

Α. Πατάκας

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Διαχείρισης Φυσικών Πόρων και Επιχειρήσεων, Εργ. Φυτικής Παραγωγής, Γ. Σεφέρη 2, 30100 Αγρίνιο

Περίληψη

Στη Μεσογειακή ζώνη οι καλλιεργούμενες ποικιλίες της αμπέλου, συχνά και ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του θέρους, εκτίθενται σε συνθήκες έλλειψης νερού εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών, του υψηλού ρυθμού διαπνοής και της ανεπάρκειας νερού στο έδαφος. Η ένταση καθώς και η συχνότητα εμφάνισης τέτοιων συνθηκών αναμένεται να αυξηθούν τα επόμενα έτη λόγω της αύξησης της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας –απόρροια των κλιματικών αλλαγών - και της αναμενόμενης μείωσης των ποσοτήτων νερού που θα είναι διαθέσιμες για γεωργική χρήση. Αποκτά επομένως ιδιαίτερη σημασία για την αμπελοκαλλιέργεια στην Ελλάδα, η εξεύρεση και εφαρμογή μιας στρατηγικής άρδευσης που θα αποσκοπεί στην βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας του παραγόμενου και προϊόντος σε συνδυασμό με την αποτελεσματικότερη χρήση του αρδευτικού νερού. Μια τέτοια στρατηγική άρδευσης για να είναι εφαρμόσιμη θα πρέπει να συντίθεται από μια χρονική και μια περιγραφική συνιστώσα. Η πρώτη αφορά στον ακριβή προσδιορισμό του χρόνου εφαρμογής της άρδευσης στηριζόμενη στην γνώση των υδατικών απαιτήσεων των φυτών στα διαφορετικά φαινολογικά στάδια ενώ η δεύτερη αφορά στην εξεύρεση ενός περιγραφικού δείκτη της υδατικής κατάστασης των φυτών της αμπέλου και συνεπώς της έντασης της υδατικής καταπόνησης. Ιδιαίτερα για τις οινοποιήσιμες ποικιλίες, η εφαρμογή ενός προγράμματος άρδευσης βασιζόμενου στην επιβολή ελεγχόμενης υδατικής καταπόνησης σε συγκεκριμένα φαινολογικά στάδια θεωρείται ότι μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος. Τα μέχρι τούδε πειραματικά δεδομένα συνηγορούν στο ότι κατά το χρονικό διάστημα πριν τον περκασμό τα φυτά είναι πιο ευαίσθητα στην έλλειψη νερού. Κατά συνέπεια, έλλειψη νερού κατά αυτό το στάδιο έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής κυρίως λόγω της μείωσης του μεγέθους των ραγών, ενώ αντίθετα η επιβολή υδατικού ελλείμματος μετά τον περκασμό συμβάλει στην αύξηση της συγκέντρωσης ανθοκυανών στις ερυθρές ποικιλίες. Από την άλλη μεριά, η επίδραση του υδατικού ελλείμματος στην συγκέντρωση σακχάρων των ραγών φαίνεται να είναι μικρότερη συγκρινόμενη με αυτή στο μέγεθος των ραγών. Προς την κατεύθυνση της αριστοποίησης χρήσης νερού στον αμπελώνα η συγκριτική αξιολόγηση καθώς και η διερεύνηση πιθανών πλεονεκτημάτων από την εφαρμογή νέων καλλιεργητικών τεχνικών όπως η μερική ξήρανση του ριζικού συστήματος και η ελεγχόμενη ελλειμματική άρδευση κρίνεται απαραίτητος.

Εισαγωγή

Δεδομένων αφενός των επαπειλούμενων φαινομένων ξηρασίας που μοιραία θα επιφέρει η προβλεπόμενη αλλαγή του κλίματος τις προσεχείς δεκαετίες, και αφετέρου της αύξησης του ανταγωνισμού ως προς τις χρήσεις του νερού, καθίσταται προφανές ότι η διαχείριση των υδατικών αρδευτικών πόρων αναμένεται να αποτελέσει πολύπλοκο και ακανθώδες πρόβλημα. Και αυτό γιατί θα πρέπει ταυτόχρονα να αντιμετωπιστούν από τη μια η αυξανόμενη αναγκαιότητα εφαρμογής αρδευτικού νερού και από την άλλη η περιορισμένη διαθεσιμότητά του.

