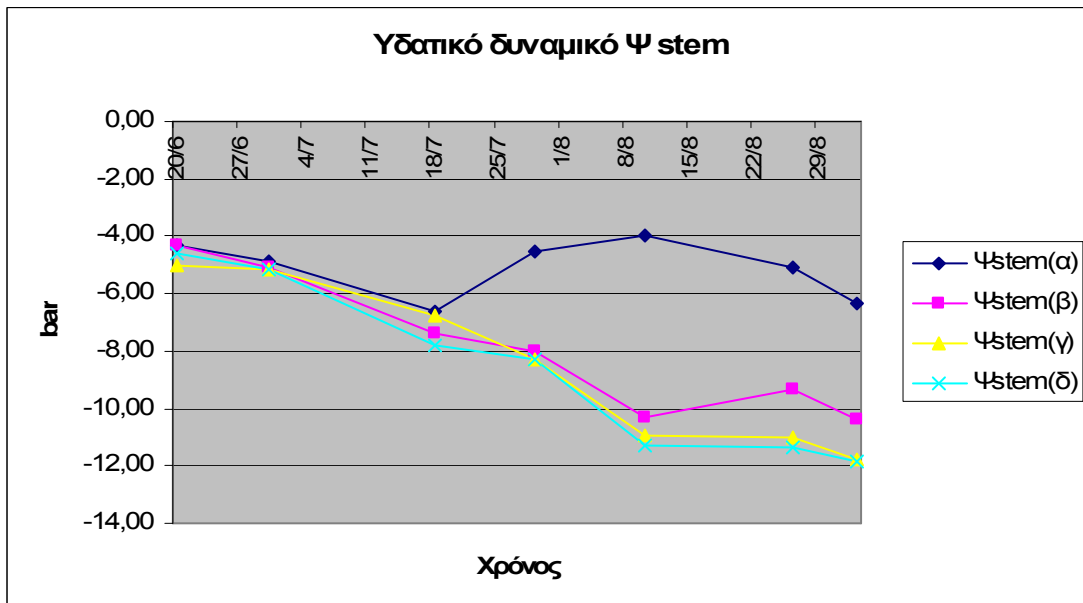
την μικρότερη τιμή. Αυτό δικαιολογείται απόλυτα από το γεγονός ότι μέχρι αυτήν την περίοδο δεν έχει διαφοροποιηθεί ο χειρισμός τους. Επίσης στην μέτρηση (10/8) μετά την βροχόπτωση στις 9/8, παρατηρούμε ότι στην μοναδική επέμβαση στην οποία γίνεται αμέσως εμφανής η επίδραση της, είναι η α. Πιθανόν, λόγω της συχνής άρδευσης από τις αρχές Ιουλίου στην επέμβαση α, το πολύ καλά αναπτυγμένο ριζικό σύστημα στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους, επέτρεψε αυτήν την άμεση πρόσληψη του νερού της βροχής όπως καταγράφεται από τις μετρήσεις των υδατικών δυναμικών. Το ίδιο βέβαια δεν συνέβη για τις άλλες τρεις επεμβάσεις που μέχρι τότε δεν είχαν δεχθεί άρδευση. Σε αυτές η επίδραση της βροχόπτωσης καταγράφηκε με κάποια υστέρηση, αργότερα, οπότε σε όλες παρατηρήθηκε αύξηση κυρίως του ΨPD.

Στα διαγράμματα 11, 12 και 13 φαίνεται η εξέλιξη του κάθε ενός υδατικού δυναμικού και στις τέσσερις επεμβάσεις:

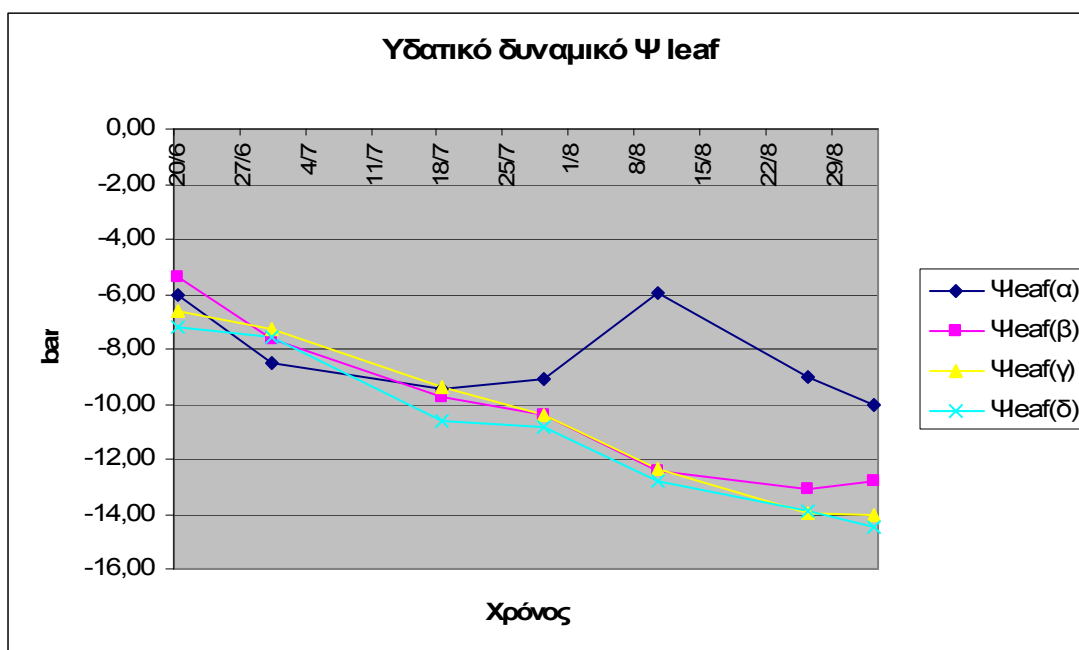
Διάγραμμα 11 : Υδατικό δυναμικό ΨPD



Διάγραμμα 12 : Υδατικό δυναμικό Ψ stem



Διάγραμμα 13 : Υδατικό δυναμικό Ψ leaf



Από την στατιστική ανάλυση των μετρήσεων, προέκυψαν διαφορές ανάμεσα στους μέσους των επεμβάσεων στις εξής περιπτώσεις (πιν9, πιν10, πιν11) :

Πίνακας 9 : Σύγκριση μέσων επεμβάσεων των τιμών ΨPD .

Ημερομηνία Μέτρησης ΨPD (bar)	Επεμβάσεις			
	α	β	γ	δ
20/6	-1,35a	-1,36a	-1,40a	-1,46a
30/6	-2,01a	-2,39a	-2,21a	-2,33a
18/7	-2,30a	-2,99a	-2,84a	-3,31a
29/7	-1,56a	-4,25b	-4,25b	-5,75c
10/8	-1,29a	-4,83b	-4,51b	-4,84b
26/8	-1,34a	-2,16b	-2,33b	-2,73c
2/9	-1,38a	-2,48b	-3,58c	-3,80c

Πίνακας 10 : Σύγκριση μέσων επεμβάσεων των τιμών Ψ_{stem} .

