

Επιδράσεις του επιπέδου της υδατικής καταπόνησης των πρέμνων της ποικιλίας αμπέλου Syrah (*Vitis vinifera* L.) στην ποσότητα και ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Ι. Σ. Κανάκης και Μ. Ν. Σταυρακάκης
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

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 πρώτου χρόνου πειραματισμού (2005), προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην επέμβαση **α** και τις υπόλοιπες επεμβάσεις, κατά την πλήρη ωρίμανση των σταφυλιών, όσον αφορά το μέγεθος της ράγας, την συνολική παραγωγή των πρέμνων, το pH, την περιεκτικότητα σε σάκχαρα, και την 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 στον προγραμματισμό άρδευσης. Τα αποτελέσματα της εργασίας ενισχύουν τον καθοριστικό ρόλο που διαδραματίζει η υδατική διαχείριση του αμπελώνα ως εργαλείο ελέγχου της ποιότητας και ποσότητας των παραγόμενων αμπελουργικών προϊόντων.

1. Εισαγωγή

Η υδατική κατάσταση των πρέμνων στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης, επηρεάζει αποφασιστικά την ποσότητα και ποιότητα των παραγόμενων οίνων. Όταν αυτή η υδατική κατάσταση είναι η επιθυμητή, τότε και χωρίς την παροχή νερού μέσω άρδευσης, παράγονται προϊόντα ποιότητας. Στην αντίθετη περίπτωση, ο ορθολογικός προγραμματισμός άρδευσης είναι αυτός που θα διαμορφώσει τις ιδανικότερες συνθήκες για την επίτευξη της καλύτερης ποιότητας από τον αρδευόμενο αυτή τη φορά αμπελώνα. Η μέτρηση του υδατικού δυναμικού έχει χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της υδατικής κατάστασης των πρέμνων αμπελώνα (Chone 2001, Williams & Arauzo 2002) ενώ οι τρεις μέθοδοι μέτρησης του (Ψ_{leaf} , Ψ_{stem} , Ψ_{PD}) έχουν βρει εφαρμογή στον προγραμματισμό άρδευσης (Girona κ.α. 2006, Greenspan 2005, Prichard κ.α. 2004, Williams, 2001). Συγχρόνως η αρδευτική μέθοδος ελεγχόμενης υδατικής στέρξης, με

κύριο στόχο την επίτευξη βέλτιστης σχέσης ποσότητας και ποιότητας παραγωγής με ταυτόχρονη εξοικονόμηση νερού, έχει βρει ευρεία εφαρμογή κυρίως σε αμπελουργικές περιοχές με Μεσογειακό τύπο κλίματος όπως είναι η Ελλάδα. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι αφενός μεν η αξιολόγηση της επίδρασης της διαφορετικής υδατικής διαχείρισης αμπελώνα στην ποιότητα και ποσότητα των παραγόμενων προϊόντων, αφετέρου δε, η αξιολόγηση των τριών μεθόδων μέτρησης του υδατικού δυναμικού, για την χρήση τους ως δείκτες, στην διαχείριση της υδατικής κατάστασης ενός αμπελώνα.

2. Υλικά Μέθοδοι

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε γραμμικό αμπελώνα 1,2 ha με την ποικιλία Syrah σε υποκείμενο 140 Ru., ηλικίας επτά ετών, που βρίσκεται στις πλαγιές των Γερανείων (Κτήμα Εύχαρις). Στον αμπελώνα υπάρχει σύστημα στάγδην άρδευσης, με σταλάκτες 2,3 l/h που είναι τοποθετημένοι πάνω στην γραμμή φύτευσης ανά 60 cm. Για την εκτέλεση του πειράματος χρησιμοποιήθηκε το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με τέσσερις επεμβάσεις οι οποίες επαναλήφθηκαν τέσσερις φορές. Οι συγκρίσεις των μέσων έγιναν με την μέθοδο S.N.K. για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Πραγματοποιήθηκαν 4 επεμβάσεις οι οποίες 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.

γ. Καμία προσθήκη νερού με άρδευση ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο.