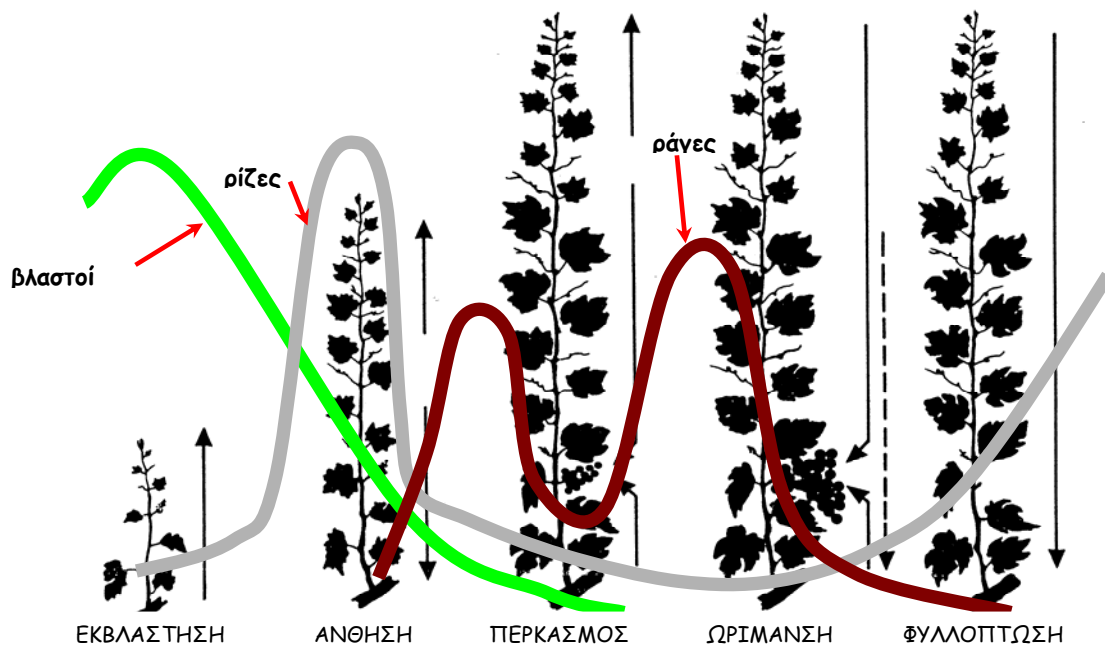
Μεταξύ των αγρονομικών καλλιεργειών, η αμπελοκαλλιέργεια στην Ελλάδα καταλαμβάνει το 5.4% του συνόλου της καλλιεργήσιμης έκτασης συμβάλλοντας σημαντικά στο εθνικό γεωργικό εισόδημα. Από το σύνολο των 1.200.000 περίπου στρεμμάτων του ελληνικού αμπελώνα αρδεύονται περίπου 406.000 στρέμματα δηλαδή ποσοστό 33,8% (Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων 2007). Είναι επομένως φανερό ότι η συντριπτική πλειοψηφία των καλλιεργούμενων ποικιλιών της αμπέλου εκτίθενται, κατά το μάλλον ή ήττον, σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Η συχνή και παρατεταμένη έκθεση των πρέμων σε τέτοιες συνθήκες έχει σαν αποτέλεσμα την μειωμένη βλαστική τους ανάπτυξη, την μείωση της ποσότητας των παραγομένων σταφυλών, την ποιοτική υποβάθμιση του παραγόμενου προϊόντος και τελικά την μείωση του οικονομικού αποτελέσματος της αμπελοκαλλιέργειας (Patakas *et al.*, 1997). Ακόμη και για τις οινοποιήσιμες ποικιλίες αμπέλου, παρά την ύπαρξη διαφωνιών, σήμερα είναι γενικά αποδεκτό ότι η εφαρμογή άρδευσης σε συγκεκριμένα φαινολογικά στάδια επιδρά θετικά στην ποσότητα αλλά και στην ποιότητα του παραγομένου προϊόντος. Παραμένει όμως ζητούμενο η ανάπτυξη μιας στρατηγικής άρδευσης η οποία θα κατατείνει στην βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας του παραγόμενου προϊόντος σε συνδυασμό με την αποτελεσματικότερη χρήση του αρδευτικού νερού. Μια τέτοια στρατηγική άρδευσης για να εφαρμοσίμη θα πρέπει να συντίθεται από μια χρονική και μια περιγραφική συνιστώσα.