Ημερομηνία Μέτρησης Ψ_{stem}	Επεμβάσεις			
	α	β	γ	δ
20/6	-4,35a	-4,33a	-4,60a	-4,53a
30/6	-4,88a	-5,08a	-5,13a	-5,15a

18/7	-6,61a	-7,36a	-6,78a	-7,79a
29/7	-4,95a	-7,98b	-8,28b	-8,28b
10/8	-3,94a	-10,33b	-10,94b	-11,30b
26/8	-5,05a	-9,36b	-10,98c	-11,38c
2/9	-6,35a	-10,40b	-11,80c	-11,84c

Πίνακας 11 : Σύγκριση μέσων επεμβάσεων των τιμών Ψ_{leaf} .

Ημερομηνία	Επεμβάσεις			
	α	β	γ	δ
Μέτρησης Ψ_{leaf}				
20/6	-6,05a	-5,41a	-6,63a	-7,19a
30/6	-8,48a	-7,66a	-7,29a	-7,59a
18/7	-9,46a	-9,75a	-9,35a	-10,60a
29/7	-9,11a	-10,43b	-10,43b	-10,80b
10/8	-5,96a	12,43b	-12,39b	-12,79b
26/8	-9,03a	-13,09b	-13,94c	-13,86c
2/9	-10,05a	-12,80b	-14,05c	-14,44c

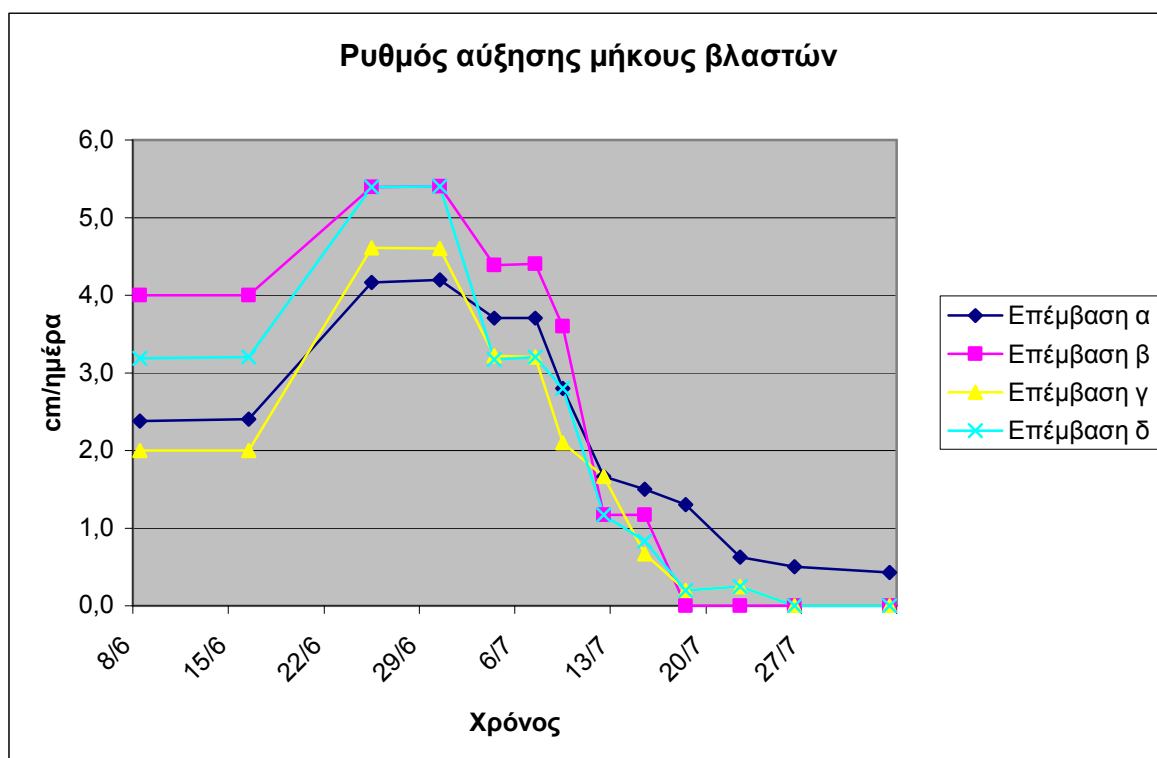
Παρατηρούμε ότι η διαφορά ανάμεσα στις επεμβάσεις στα Ψ_{PD} , Ψ_{stem} εμφανίζεται από την μέτρηση στις 29/7 . Είναι βέβαια χαρακτηριστικό ότι οι διαφορές των μέσων είναι πολύ μεγαλύτερες στην περίπτωση των Ψ_{PD} και Ψ_{stem} σε σχέση με αυτές των Ψ_{leaf} . Αυτό δείχνει ότι τα Ψ_{PD} και Ψ_{stem} είναι σαν δείκτες πιο ευαίσθητοι από το Ψ_{leaf} . Σε συνδυασμό με τις μετρήσεις του μήκους των βλαστών (διάγρ. 14) φαίνεται ότι η επιμήκυνση τους σταματά σε τιμές $\Psi_{PD} = -4$ έως -5 bar, $\Psi_{stem} = -7$ έως -8 bar και $\Psi_{leaf} = -9$ έως -10 bar.

Όπως προκύπτει από την εξέλιξη των τιμών των υδατικών δυναμικών σε όλες τις επεμβάσεις, το Ψ_{PD} ενώ είναι πολύ καλός δείκτης της έναρξης της υδατικής καταπόνησης δεν είναι το ίδιο καλός δείκτης για την παρακολούθηση της υδατικής κατάστασης των πρέμνων του αμπελώνα καθώς στις μετρήσεις στις 26/8 και 2/9 φαίνεται να αυξάνεται σε τιμές που δεν δείχνουν υδατική καταπόνηση, ενώ τα πρέμνα βρίσκονται σε κατάσταση μέτριας υδατικής καταπόνησης, όπως προκύπτει από τις μετρήσεις των Ψ_{stem} και Ψ_{leaf} . Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην επίδραση της βροχόπτωσης στις 9/8 ενώ δεν θα πρέπει να αγνοήσουμε ότι όσο προχωρά η ωρίμανση το μήκος της ημέρας μικραίνει και αυξάνεται αυτό της νύκτας και

συνεπώς τα φυτά έχουν περισσότερο χρόνο στην διάθεση τους για να αναπληρώσουν το νερό που τους λείπει.