δ. Άρδευση στο 35% των αναγκών από το στάδιο της καρπόδεσης μέχρι τον τρυγητό. Στις επεμβάσεις β και δ η άρδευση ξεκίνησε μετά την ανάσχεση της αύξησης των βλαστών και αφού το Ψleaf είχε πάρει τιμές χαμηλότερες από -12 bar. Ο προσδιορισμός των αναγκών του αμπελώνα σε νερό έγινε μέσω του υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής του με δεδομένα από μετεωρολογικό σταθμό σε απόσταση 300μ από τον αμπελώνα πειραματισμού και σύμφωνα με την μεθοδολογία που περιγράφουν οι Williams και Ayars, (2005). Για την εκτίμηση του υδατικού δυναμικού των πρέμων πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με τρεις μεθοδολογίες (ΨPD, Ψleaf, Ψstem) με θάλαμο πίεσης όπως περιγράφονται από τους Williams και Arauzo (2002) στις ημερομηνίες: 20/6, 30/6, 18/7, 29/7, 10/8, 26/8, και 2/9. Μετρήσεις της φωτοσύνθεσης και της στοματικής αγωγιμότητας πραγματοποιήθηκαν στις 23/8 και 31/8 από ώρα 12:30 έως 15:00. Τέλος έγιναν μετρήσεις σε ποσοτικούς και ποιοτικούς δείκτες στα σταφύλια στον τρυγητό και στους τέσσερις οίνους που παρήχθησαν ενώ πραγματοποιήθηκε και οργανοληπτική αξιολόγηση των οίνων, δύο μήνες μετά την παραγωγή τους, από ομάδα έξι γευσιγνωστών - οινολόγων. 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%.

3. Αποτελέσματα – Συζήτηση

3.1. Υδατική κατάσταση των πρέμων

Χαρακτηριστικό της χρονιάς του

πειραματισμού ήταν το μεγάλο ύψος βροχής που είχε σαν αποτέλεσμα την επίτευξη της μέτριας υδατικής καταπόνησης στις επεμβάσεις β, γ και δ μετά τον περκασμό. Συνέπεια ήταν να αμβλυνθεί έως και να εξουδετερωθεί η θετική επίδραση της υδατικής καταπόνησης στο στάδιο από την καρπόδεση μέχρι τον περκασμό. Στους πίνακες 1, 2 και 3 παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων του υδατικού δυναμικού. Από τις μετρήσεις της αύξησης του μήκους των βλαστών (δεδομένα δεν παρουσιάζονται), προκύπτει 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 εξάγεται από την πορεία των υδατικών δυναμικών σε όλες τις επεμβάσεις, το Ψ_{PD} ενώ είναι πολύ αξιόπιστος δείκτης του σταδίου έναρξης της υδατικής καταπόνησης, δεν είναι το ίδιο αποτελεσματικός δείκτης για την παρακολούθηση της υδατικής κατάστασης των πρέμων του αμπελώνα. Στις μετρήσεις του στις 26/8 και 2/9, φαίνεται να αυξάνεται σε τιμές που δεν εκφράζουν υδατική καταπόνηση, ενώ οι αντίστοιχες τιμές των Ψ_{stem} και Ψ_{leaf} κυμαίνονται σε επίπεδα μέτριας υδατικής καταπόνησης. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην επίδραση της βροχόπτωσης στις 9/8. Με τα δεδομένα αυτής της χρονιάς όπως αυτά εκφράστηκαν στον χρόνο έναρξης και τα επίπεδα υδατικής καταπόνησης που παρουσιάστηκαν, φαίνεται ότι τόσο το Ψ_{stem} όσο και το Ψ_{leaf} αποτελούν εξίσου αξιόπιστους δείκτες της υδατικής κατάστασης των πρέμων. Αυτό σε μεγάλο βαθμό πρέπει να αποδοθεί στο γεγονός ότι η ποικιλία Syrah παρουσιάζει ανισοδρική συμπεριφορά (Schultz 2003) .

Φαίνεται λοιπόν, ότι το Ψ_{stem} και το Ψ_{leaf} μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξίσου αποτελεσματικά στον προγραμματισμό άρδευσης κατά την διαχείριση της υδατικής

Πίνακας 1 :Σύγκριση Μέσων επεμβάσεων τιμών Ψ_{PD} .

Μέτρηση Ψ_{PD} (bar)	Επέμβαση			
	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 2 :Σύγκριση Μέσων επεμβάσεων τιμών Ψ_{stem} .

Μέτρηση Ψ_{stem} (bar)	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 3 : Σύγκριση μέσων επεμβάσεων τιμών Ψ_{leaf} .