1. Χρονική συνιστώσα

Στα παραδοσιακά συστήματα άρδευσης η επιλογή του καταλληλότερου χρόνου εφαρμογής της άρδευσης βασίζεται, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, στην ικανότητα και την εμπειρία των αμπελουργών. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια τα δεδομένα των περισσότερων ερευνητικών εργασιών εισηγούνται τη σύνδεση της στρατηγικής άρδευσης με τα φαινολογικά στάδια ώστε να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα χρήσης του αρδευτικού νερού. Προς την κατεύθυνση αυτή ιδιαίτερη σημασία έχει η γνώση των απαιτήσεων σε νερό αλλά και των επιπτώσεων της έλλειψής του στη δυναμική αύξησης της αμπέλου σε κάθε φαινολογικό στάδιο (Σχ. 1).

Έτσι, το πρώτο φαινολογικό στάδιο (έκπτυξη οφθαλμών έως άνθηση) χαρακτηρίζεται από έντονη αύξηση των βλαστών η οποία υποστηρίζεται από την αποταμιευθείσα στην διάρκεια του χειμώνα εδαφική υγρασία. Η ύπαρξη επαρκούς εδαφικής υγρασίας κατά το στάδιο αυτό θεωρείται κρίσιμος παράγοντας για την ανάπτυξη της απαραίτητης ενεργού φυλλικής επιφανείας για την ομαλή αύξηση και ωρίμανση των σταφυλών. Έλλειψη νερού σε αυτό το στάδιο είναι συνήθως σπάνια εξαιτίας α) της ύπαρξης επαρκούς υγρασίας και αποθεμάτων νερού στο έδαφος νωρίς την άνοιξη και β) μικρότερων διαπνευστικών απωλειών νερού λόγω της μικρότερης φυλλικής επιφανείας και του υδατικού ελλείμματος της ατμόσφαιρας.

Κατά το δεύτερο φαινολογικό στάδιο (άνθηση-περκασμός) συντελείται στο μεγαλύτερο βαθμό η αύξηση σε μέγεθος των ραγών. Η αύξηση πραγματοποιείται σε τρεις συνολικά φάσεις εκ των οποίων οι δύο πρώτες ολοκληρώνονται στην διάρκεια αυτού του φαινολογικού σταδίου (Prichard *et al.*, 2004). Η πρώτη φάση (φάση 1), διάρκειας 40-60 ημερών, χαρακτηρίζεται από γρήγορη αύξηση του μεγέθους των ραγών ακολουθούμενη από μια περίοδο ανάσχεσης ή σημαντικής επιβράδυνσης του ρυθμού της αύξησης των ραγών (φάση 2). Έλλειψη νερού ή επιβολή μέτριας υδατικής καταπόνησης κατά την πρώτη φάση προκαλεί σημαντική μείωση του μεγέθους των ραγών και κατά συνέπεια της παραγωγής λόγω της αρνητικής επίδρασης της έλλειψης νερού στο ρυθμό πολλαπλασιασμού των κυττάρων και συνεπώς στον τελικό αριθμό τους ανά ράγα.



Σχήμα 1. Εποχιακή μεταβολή κίνησης θρεπτικών συστατικών και δυναμικής αύξησεως των οργάνων της αμπέλου στα διαφορετικά φαινολογικά στάδια.