Με τα δεδομένα αυτής της χρονιάς όπως αυτά εκφράστηκαν στον χρόνο και τα επίπεδα υδατικής καταπόνησης που παρουσιάστηκαν, καθώς και το γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκε αμπελώνας με την ποικιλία Syrah που παρουσιάζει μια σχεδόν ανισοϋδρική συμπεριφορά (Schultz, 2003), θεωρείται ότι τόσο το Ψstem όσο και το Ψleaf αποτελούν εξίσου αξιόπιστους δείκτες της υδατικής κατάστασης των πρέμνων. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με αυτά του Williams (2002). Πιθανόν η χρήση του Ψleaf στην αμπελοκομική πράξη για την παρακολούθηση της υδατικής κατάστασης των πρέμνων και την αξιοποίηση στον προγραμματισμό της άρδευσης, να υπολείπεται σε ευαισθησία και ακρίβεια, όταν πρόκειται για άλλες ποικιλίες που παρουσιάζουν σχεδόν ισοϋδρική συμπεριφορά ή / και όταν περνάμε σε επίπεδα υψηλής έως δριμείας υδατικής καταπόνησης, καθώς το έλλειμμα κορεσμού της ατμόσφαιρας επιδρά δραστικά σε αυτές τις περιπτώσεις στην συμπεριφορά των στοματίων των φύλλων. Σε αυτές τις περιπτώσεις η χρήση του Ψstem σίγουρα μπορεί να θεωρηθεί πιο αποτελεσματική και αξιόπιστη σύμφωνα και με τον Chone (2001).

Διάγραμμα 14 : Ρυθμός αύξησης μήκους βλαστού ανά επέμβαση.



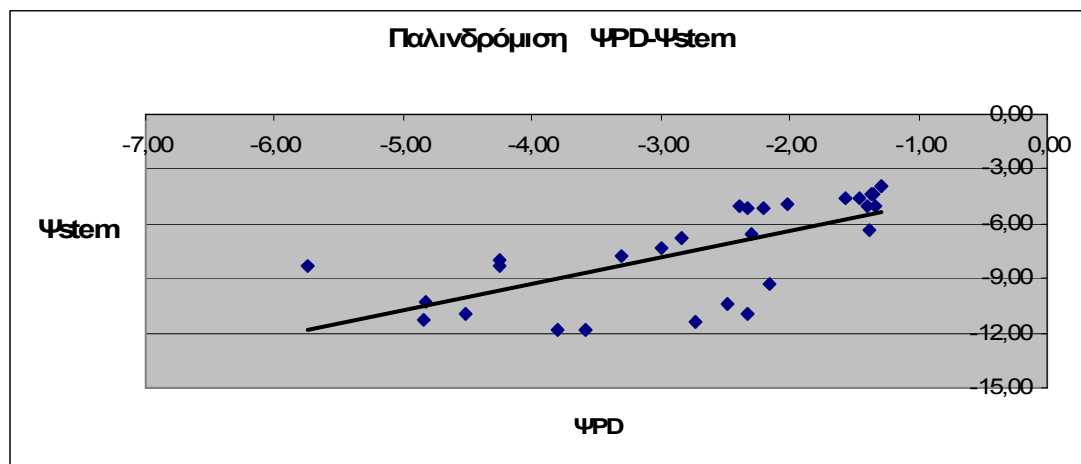
Ο συντελεστής συσχέτισης (r^2) και οι γραμμικές εξισώσεις που συνδέουν τα τρία υδατικά δυναμικά είναι :

	r^2	
ΨPD- Ψstem	0,68	Ψstem=1,4481ΨPD-3,5105
ΨPD -Ψleaf	0,59	Ψleaf=1,2610 ΨPD-6,5686
Ψstem -Ψleaf	0,96	Ψleaf=0,9563 Ψstem-2,8708

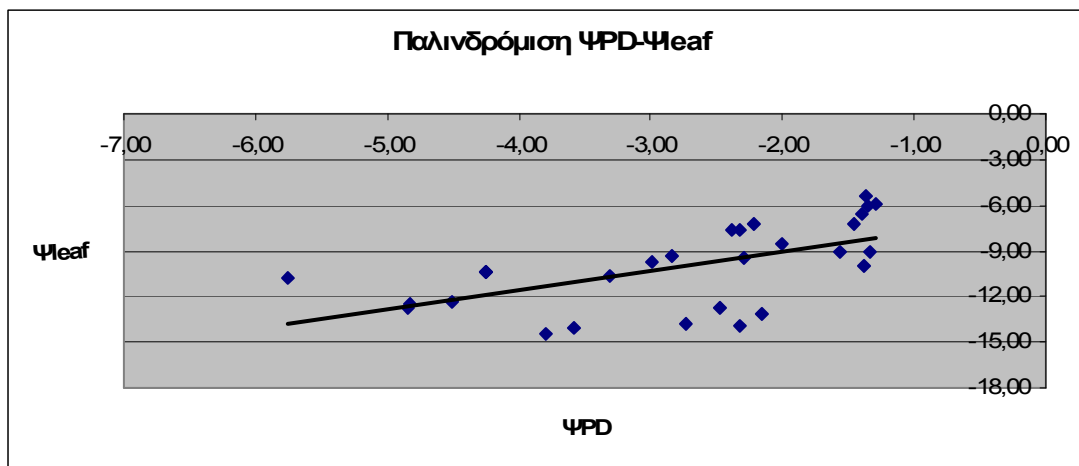
Ο υψηλότερος συντελεστής συσχέτισης βρέθηκε ανάμεσα στις μετρήσεις των Ψstem και Ψleaf ($r^2 = 0,96$). Και οι άλλοι όμως συντελεστές συσχέτισης είναι αρκετά υψηλοί. Αυτά τα αποτελέσματα βρίσκονται σε συμφωνία με αυτά του Williams (2002).

Στα διαγράμματα 15, 16 και 17 μπορούμε να δούμε μέσα από το σύνολο των μετρήσεων σε όλες τις επεμβάσεις την γραμμική σχέση που συνδέει τα τρία δυναμικά.

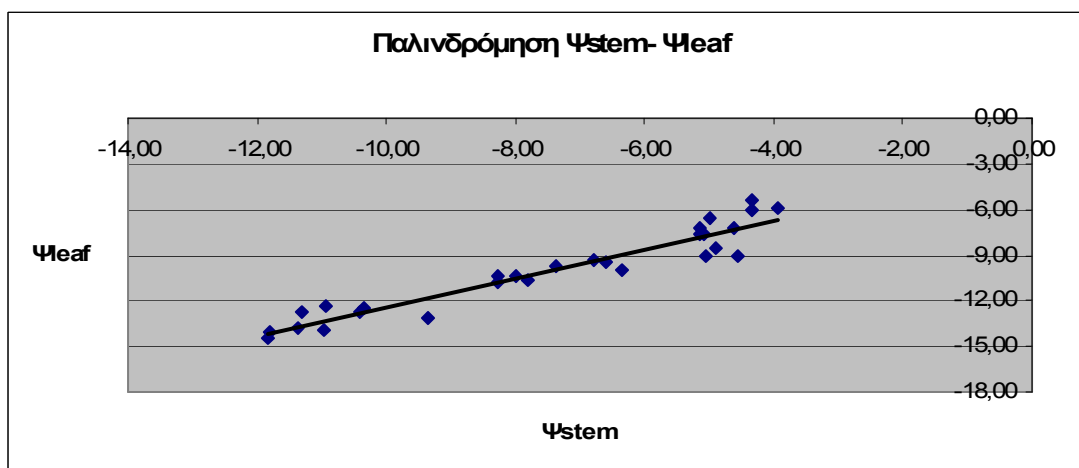
Διάγραμμα 15



Διάγραμμα 16



Διάγραμμα 17



6.2. Επιδράσεις στην Φωτοσύνθεση και την Στοματική Αγωγιμότητα

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά το στάδιο III ανάπτυξης των ραγών και η στατιστική ανάλυση τους έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα (πίν. 12) :

Πίνακας 12 : Σύγκριση Μέσων A_{Net} και C_s στις τέσσερις επεμβάσεις.