Μέτρηση Ψ_{leaf} (bar)	Επεμβάσεις			
	α	β	γ	δ
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

κατάστασης ενός αμπελώνα τουλάχιστον για ποικιλίες που παρουσιάζουν ανισοδρική συμπεριφορά. Ο συντελεστής συσχέτισης (r^2) και οι γραμμικές εξισώσεις που συνδέουν τα τρία υδατικά δυναμικά φαίνονται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4: Συντελεστές συσχέτισης και γραμμικές εξισώσεις που συνδέουν τα τρία υδατικά δυναμικά .

	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=0,9563Ψstem-2,8708

3.2. Φωτοσυνθετική δραστηριότητα (ANET) και στοματική αγωγιμότητα (Cs).

Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των μετρήσεων της φωτοσύνθεσης και στοματικής αγωγιμότητας. 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 σε αυτές. Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται οι συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στις τιμές των υδατικών δυναμικών (μέσοι που προκύπτουν για 23/8 και 31/8) και της φωτοσύνθεσης και στοματικής αγωγιμότητας.

3.3. Επιδράσεις στην ποσότητα και ποιότητα

Στους πίνακες 7, 8 και 9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα σταφύλια στον τρυγητό, ενώ στον πίνακα 10, οι αναλύσεις των οίνων που προέκυψαν ανά επέμβαση. Στην επέμβαση α, τα πρέμνα παρέμειναν μέχρι σχεδόν τον τρυγητό σε τιμές

υδατικού δυναμικού που μεταφράζονται ως απουσία έως πολύ ήπια, λίγο πριν τον τρυγητό, υδατική καταπόνηση. Κάτω από αυτές τις συνθήκες στα πρέμνα αυτά παρατηρήθηκε η

Πίνακας 5 : Σύγκριση Μέσων A Net και Cs .

	23/8		31/8	
Επέμβαση	A Net	Cs	A Net	Cs
	molCO2 / m ² sec	mol H2O /m ² sec	molCO2 /m ² sec	mol H2O /m ² sec
α	16,42a	0,181a	13,14a	0,101a
β	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

Πίνακας 6 : Συντελεστές συσχέτισης A NET και Cs με τα Υδατικά Δυναμικά.

	ΨPD	Ψleaf	Ψstem
A NET	$r^2=0,94$	$r^2=0,96$	$r^2=0,98$
Cs	$r^2=0,79$	$r^2=0,72$	$r^2=0,74$

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 σχέση με τις υπόλοιπες

Πίνακας 7: Σύγκριση Μέσων αριθμού σταφυλιών, βάρους σταφυλιών και βοστρύχων ανά πρέμνο, βάρους ράγας.

Επέμβαση	Αριθμός σταφυλιών / πρέμνο	Βάρος σταφυλιών / πρέμνο gr	Βάρος βοστρύχων / πρέμνο gr	Βάρος ράγας gr
	α	22,82a	4746a	795a
β	23,29a	3744b	808a	1,6575b
γ	22,25a	3827b	650a	1,7175b
δ	23,16a	3826b	671a	1,7368b

επεμβάσεις. Συγχρόνως όμως εκεί παρατηρήθηκε και η μικρότερη συγκέντρωση ανθοκυανών τόσο ανά ράγα όσο και ανά κιλό ραγών. Η επίδραση της άρδευσης είναι χαρακτηριστική επίσης σε αυτή την επέμβαση, αφού ο παραγόμενος οίνος είχε την υψηλότερη συγκέντρωση μηλικού οξέως και pH και την χαμηλότερη τρυγικού οξέως. Στις επεμβάσεις β, γ, και δ, τα πρέμνα εξαιτίας των κλιματολογικών συνθηκών που επικράτησαν και των εδαφολογικών χαρακτηριστικών του αμπελώνα, χωρίς άρδευση μέχρι και λίγο μετά τον περκασμό, βρισκόντουσαν σε επίπεδα υδατικού δυναμικού που μεταφράζονται από καθόλου έως πολύ ήπια υδατική καταπόνηση. Στην συνέχεια και αφού το Ψleaf πήρε τιμές κάτω από -12bar, η διαφορετική αρδευτική

Πίνακας 8 :Σύγκριση μέσων σακχάρων (gr/kgf ραγών), pH, Ανθοκυανών ΑρΗ1 και ΑρΗ3,2 (mg/l).