Ανθεκτικότερο στην ξηρασία θεωρείται το τρίτο φαινολογικό στάδιο (περκασμός-ωρίμανση). Κατά το στάδιο αυτό ολοκληρώνεται η αύξηση σε μέγεθος των ραγών (φάση 3) που είχε αρχίσει από το προηγούμενο φαινολογικό στάδιο. Εφαρμογή ήπιου υδατικού ελλείμματος στο στάδιο αυτό έχει ελάχιστες αρνητικές συνέπειες στο τελικό μέγεθος των ραγών κυρίως μέσω της επίδρασής του στη φυσιολογική λειτουργία της τάνυσης των κυττάρων. Από την άλλη μεριά όμως μπορεί να συμβάλλει στην βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος στις έγχρωμες οινοποιήσιμες ποικιλίες λόγω της αύξησης της συγκέντρωσης χρωστικών στον φλοιό των ραγών. Η τελευταία αποδίδεται τόσο στην βελτίωση του φωτεινού μικροκλίματος στην ζώνη των σταφυλών συνέπεια της ανάσχεσης της βλαστικής ανάπτυξης και της έκπτυξης των ταχυφυών βλαστών όσο και στην αύξηση της αναλογίας φλοιού/ γλεύκους.

Τέλος έλλειψη νερού κατά το τέταρτο φαινολογικό στάδιο (ωρίμανση – φυλλόπτωση) μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγή της επόμενης βλαστικής περιόδου λόγω της μείωσης του ρυθμού αποθησαυρισμού υδατανθράκων, της απορρόφησης ανόργανων θρεπτικών στοιχείων και του ρυθμού αύξησης του ριζικού συστήματος των φυτών .

Όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και ειδικότερα την συγκέντρωση των σακχάρων και οξέων στις ράγες, τα αποτελέσματα των περισσότερων ερευνητικών εργασιών εισηγούνται ότι αυτή σχετίζεται με την ακολουθούμενη αρδευτική στρατηγική καθόλη την περίοδο της αύξησης και ανάπτυξής τους. Ήπια υδατική καταπόνηση μπορεί να αυξήσει την περιεκτικότητα σε σάκχαρα των ραγών και να επιταχύνει την ωρίμανση των σταφυλιών ενώ έντονη υδατική καταπόνηση σε συνδυασμό με αυξημένο φορτίο των πρέμνων συντελεί στην καθυστέρηση συγκέντρωσης υδατανθράκων στις ράγες και οψίμιση της ωρίμανσης. Τέλος ήπια υδατική καταπόνηση προκαλεί μείωση της ολικής οξύτητας μειώνοντας σημαντικά την περιεκτικότητα σε μηλικό οξύ των ραγών και μεταβάλλοντας την αναλογία τρυγικό/μηλικό οξύ (Esteban *et al.*, 1999).

Οι παραπάνω αναφερθείσες επιπτώσεις είναι φανερό ότι ενώ δεν μπορούν να τύχουν ευρύτερης γενίκευσης εξαρτώμενες από πολλούς παραμέτρους (ποικιλία, καλλιεργητικές και περιβαλλοντικές συνθήκες κλπ) εντούτοις αποδεικνύουν ότι η εφαρμογή ενός προγράμματος άρδευσης βασιζόμενου στην γνώση των υδατικών απαιτήσεων των φυτών αλλά και των επιπτώσεων έλλειψης νερού σε κάθε φαινολογικό στάδιο μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας του παραγομένου προϊόντος με ταυτόχρονη εξοικονόμηση άρδευτικού νερού.