Επέμβαση	23/8		31/8	
	Φωτοσύνθεση A_{Net} CO_2 mol /m ² sec	Στοματική αγωγιμότητα C_s cm/sec	Φωτοσύνθεση A_{Net} CO_2 mol /m ² sec	Στοματική αγωγιμότητα C_s cm/sec
A	16,42a	0,181a	13,14a	0,101a
B	10,71b	0,100b	8,48b	0,062b
Γ	8,13c	0,074c	6,62c	0,050c

δ	6,58d	0,060d	6,24c	0,048c
----------	-------	--------	-------	--------

Είναι εμφανής η διαφορά ανάμεσα στους μέσους των επεμβάσεων τόσο για την φωτοσυνθετική δραστηριότητα (A_{NET}) όσο και την στοματική αγωγιμότητα (C_s). Στις 23/8 όλοι οι μέσοι διέφεραν μεταξύ τους και έτσι είχαμε την μέγιστη τιμή της φωτοσύνθεσης και της στοματικής αγωγιμότητας στην επέμβαση α με τιμές μειούμενες καθώς πηγαίνουμε αντίστοιχα στις επεμβάσεις β , γ και δ . Παρόμοια είναι και η εικόνα στην μέτρηση στις 31/8 όπου όμως οι μέσοι των επεμβάσεων γ και δ δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η μείωση των τιμών στην φωτοσύνθεση και την στοματική αγωγιμότητα καθώς προχωρά η ωρίμανση, συμβαδίζει με την πτώση των τιμών του υδατικού δυναμικού των πρέμνων σε όλες τις επεμβάσεις και συμφωνεί με τις διαφορές των μέσων που βρέθηκαν ανάμεσα σε αυτές. Στον πίνακα 13 παρουσιάζονται οι συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στις τιμές των υδατικών δυναμικών και της φωτοσύνθεσης και στοματικής αγωγιμότητας, όπως προκύπτουν από τα διαγράμματα για τις αντίστοιχες ημερομηνίες μέτρησης (23/8 και 31/8). Παρατηρούμε ότι υπάρχει πολύ υψηλός συντελεστής συσχέτισης ανάμεσα τους και για τις τρεις εκφράσεις του υδατικού δυναμικού.

Πίνακας 13 : Συντελεστές συσχέτισης A_{NET} και C_s με τα Υδατικά Δυναμικά

	Ψ_D	Ψ_{leaf}	Ψ_{stem}
Φωτοσύνθεση A_{NET}	0,94	0,96	0,98
Στοματική Αγωγιμότητα C_s	0,79	0,72	0,74

6.3. Επιδράσεις στην σύνθεση των σταφυλιών κατά τον τρυγητό και στην ποιότητα των παραγόμενων οίνων.

Κατά την τεχνολογική ωρίμανση πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε ποσοτικούς και ποιοτικούς δείκτες προκειμένου να εξεταστεί εάν υφίστανται διαφορές ανάμεσα στις τέσσερις επεμβάσεις .

Ο αριθμός των σταφυλιών ανά πρέμνο και το βάρος των βοστρύχων δεν παρουσίασαν διαφορές ανάμεσα στις τέσσερις επεμβάσεις. Το βάρος των σταφυλιών ανά πρέμνο και αυτό της ράγας, ήταν μεγαλύτερο στην επέμβαση α και διέφερε από τις υπόλοιπες επεμβάσεις ανάμεσα στις οποίες δεν παρουσιάστηκαν διαφορές. Το υψηλότερο βάρος, σταφυλιών ανά πρέμνο και της ράγας, στην επέμβαση α, οφείλεται στην πλήρη κάλυψη των αναγκών των πρέμνων σε νερό σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις (πιν. 14). Το γεγονός ότι δεν υπήρξαν διαφορές ανάμεσα στις επεμβάσεις β, γ και δ πρέπει να αποδοθεί : α) στο γεγονός ότι δεν υπήρξε σημαντική υδατική καταπόνηση στο στάδιο από την καρπόδεση μέχρι τον περκασμό και β) στα επίπεδα του υδατικού δυναμικού που διαμορφώθηκαν μέχρι την τεχνολογική ωρίμανση (απουσία δριμείας υδατικής καταπόνησης). Στην τεχνολογική ωρίμανση δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις επεμβάσεις όσον αφορά στον βαθμό Brix % και την ολική οξύτητα στα παραγόμενα γλεύκη. Καταγράφηκαν όμως σημαντικές διαφορές στην ενεργό οξύτητα (pH), όπου η επέμβαση γ (καθόλου άρδευση) είχε το χαμηλότερο pH, οι επεμβάσεις β και δ (ελλειμματική άρδευση) ενδιάμεσο και η επέμβαση α το υψηλότερο pH, πιθανόν λόγω μεγαλύτερης συσσώρευσης καλίου στα σταφύλια ως αποτέλεσμα της άρδευσης στο 100% των αναγκών (πιν. 15).

Πίνακας 14 : Συγκρίσεις μέσων αριθμού και βάρους σταφυλιών ανά πρέμνο, και βάρους ράγας.

Επέμβαση	Αριθμός σταφυλιών ανά πρέμνο	Βάρος σταφυλιών ανά πρέμνο gr	Βάρος βοστρύχων ανά πρέμνο gr	Βάρος ράγας gr
α	22,82α	4746α	795α	1,8908α
β	23,29α	3744b	808α	1,6575b
γ	22,25α	3827b	650α	1,7175b
δ	23,16α	3826b	671α	1,6813b

Πίνακας 15 : Συγκρίσεις μέσων βαθμού Brix % , Σακχάρων, Ολικής οξύτητας και ενεργού οξύτητας.

Επέμβαση	Βαθμός Βrix %	Ολική Οξύτητα gr/lit σε τρυγικό οξύ	Ενεργός Οξύτητα pH
α	25,1a	6,4a	3,52a
β	24,8a	6,2a	3,49b
γ	24,1a	6,6a	3,42c
δ	24,8a	6,4a	3,50b