Επέμβαση	Σάκχαρα gr/kgf ραγών	pH	Ανθοκυάνες (ΑρΗ1) mg/l	Ανθοκυάνες (ΑρΗ3,2) mg/l
α	255,1a	3,52a	1027,5a	467,7a
β	285,8b	3,49b	1458,9b	587,2a
γ	267,3c	3,42c	1382,8b	615,5a
δ	265,4c	3,50b	1459,4b	504,0a

Πίνακας 9:Σύγκριση Μέσων ανθοκυανών (ΑρΗ1) και (ΑρΗ3,2) σε mg/ράγα και mg/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

δόση είχε σαν αποτέλεσμα την διαβάθμιση των τόσο των υδατικών δυναμικών όσο και της φωτοσύνθεσης και στοματικής αγωγιμότητας στις επεμβάσεις αυτές. Στην επέμβαση β το υδατικό δυναμικό διαμορφώθηκε σε επίπεδα ήπιας και μόνο κοντά στον τρυγητό έφτασε σε επίπεδα μέτριας υδατικής καταπόνησης. Εδώ είχαμε τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις συνολικών ανθοκυανών (ΑρΗ1) ανά ράγα και κιλό ραγών ενώ και οι εκχυλίσιμες ανθοκυάνες (ΑρΗ3,2) 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. 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 αν και καλύφθηκε με άρδευση το 35% των αναγκών των πρέμνων κατά την τελική φάση της ωρίμανσης, το

Πίνακας 10: Αναλυτικά δεδομένα των οίνων από τις τέσσερις επεμβάσεις.

Παράμετρος	Επέμβαση			
	α	β	γ	δ
vol (%)	14,4	13,8	13,7	13,6
Πτητική οξ gr/l	0,35	0,29	0,30	0,32
Ο.Ο. gr/lτ τρυγ.	6,4	7,1	6,8	6,6
pH	3,73	3,51	3,57	3,58
Ένταση Χρωμ.	11,38	16,43	15,86	13,66
Απόχρωση	0,55	0,45	0,46	0,47
Δ.Φ.Ο.	54,7	51,0	52,0	46,0
Τρυγικό. gr/l	2,3	3,2	3,0	2,9
Μηλικό. gr/l	2,3	1,7	1,9	1,7
Κάλιο mg/l	1337	1220	1264	1265

υδατικό καθεστώς των πρέμων δεν επηρεάστηκε και μάλιστα στις μετρήσεις της φωτοσύνθεσης και στοματικής αγωγιμότητας στις 23/8 και 31/8 φαίνεται να έχει τις χαμηλότερες τιμές. Σε αυτή την επέμβαση η μικρή χρονική περίοδος κατά την οποία διαφοροποιήθηκε η άρδευση ανάμεσα στις επεμβάσεις (16/8 έως 5/9), καθώς και η μικρή αρδευτική δόση (3mm) που εφαρμόστηκε κάθε 3 περίπου ημέρες, δεν είχαν το αναμενόμενο αποτέλεσμα. Σε καμία επέμβαση τα πρέμνα δεν υπέστησαν δριμεία υδατική καταπόνηση. Στον πίνακα 12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης των οίνων των τεσσάρων επεμβάσεων.

Πίνακας 12: Μέση Βαθμολογία οίνων

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

Ο δείκτης της έντασης του χρώματος στους παραγόμενους οίνους σχετίζεται θετικά με τις μετρήσεις των ανθοκυανών στα σταφύλια στο τρυγητό και την διαβάθμιση της ποιότητας όπως αυτή προκύπτει από την οργανοληπτική αξιολόγηση. Η καλύτερη ποιότητα οίνων προέκυψε από πρέμνα που υπέστησαν μέτρια υδατική καταπόνηση κατά το στάδιο από τον περκασμό μέχρι την ωρίμανση. Από τα πρώτα αυτά αποτελέσματα φαίνεται ότι 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 πρέμων αλλά η υδατική κατάσταση τους στα διαφορετικά στάδια της βλαστικής περιόδου. Η επανάληψη του πειράματος τα επόμενα έτη αναμένεται να δώσει περισσότερα και πιο αξιόπιστα

αποτελέσματα, στην διερεύνηση της επίδρασης της υδατικής καταπόνησης στην ποσότητα και ποιότητα των παραγόμενων αμπελοοινικών προϊόντων.

Βιβλιογραφία

- 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.
- 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.
- GREENSPAN, M., 2005. Integrated irrigation of California winegrapes –Part 1&2. *Practical Winery & Vineyard*. (March-April /05(May-June /05)
- 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.
- 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.