2. Περιγραφική συνιστώσα

Η περιγραφική συνιστώσα ενός προγράμματος άρδευσης συνίσταται στην αριθμητική έκφραση και τον ποσοτικό προσδιορισμό της υδατικής κατάστασης των φυτών της αμπέλου και συνεπώς της έντασης της υδατικής καταπόνησης. Το γεγονός ότι η γνώση της έντασης υδατικής κατάστασης των φυτών αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για ένα επιτυχές πρόγραμμα άρδευσης οδήγησε σε ερευνητικές προσπάθειες δημιουργίας και εξέλιξης τεχνικών και μεθοδολογιών προσδιορισμού της. Οι εν λόγω μεθοδολογίες μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες: α) στις άμεσες, κύριο χαρακτηριστικό των οποίων είναι ότι στηρίζονται στην μέτρηση και καταγραφή τιμών φυσιολογικών παραμέτρων των φυτών και β) στις έμμεσες, που αφορούν κυρίως μετρήσεις της υγρασίας του εδάφους.

Στις πρώτες ανήκει το υδατικό δυναμικό το οποίο με τις ποικίλες εκφάνσεις του (υδατικό δυναμικό φύλλων, βλαστού, βάσης κ.α) αποτελεί κατά γενική ομολογία τον περισσότερο χρησιμοποιούμενο και αποδεκτό δείκτη της υδατικής κατάστασης της αμπέλου (Patakas *et al*, 2005). Σε αντιδιαστολή με την υψηλή ακρίβειά του οι μετρήσεις του υδατικού δυναμικού παρουσιάζουν σημαντικά μειονεκτήματα όπως ότι είναι χρονοβόρες, επίπονες και καταστροφικές. Τα ίδια μειονεκτήματα παρουσιάζουν και οι μετρήσεις της στοματικής αγωγιμότητας που από πολλούς θεωρείται ως υψηλότερης ακρίβειας δείκτης έντασης υδατικής καταπόνησης, συγκρινόμενος με το υδατικό δυναμικό, λόγω της ισοδρικής συμπεριφοράς ποικιλιών της αμπέλου. Προς άρση των μειονεκτημάτων των παραπάνω μεθοδολογιών νέες εναλλακτικές τεχνικές προτάθηκαν ανάμεσα στις οποίες μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν η ταχύτητα του ανοδικού ρεύματος (sap flow) και η μέτρηση της θερμοκρασίας του φύλλου. Κύριο χαρακτηριστικό των δυο αυτών μεθοδολογιών είναι ότι είναι πλήρως αυτοματοποιημένες και ότι εξαρτώνται άμεσα και συνεπώς προσδιορίζουν μεταβολές στην στοματική αγωγιμότητα των φύλλων.

Στις έμμεσες μετρήσεις περιλαμβάνονται η μέτρηση-καταγραφή της υγρασίας του εδάφους στην ζώνη του ενεργού ριζοστρώματος (υπό μορφή υδατικού δυναμικού ή υδατικού περιεχομένου) καθώς και ο υπολογισμός μεταβολών στο ισοζύγιο εδαφικού νερού μέσω της διαφοράς εισροών (βροχόπτωση, άρδευση) και εκροών (έκπλυση, επιφανειακή απορροή, εξατμισοδιαπνοή). Οι μέθοδοι αυτοί παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της αυτοματοποίησης καθώς έχουν την δυνατότητα συλλογής και επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων. Το κυριότερο μειονέκτημά τους έγκειται στο ότι η ένταση της υδατικής καταπόνησης συνδέεται αμεσότερα με την υδατική κατάσταση των πρέμων παρά με τις αλλαγές στην περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία.

Η εξέλιξη των μεθοδολογιών που επιτρέπουν τον έλεγχο και την ακριβική περιγραφή της υδατικής κατάστασης των πρέμων σε συνδυασμό με την γνώση της αντοχής τους στην έλλειψη νερού σε κάθε φαινολογικό στάδιο οδήγησαν στην ανάπτυξη και εφαρμογή νέων τεχνικών εξοικονόμησης νερού όπως η ελεγχόμενη ελλειμματική άρδευση (DI) και η μερική ξήρανση του ριζικού συστήματος (PRD).