Εξετάζοντας τους δείκτες του Glory, δεν προέκυψαν διαφορές ανάμεσα στις επεμβάσεις στις τιμές των δεικτών α)ωρίμανσης των γιγάρτων (MP %), β) εκχυλισματικότητας των ανθοκυανών (EA%) και γ) φαινολικών ουσιών. Οι ανθοκυάνες σε mg/lit και σε mg/ράγα, που εκχειλίζονται σε pH=3,2 δεν παρουσίασαν διαφορές ανάμεσα στις επεμβάσεις. Αντιθέτως σε pH=1 στην περίπτωση της έκφρασης σε mg/lit, η επέμβαση α είχε μικρότερη τιμή από τις άλλες τρεις επεμβάσεις και στην περίπτωση της έκφρασης σε mg/ράγα, υπήρξε μεγαλύτερη διαβάθμιση με την επέμβαση β να έχει την υψηλότερη τιμή, τις επεμβάσεις γ και δ ενδιάμεση και τέλος την επέμβαση α, την χαμηλότερη τιμή. Πολύ πιο αξιόλογα αποτελέσματα όσον αφορά στην συγκέντρωση των ανθοκυανών, έδωσε η σύγκριση των τιμών εκφρασμένη ως mg/κιλό ραγών. Σε αυτή την περίπτωση βρέθηκαν διαφορές τόσο στις τιμές του συνόλου των ανθοκυανών (pH=1) όσο και στις τιμές των εκχυλίσμων (pH=3,2) ανθοκυανών. Πιο συγκεκριμένα οι ολικές ανθοκυάνες ήταν περισσότερες στην επέμβαση β, χαμηλότερες στην επέμβαση α, ενώ ενδιάμεση τιμή είχαν οι επεμβάσεις γ και δ. Οι εκχυλίσιμες ανθοκυάνες παρουσίασαν μέγιστη τιμή στις επεμβάσεις β και γ και ελάχιστη στις επεμβάσεις α και δ (πιν.16 και 17).

Πίνακας 16 :Συγκρίσεις μέσω μετρήσεων Ανθοκυανών, Δείκτη Ωρίμανσης γιγάρτων και Εκχυλισματικότητας ανθοκυανών.

Επέμβαση	Ανθοκυάνες που εκχυλίζονται σε pH=1 mg/lit	Ανθοκυάνες που εκχυλίζονται σε pH=3,2 mg/lit	Δείκτης ωρίμανσης των γιγάρτων MP(%)	Δείκτης Εκχυλισματικότητας των ανθοκυανών EA%	Δ.Φ.Ο.
α	1027,5a	467,7a	28,3a	54,8a	26,1a
β	1458,9b	587,2a	17,4a	59,8a	29,0a
γ	1382,8b	615,5a	19,8a	52,2a	31,1a

δ	1459,4b	504,0a	23,9a	64,8a	27,2a
---	---------	--------	-------	-------	-------

Πίνακας 17 : Συγκρίσεις μέσων μετρήσεων Ανθοκυανών ανά ράγα και κιλό ραγών.

Επέμβαση	Ανθοκυάνες (ΑρΗ1) mg/ράγα	Ανθοκυάνες (ΑρΗ3,2) mg/ράγα	Ανθοκυάνες (ΑρΗ1) mg/κιλό ραγών	Ανθοκυάνες (ΑρΗ3,2) mg/κιλό ραγών
α	1,1234a	0,5104a	592,5a	269,0a
β	1,6162b	0,6522a	974,8b	392,5b
γ	1,4865c	0,6590a	871,0c	385,5b
δ	1,5090c	0,5195a	896,5c	313,5a

Οι αναλύσεις των οίνων που προήλθαν από την οινοποίηση των σταφυλιών από τις τέσσερις επεμβάσεις φαίνονται στον πίνακα 18. Μπορούμε να παρατηρήσουμε την διαφορά στο pH όπου στην επέμβαση α έχουμε την υψηλότερη τιμή η οποία συνδυάζεται και με υψηλότερη τιμή στην συγκέντρωση του καλίου . Αξιοσημείωτη είναι και η διαφορά στην σύσταση στα δύο βασικά οξέα, το τρυγικό και το μηλικό. Το μηλικό στην επέμβαση α έχει την υψηλότερη τιμή και δεν διαφέρει στις άλλες τρεις επεμβάσεις ενώ το τρυγικό παρουσιάζει την αντίθετη εικόνα ίσως λόγω καταβύθισης του ως άλας λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης του καλίου. Όσον αφορά στην ένταση του χρώματος στις επεμβάσεις β και γ έχουμε τις υψηλότερες τιμές και ακολουθεί η επέμβαση δ και τέλος, με την μικρότερη τιμή, η επέμβαση α. Τα αναφερθέντα αποτελέσματα συμφωνούν σε σημαντικό βαθμό με τις μετρήσεις στα σταφύλια.

Πίνακας 18. Αναλυτικά δεδομένα των παραγόμενων οίνων .

Μετρούμενο Μέγεθος	Επέμβαση α	Επέμβαση β	Επέμβαση γ	Επέμβαση δ
Αλκοολικός τίτλος (%vol)	14,4	13,8	13,7	13,6
Ειδικό βάρος (gr/ml)	0,9920	0,9925	0,9927	0,9926
Ανάγοντα σάκχαρα (gr/ltr)	1,3	1,7	2,0	1,6
Πτητική οξύτητα (gr/ltr οξικό οξύ)	0,35	0,29	0,30	0,32
Ολική Οξύτητα (gr/ltr τρυγικό οξύ)	6,4	7,1	6,8	6,6
Ενεργός οξύτητα pH	3,73	3,51	3,57	3,58
Ένταση(D420+D520+D620)nm	11,38	16,43	15,86	13,66

Απόχρωση (D420/ D520)nm	0,55	0,45	0,46	0,47
Δείκτης Φαινολών (D280)nm*100	54,7	51,0	52,0	46,0
Γλυκερόλη (gr/lit)	7,9	8,3	8,3	8,1
Τρυγικό οξύ (gr/lit)	2,3	3,2	3,0	2,9
Μηλικό οξύ (gr/lit)	2,3	1,7	1,9	1,7
Γαλακτικό οξύ (gr/lit)	0,1	0,1	0,1	0,1
Κάλιο (mg/lit)	1337	1220	1264	1265

Από τον συνδυασμό των αναφερθέντων αποτελεσμάτων προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

- Στην επέμβαση α, τα πρέμνα παρέμειναν μέχρι σχεδόν τον τρυγητό σε τιμές υδατικού δυναμικού που μεταφράζονται ως απουσία ή πολύ ήπια, λίγο πριν τον τρυγητό, υδατική καταπόνηση. Κάτω από αυτές τις συνθήκες στα πρέμνα αυτά παρατηρήθηκε η υψηλότερη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και στοματική αγωγιμότητα, που είχε σαν αποτέλεσμα να ωριμάσουν κατά περίπου 25% μεγαλύτερη ποσότητα σταφυλιών σε υψηλότερο σακχαρικό τίτλο στον ίδιο χρόνο τρυγητού. Αυτή η μεγαλύτερη ποσότητα δικαιολογείται εν μέρει από το μεγαλύτερο μέγεθος των ραγών σε αυτήν την επέμβαση σε σχέση με τις υπόλοιπες. Συγχρόνως όμως σε αυτή την επέμβαση παρατηρήθηκε η μικρότερη συγκέντρωση ανθοκυανών τόσο ανά ράγα όσο και ανά κιλό ραγών. Αυτό πρέπει να αποδοθεί κατά ένα μέρος στην μικρότερη σχέση φλοιών προς την σάρκα λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους των ραγών . Η επίδραση της άρδευσης είναι χαρακτηριστική σε αυτή την επέμβαση, αφού ο παραγόμενος οίνος είχε την υψηλότερη συγκέντρωση μηλικού οξέως και pH και την χαμηλότερη τρυγικού οξέος (αυξημένη κατακρήμνιση αλάτων του λόγω υψηλότερης συγκέντρωσης καλίου). Οι μετρήσεις αυτές συμφωνούν με αποτελέσματα άλλων εργασιών (Freeman και Kliewer, 1983; Esteban κ.α 1999; Mpelasoka κ.α.,2003).
- Στις επέμβαση β, γ, και δ, τα πρέμνα εξαιτίας των κλιματολογικών συνθηκών που επικράτησαν , την κοκκομετρική σύσταση του εδάφους και το μεγάλο βάθος του ριζοστρώματος, χωρίς άρδευση μέχρι και λίγο μετά τον περκασμό, βρισκόντουσαν σε επίπεδα υδατικού δυναμικού που μεταφράζονται από καθόλου έως πολύ ήπια υδατική καταπόνηση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την καθυστερημένη ανάπτυξη της βλάστησης, την απώλεια της θετικής επίδρασης της μέτριας υδατικής καταπόνησης στον

έλεγχο του μεγέθους των ραγών και του μεγέθους της παραγωγής στο στάδιο αυτό. Στην συνέχεια και αφού το Ψleaf πήρε τιμές κάτω από -12bar, η διαφορετική αρδευτική δόση στις επεμβάσεις β, γ και δ είχε σαν αποτέλεσμα την διαβάθμιση των τόσο των υδατικών δυναμικών όσο και της φωτοσύνθεσης και στοματικής αγωγιμότητας όπως παρουσιάστηκε πιο πάνω.

- Στην επέμβαση β το υδατικό δυναμικό διαμορφώθηκε σε επίπεδα ήπιας υδατικής καταπόνησης και μόνο κοντά στον τρυγητό έφτασε σε επίπεδα μέτριας υδατικής καταπόνησης. Εδώ είχαμε τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις συνολικών ανθοκυανών ανά ράγα και κιλό ραγών ενώ και οι εκχυλίσιμες ανθοκυάνες ανά κιλό ραγών ήταν περισσότερες σε αυτή την επέμβαση που μαζί με την επέμβαση γ είχαν ίσους στατιστικά μέσους. Η παραγωγή ανά πρέμνο και το μέγεθος της ράγας δεν διέφερε από τις επεμβάσεις γ και δ κυρίως λόγω της υδατικής κατάστασης στα προηγούμενα στάδια και με τα γενικότερα επίπεδα υδατικής κατάστασης των πρέμνων που επικράτησαν μέχρι την συγκομιδή σε όλες τις επεμβάσεις, που δεν έφτασαν σε επίπεδα δριμείας υδατικής καταπόνησης.
- Στην επέμβαση γ τα πρέμνα παρότι δεν αρδεύτηκαν καθόλου, μόνο κατά την τελευταία βδομάδα πριν τον τρυγητό το Ψleaf πήρε τιμές υψηλής υδατικής καταπόνησης. Συγχρόνως στην επέμβαση δ παρότι καλύφθηκε με άρδευση το 35% των αναγκών των πρέμνων κατά την τελική φάση της ωρίμανσης, το υδατικό καθεστώς των πρέμνων δεν επηρεάστηκε και μάλιστα στην μέτρηση της φωτοσύνθεσης και στοματικής αγωγιμότητας στις 23/8 φαίνεται να έχει τις χαμηλότερες τιμές. Σε αυτή την περίπτωση ο μικρός χρόνος κατά τον οποίο διαφοροποιήθηκε η άρδευση ανάμεσα στις επεμβάσεις (16/8 μέχρι 5/9) καθώς και η μικρή αρδευτική δόση (3mm) που εφαρμόστηκε κάθε 3 περίπου ημέρες δεν είχαν το αναμενόμενο αποτέλεσμα. Το ριζικό σύστημα στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους σε μη αρδευόμενο αμπελώνα αδρανοποιείται ή και ξηραίνεται λόγω της έλλειψης νερού ιδιαίτερα όσο προχωρά η καλοκαιρινή άνυδρη περίοδος . Τα πρέμνα χρειάζονται κάποιο χρόνο μέχρι να μπορέσουν να ενεργοποιήσουν το επιφανειακό τους ριζικό σύστημα και πιθανό αν η ίδια ποσότητα νερού άρδευσης είχε πέσει σε μεγαλύτερες δόσεις με μικρότερη συχνότητα να είχε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα.

- Αξιοσημείωτη είναι και η αντίδραση του ριζικού συστήματος των πρέμνων της επέμβασης **α** σε σχέση με των άλλων επεμβάσεων στην βροχόπτωση στις 9/8. Τα πρέμνα της επέμβασης **α** ανταποκρίθηκαν άμεσα στο νερό της βροχόπτωσης (μέτρηση ΨPD στις 10/8) ενώ των υπόλοιπων τριών επεμβάσεων τα πρέμνα ανταποκρίθηκαν αργότερα (καταγραφή στην μέτρηση ΨPD στις 26/8).

Οι οίνοι που παρήχθησαν από την οινοποίηση των σταφυλιών των τεσσάρων επεμβάσεων αξιολογήθηκαν οργανοληπτικά από ομάδα έξι γευσιγνωστών οινολόγων (Έντυπο γευσηγνωσίας-Παράρτημα Α) . Η κλίμακα βαθμολογίας ήταν από 0 έως 200. Στο σύνολο, η όψη αποτελούσε το 15% της βαθμολογίας, η οσμή το 22,5% και η γεύση το 62,5%. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα :

Πίνακας 12: Μέση Βαθμολογία οίνων

Επέμβαση	Οίνος α	Οίνος β	Οίνος γ	Οίνος δ
Βαθμολογία	104	143	137	121

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής εξέτασης σε σχέση με τα αναλυτικά δεδομένα των οίνων καθώς και με τα δεδομένα της εξέλιξης του υδατικού δυναμικού και της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξής :

- Ο δείκτης της έντασης του χρώματος στους παραγόμενους οίνους συμφωνεί με τις μετρήσεις των ανθοκυανών στα σταφύλια στο τρυγητό και ταυτίζεται με την διαβάθμιση της ποιότητας όπως αυτή προκύπτει από την οργανοληπτική αξιολόγηση. Η παρατήρηση αυτή επιβεβαιώνει την αξία της μέτρησης της συγκέντρωσης των ανθοκυανών στα σταφύλια ως δείκτη αξιολόγησης της ποιότητας σύμφωνα με την σύγχρονη οινολογική πρακτική.
- Η καλύτερη ποιότητα οίνων προέκυψε από πρέμνα που υπέστησαν υδατική καταπόνηση και έφτασαν στον τρυγητό σε επίπεδα μέτριας υδατικής καταπόνησης όπως υποστηρίζουν και άλλοι ερευνητές (Gladstones, 1992; Hardie κ.α., 1995; Lakso and Pool, 2000; Van Leeuwen κ.α. 2002; Ojeda κ.α.,2002; Kennedy κ.α.,2002)
- Η μεγαλύτερη φωτοσυνθετική δραστηριότητα στην επέμβαση **α**, με την

κάλυψη των αναγκών σε νερό με άρδευση, είχε σαν αποτέλεσμα την αυξημένη κατά 25% παραγωγή με χαμηλότερη όμως ποιότητα σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις.