3. Ελεγχόμενη Ελλειμματική Άρδευση (DI)

Συνίσταται στην διατήρηση της υδατικής κατάστασης των πρέμων εντός προκαθορισμένων –για κάθε φαινολογικό στάδιο -ορίων υδατικού ελλείμματος τα οποία προσδιορίζονται πειραματικά για κάθε ποικιλία, καλλιεργητικές συνθήκες και προορισμό του τελικού προϊόντος. Η επιτυχής εφαρμογή του συστήματος αυτού προϋποθέτει πλήρως αναπτυγμένα φυτά με εκτεταμένο και βαθύ ριζικό σύστημα. Υπό τέτοιες συνθήκες, ο ρυθμός μεταβολής της υδατικής κατάστασης των πρέμων είναι αργός καθιστώντας ασφαλέστερη και περισσότερο ελεγχόμενη την εφαρμογή και διατήρηση των επιθυμητών επιπέδων υδατικού ελλείμματος. Αντίθετα σε πρέμνα με περιορισμένο και ως επί τω πλείστον επιφανειακό ριζικό σύστημα δεδομένου ότι ευνοούνται οι ταχύτερες μεταβολές της υδατικής τους κατάστασης, αυξάνονται οι πιθανότητες υποβολής των φυτών σε υψηλότερη, της επιθυμητής, ένταση υδατικής καταπόνησης με αρνητικές συνέπειες στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος (Chaves *et al.*, 2007).

4. Μερική ξήρανση του ριζικού συστήματος (PRD)

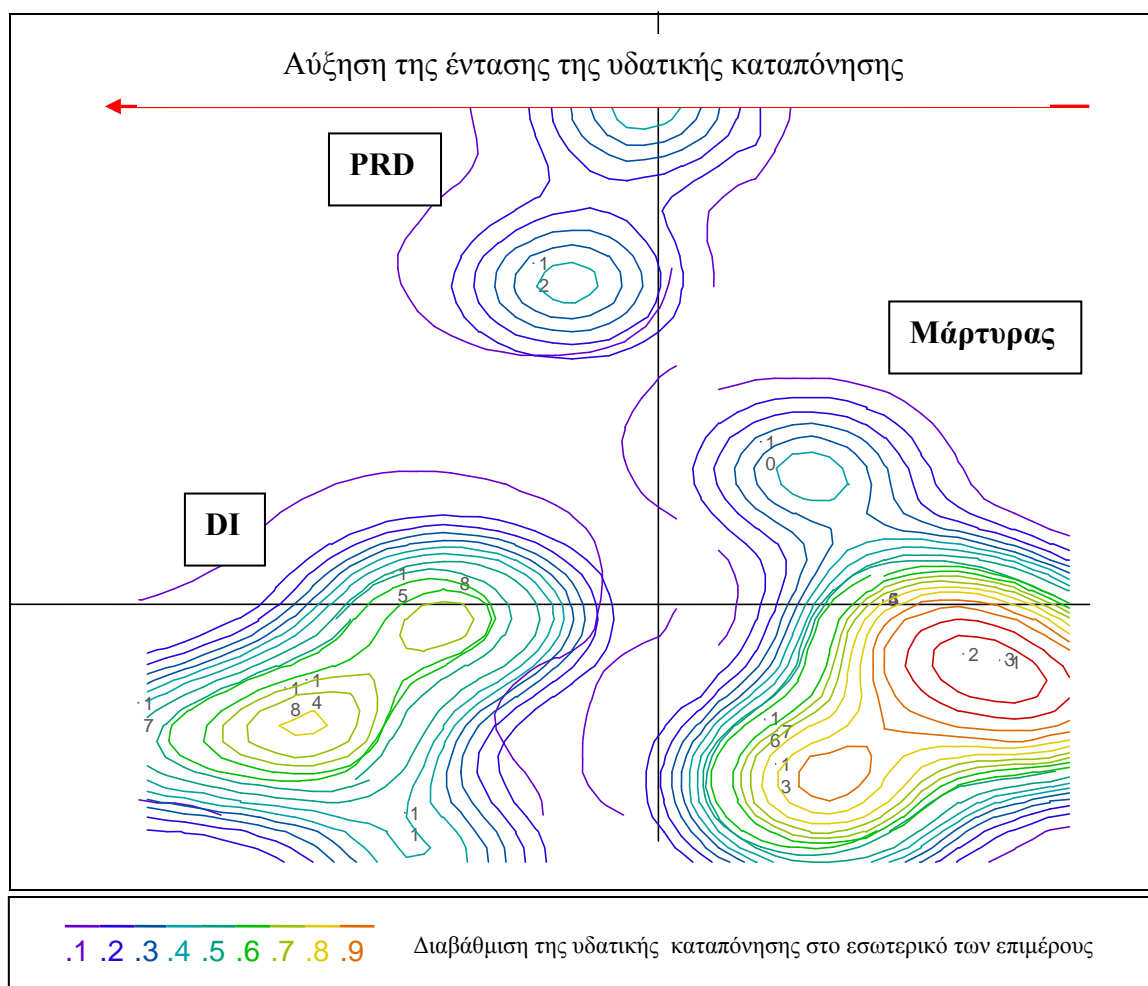
Βασίζεται στον τεχνητό διαχωρισμό του ριζικού συστήματος των φυτών σε δυο κατά το μάλλον ή ήττον ισοδύναμα τμήματα και την ανά τακτά χρονικά διαστήματα εναλλαγή της άρδευσης σε κάθε ένα από αυτά. Αυτό σαν συνέπεια σε κάθε χρονική στιγμή το ένα μέρος του ριζικού συστήματος των πρέμων να βρίσκεται υπό συνθήκες επάρκειας νερού (αρδευόμενο τμήμα) ενώ το άλλο υπό συνθήκες έλλειψης νερού (ξηραινόμενο τμήμα). Καθώς το ένα μέρος του ριζικού συστήματος των φυτών υποβάλλεται σε συνθήκες έλλειψης νερού οι παραγόμενες χημικές ουσίες στις ξηραινόμενες ρίζες μεταφέρονται στα φύλλα με το ανοδικό ρεύμα της διαπνοής προκαλώντας μερικό κλείσιμο των στομάτων και επομένως μείωση των απωλειών νερού μέσω της διαπνοής. Λαμβάνοντας υπ' όψη το γεγονός ότι, η μείωση της στοματικής αγωγιμότητας επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό την απώλεια του νερού παρά το ρυθμό της φωτοσύνθεσης, επιτυγχάνεται σημαντική αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης του νερού (Chaves *et al.*, 2007). Παράλληλα με την αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης του νερού προκαλείται μείωση της βλαστικής ανάπτυξης και συνεπώς αλλαγές στην αρχιτεκτονική του φυτοκαλλύμματος των φυτών. Η τελευταία επηρεάζει θετικά το φωτεινό μικροκλίμα και συνεπώς την ποιότητα των σταφυλών.