- Αυτό που παίζει τον καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα των παραγόμενων σταφυλιών και κατ' επέκταση των παραγόμενων οίνων δεν είναι αυτή καθ' αυτή η άρδευση η όχι των πρέμνων αλλά η υδατική κατάσταση τους στα διαφορετικά στάδια της βλαστικής περιόδου. Σύμφωνα με αυτή την διαπίστωση και ανάλογα με τους ποιοτικούς στόχους που έχουν τεθεί για δεδομένο αμπελώνα, η διαφοροποίηση της αρδευτικής στρατηγικής και τακτικής μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικής σχέσης ποσότητας-ποιότητας τελικού προϊόντος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ARCHER, E., 2004. The effect of plant water status on Sauvignon blanc. Wynboer.

BOTA, J., FLEXAS, J. and MEDRANO, H., 2001 . Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars. Ann. Appl. Biol. 138 :353-361.

CHAVES, M.M., MAROCO, J.P., PEREIRA, J.S., 2003. Understanding plant responses to drought - from genes to whole plant. Funct. Plant Biol., 30 : 239-264.

CHONE, X., VAN LEEUWEN, C., CHERY, P. and RIBEREAU-GAYON, P., 2001 . Terroir influence on water status and nitrogen status of non-irrigated Cabernet Sauvignon . Vegetative development, must and wine composition. S. Afr. J. Enol. Vitic. Vol. 22, 8-15.

CHONE, X., VAN LEEUWEN, C., DUBOURDIEU, D., GAUDILLERE,

J.P., 2001. Stem Water Potential is a Sensitive Indicator of Grapevine Water Status. *Annals of Botany*. 87: 477-483.

CIFRE, J., BOTA, J., ESCALONA, J.M., MEDRANO, H., FLEXAS, J., 2004. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.). An open gate to improve water-use efficiency? *Agriculture Ecosystems & Environment*.

COOMBE, B.G., 1992. Research on Development and Ripening of Grape Berry. *Am. J. Enol. Vitic.* 43:101-110.

COOMBE, B.G., and MACCARTHY, M.G., 2000. Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Aust. J. Grape Wine Research*. 6 : 131-135.

COOMBE, B.G., DRY, P.R. 1992. *Viticulture. Vol 2 Practices.* Winetitles, Adelaide.

ΔΡΟΣΟΠΟΥΛΟΣ, Ι.Β., 1998. Φυσιολογία Φυτών. Μέρος Ι. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

DUNDON, C.G. and SMART, R.E., 1984. Effects of Water Relations on the Potassium Status of Shiraz Vines. *Am. J. Enol. Vitic.* 35: 40-45.

ESTEBAN, M.A., VILLANUEVA, M.J. and LISSARRAGUE, J.R., 1999. Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation. Sugars, organic acids and mineral elements. *Am. J. Enol. Vitic.* 50 :418-433.

FLEXAS, J., BOTA, J., CIFRE, J., ESCALONA, J.M., 2004. Understanding down-regulation of photosynthesis under water stress : future prospects and searching for physiological tools for irrigation. *Ann. Appl. Biol.* 144 :273-283.

FLEXAS, J. and MEDRANO, H., 2002. Energy dissipation in C3 plants under drought. *Funct. Plant Biol.*, 29 : 1209-1215.

FREEMAN, B.M., 1983. Effects of irrigation and pruning of Shiraz grapevines on subsequent red wine pigments. *Am. J. Enol. Vitic.* 34:23-26.

FREEMAN, B.M., KLIEWER, M.W., 1983. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. II. Grape and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 34: 197-206.

GINESTAR, G., EASTHAM, J., GRAY, S. and ILAND, P., 1998. Use of sap-flow sensors to schedule vineyard irrigation. I. Effects of post-veraison water deficits on water relations , vine growth and yield of Shiraz grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 49:413-420.

GINESTAR, G., EASTHAM, J., GRAY, S. and ILAND, P., 1998. Use of sap-flow sensors to schedule vineyard irrigation. II. Effects of

post-veraison water deficits on composition of Shiraz grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 49:421-427.

GIRONA, J., MATA, M., DEL CAMPO, J., ARBONES, A., BARTRA, E., MARSAL, J., 2006. The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. *Irrigation Science* 24 : 115-127.

GLADSTONES, J., 1992. *Viticulture and Environment*. Winetitles, Adelaide.

GOMEZ-DEL-CAMPO, M., RUIZ, C., LISSARRAGUE, J.R., 2002. Effect of water stress on leaf area development, photosynthesis, and productivity in Chardonnay and Airen grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 53:138-143.

GOMEZ-DEL-CAMPO, M., BAEZA, P., RUIZ, C., LISSARRAGUE, J.R., 2004. Water stress induced physiological changes in leaves of four container-grown grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Vitis* 43(2), 99-105.

GREENSPAN, M., 2005. Integrated irrigation of California winegrapes -Part 1. *Practical Winery & Vineyard*. (March-April /05).

GREENSPAN, M., 2005. Integrated irrigation of California winegrapes - Part 2. *Practical Winery & Vineyard*. (May-June /05).

HARDIE, W.J., O'BRIEN, T.P., JAUDZEMS, V.G., 1995. Cell biology of grape secondary metabolism- A viticultural perspective. Ninth Australian wine industry technical conference - Proceedings.

JACKSON, D., 2001. *Monographs of cool climate viticulture-2*. D. Brasell Associates Ltd with Gypsum Press. New Zealand.

ΚΑΡΑΜΠΟΥΡΝΙΩΤΗΣ, Γ.Α., 2003. Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών. Εκδόσεις Έμβρυο.

ΚΑΡΑΝΤΩΝΗΣ, Ν., 1975 . Βιοκλιματικά Χαρακτηριστικά Ποικιλιών Αμπέλου και Αμπελουργικών Περιοχών της Ελλάδος. Υπουργείο Γεωργίας.

KELLER, M., 2005. Deficit Irrigation and Vine Mineral Nutrition . In : *Proceedings of the soil Environment and mineral Nutrition Symposium*. P. Christensen and D.R. Smart (Eds), pp. 91 -107 . American Society of Enology and Viticulture, Davis, CA.

KENNEDY, J., 2002. Understanding grape berry development. *Practical Winery & Vineyard*. (July-August/02).

KENNEDY, J., MATTHEWS, M., and WATERHOUSE, A., 2002. Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. *Am. J. Enol. Vitic.* 53: 268-274.

KENNEDY, J., MATTHEWS, M., and WATERHOUSE, A., 2000. Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening. *Phytochemistry*.

55 : 77-85.

KLIEWER, M.W., FREEMAN, B.M. and HOSSOM, C., 1983. Effect of irrigation, crop level and potassium Fertilization on Carignane vines. I. degree of water stress and effect on growth and yield. *Am. J. Enol. Vitic.* 34:186-197.

LAKSO, A.N., POOL, R.M., 2000. Drought stress effects on vine growth, function, ripening and implications for wine quality. 29th Annual New York Wine Industry Workshop.