Προϋπόθεση για τη επιτυχή εφαρμογή του συστήματος αυτού είναι αφενός η ύπαρξη δυο διακριτών και ισοδυνάμων τμημάτων του ριζικού συστήματος σε κάθε πρέμνο και αφετέρου ο προηγούμενος πειραματικός καθορισμός του άριστου χρονικού διαστήματος για την εναλλαγή της άρδευσης μεταξύ του αρδευόμενου και του ξηραινόμενου τμήματος. Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι η εμφάνιση των θετικών αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του συγκεκριμένου συστήματος μπορεί να καθυστερήσει σε ήδη αρδευόμενους με την κλασσική μεθοδολογία αμπελώνες, κυρίως λόγω της διαφορετικής, σε σχέση με την επιθυμητή, δομής του ριζικού συστήματος. Για αυτό τον λόγο κρίνεται προτιμητέα η εξ αρχής εφαρμογή του σε νέους αμπελώνες στους οποίους υπάρχει η δυνατότητα διαμόρφωσης της επιθυμητής δομής του ριζικού συστήματος δια της εγκατάστασης καταλλήλου διατάξεως αρδευτικού συστήματος. Από την άλλη μεριά, αν το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της εναλλαγής αρδευόμενου- ξηραινόμενου τμήματος είναι πολύ σύντομο τότε η παραγόμενη ποσότητα χημικών ουσιών στο ξηραινόμενο τμήμα της ρίζας μπορεί να μην είναι αρκετή για να επάγει μερικό κλείσιμο των στομάτων, ενώ αν το χρονικό διάστημα είναι μεγάλο τότε η έκθεση μέρους του ριζικού συστήματος των πρέμων σε συνθήκες

έντονης ξηρασίας μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών.