ΜΑΝΕΤΑΣ, Ι., 2003. Πρόσληψη και μεταφορά του νερού. Στο : Φυσιολογία Φυτών-από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.

MATTHEWS, M.A., ANDERSON, M.M., 1989. Reproductive Development in Grape (*Vitis vinifera* L.) : Responses to Seasonal Water Deficits. *Am. J. Enol. Vitic.* 40: 52- 60.

MARTINSON, T., CHENG, L., HENICK-KLING, T., LAKSO, A., ACREE, T., POOL, B., 2003. Update on Atypical Aging Research. Proceedings of 32th Annual New York Wine Industry Workshop.

MCCARTHY, M.G., 1997. The effect of transient water deficit on berry development of cv Shiraz (*Vitis vinifera*). *Aust. J. Grape Wine Research.* 3, 102-108.

MEDRANO, H., BOTA, J., ABADIA, A., SAMPOL, B., ESCALONA, M.J., and FLEXAS, J., 2002. Effects of drought on light- energy dissipation mechanisms in high-light-acclimated, field- grown grapevines. *Funct. Plant Biol.*, 29 : 1197-1207.

MEDRANO, H., ESCALONA, M.J., CIFRE, J., BOTA, J., and FLEXAS, J., 2003. A ten year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions : effect of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. *Funct. Plant Biol.*, 30 : 607-619.

MITCHELL, P., GOODWIN, I. 1996. Micro-irrigation of vines & fruit trees. Agriculture Victoria, Australia.

MPELASOKA, B.S., SCHACHTMAN, D.P., TREEBY, M.T. and THOMAS, M.R., 2003. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. *Aust. J. Grape Wine Research.* 9, 154-168.

MUNNS, R., 2002. Comparative Physiology of salt and water stress. *Plant Cell & Environment.* 25: 239-250

NICHOLAS, P., 2004. Soil, Irrigation and Nutrition. South Australian Research and Development Institute.

- NTABIDHIS, O.Ξ., 1976.** Αμπελοκομική Τεχνική. Α.Γ.Σ.Α.
- OJEDA, H., DELOIRE, A., and CARBONNEAU, A., 2001.** Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis* 40 :141-145 .
- OJEDA, H., ANDARY, C., KRAEVA, E., CARBONNEAU, A., and DELOIRE, A., 2002 .** Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis of compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *Am. J. Enol. Vitic.* 53: 261-267.
- PETRIE, P.R., COOLEY, N.M. and CLINGELEFFER., P.R., 2004.** The effect of post-veraison water deficit on yield components and maturation of irrigated Shiraz(*Vitis vinifera* L.) in current and following season. *Aust. J. Grape Wine Research.* 10, 203-215.
- POOL, R.M., LAKSO, A.N., 2000.** Recognizing and Responding to Drought Stress in Maturing Grapevines. Proceedings of 29th Annual New York Wine Industry Workshop.
- PRICHARD, T., HANSON, B., SCHWANKL, L., VERDEGAAL, P., and SMITH, R., 2004.** Deficit irrigation of quality winegrapes using micro-irrigation techniques. University of California Davis.
- SCHULTZ, H.R., 2003.** Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell and Environment* 26 : 1393-1405.
- RIBEREAU-GAYON, P., GLORIES, Y., MAUJEAN, A., DUBOURDIEU, D., 2000.** Handbook of Enology. Vol 2. Chemistry of Wine Stabilization and treatments. J.W. & Sons, LTD.
- ROBY, G., HARBERTSON, J.F., ADAMS, D.A. and MATTHEWS, M.A., 2004.** Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition : Anthocyanins and tannins. *Aust. J. Grape Wine Research.* 10, 100-107.
- ROBY, G., MATTHEWS, M.A., 2004.** Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet Sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit. *Aust. J. Grape Wine Research.* 10, 74-82.
- SALON, J.L., CHIRIVELLA, C., CASTEL, J.R., 2005.** Response of cv. Bobal to timing of deficit irrigation in Requena, Spain : Water relations, yield, and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 56: 1- 8.
- SCHOLANDER, P.F., HAMMEL, H.T., BRADSTREET, E.D., HEMMINGSEN, E.A., 1965.** Sap Pressure in Vascular Plants. *Science* 148 : 339-346.

SCHULTZ, H. R., and MATTHEWS, M.A., 1988. Resistance to water transport in shoots of *Vitis vinifera* L. *Plant Physiology*.88:718-724.

SCHULTZ, H.R., 2000. Physiological mechanisms of water use efficiency in grapevines under drought conditions. *Proc. of V Int. Symp. on Grapevine Physiology*.

SCHULTZ, H.R., LOHNERTZ, O., HUNNECKE, B., LINSENMEIER, A., 2002. Viticulture and atypical aging. *Proceedings of 32th Annual New York Wine Industry Workshop*.

SOAR, C.J, SPEIRS, J., MAFFEI, S.M., LOYEYS, B.R., 2004. Gradients in stomatal conductance, xylem sap ABA and bulk leaf ABA along canes of *Vitis vinifera* cv. Shiraz : molecular and physiological studies investigating their source. *Funct. Plant Biol.*, 31 : 659-669.

SMART, R.E., and COOMBE, B.G., 1983. Water relations of grapevines, pp137-195. In Kozlowski T.T.(ed) *Water deficits and plant growth*, vol VII. Additional woody crop plants. Academic press , New York.

ΣΤΑΥΡΑΚΑΚΗΣ, Μ., 1991. Αμπελουργία ΙΙ - Φυσιολογία και Οικολογία Αμπέλου. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

STEVENS, R.E., HARVEY, G., and ASPINALL, D., 1995. Grapevine growth of shoots correlate with water stress indices based on root-weighted soil matric potential. *Aust. J. Grape Wine Research*. 1 :58-66.

VAADIA, Y., and KASIMATIS, A.N., 1961. Vineyard irrigation trials. *Am. J. Enol. Vitic.* 55: 207-217

VAN LEEUWEN, C., FRIANT, P., CHONE, X., TREGOAT, O., KOUNDOURAS, S., and DUBOURDIEU, D., 2004. Influence of climate, soil and cultivar on terroir. *Am. J. Enol. Vitic.* 12: 88-98.

WILKINS, M.B., 1985. *Advanced Plant Physiology*. Pitman Publishing, Pty. Ltd Melbourne.

WILKINSON, S., DAVIES, W.J., 2002. ABA- based chemical signaling : the co-ordination of responses to stress in plants. *Plant Cell & Enviroment*. 25:195-210

WILLIAMS, L.E., ARAUJO, F.J., 2002. Correlations among Predawn Leaf, Midday Leaf, and Midday Stem Water Potential and their Correlations with other Measures of soil and Plant Water Status in *Vitis vinifera*. *J. Amer. Soc. Hort. Scin.* 127(3) : 448-454.

WILLIAMS, L.E., 2001. *Irrigation of Winegrapes in California*. Practical Winery & Vineyard.

WILLIAMS, L.E., AYARS, J.E., 2005. Grapevine water use and crop coefficient are linear functions of the shaded area measured beneath the

canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*. 132 : 201-211.