5. Αναγωγική αξιολόγηση τεχνικών εξοικονόμησης νερού

Η συγκριτική αξιολόγηση των δύο παραπάνω αναφερθέντων τεχνικών εξοικονόμησης νερού παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες λόγω αφενός του μεγάλου αριθμού των εμπλεκόμενων παραμέτρων (ποικιλία, υποκείμενο, εδαφοκλιματικές συνθήκες, τεχνική εφαρμογής, επίπεδα υδατικής καταπόνησης κ.α.) και αφετέρου της δυσκολίας εξεύρεσης αντικειμενικών κριτηρίων αξιολόγησής τους σε φυσιολογικό, βιοχημικό και αγρονομικό επίπεδο. Χρησιμοποιώντας την μεθοδολογία της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών (λογισμικό πακέτο JMP Version 5.1) επιχειρήθηκε μια πρώτη συγκριτική αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των δυο τεχνικών σε δυο οινοποιήσιμες ποικιλίες (Μαυροδάφνη και Σαββατιανό). Τα πρέμνα των δυο ποικιλιών υπεβλήθησαν σε συγκεκριμένα επίπεδα ελλειμματικής υδατικής διαίτας (50% του νερού που απαιτείται για την πλήρη κάλυψη των υδατικών απαιτήσεων των φυτών).



Σχήμα 2. Ομαδοποίηση των χειρισμών συναρτήσει της αύξησης της έντασης υδατικής καταπόνησης.

Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε με βάση τις τιμές φυσιολογικών (ρυθμός φωτοσύνθεσης, στοματική αγωγιμότητα, αποτελεσματικότητα χρήσης νερού, σχετικός ρυθμός αύξησης, φθορισμός χλωροφύλλης) και βιοχημικών (αμπισσικό οξύ,

κυτοκινίνες, pH κυτταρικού χυμού) παραμέτρων. Τα αποτελέσματα επιτρέπουν την ομαδοποίηση των χειρισμών κατά μήκος κλίμακας αυξανόμενης έντασης υδατικής καταπόνησης (Σχ. 2). Είναι φανερό ότι στο δεξί μέρος του διαγράμματος (Σχ. 2) ομαδοποιούνται οι χειρισμοί των πλήρως αρδευόμενων φυτών (Μάρτυρας), ενώ προς το αριστερό τμήμα του διαγράμματος εμφανίζονται διαδοχικά οι χειρισμοί της μερικής ξήρανσης του ριζικού συστήματος (PRD), οι οποίοι για τις δεδομένες ποικιλίες και συνθήκες του πειράματος φαίνεται ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα προσαρμογής σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης σε σχέση με τους χειρισμούς της ελεγχόμενης ελλειμματικής άρδευσης (DI), οι οποίοι καταλαμβάνουν το αριστερότερο τμήμα του διαγράμματος.

Βιβλιογραφία

- Chaves, M.M., Santos, T.P., Souza, C.R., Ortuna, M.F., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Maroco, J.P. and Pereira, J.S., 2007. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Ann. Appl. Biol.* 150: 237-252.
- 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: 418-434.
- Patakas, A., Noitsakis, B. and Stavrakas, D., 1997. Adaptation to seasonal drought in *Vitis vinifera* L. as affected by leaf age. *Vitis* 36 (1): 11-14.
- Patakas, A., Noitsakis, B. and Chouzouri, A., 2005. Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. *Agr. Ecosyst. Environ.* 106: 253-259.
- Prichard, T., Hanson, B., Verdegaal, P. and Smith, R., 2004. Deficit irrigation of quality grapevines using micro-irrigation techniques. University of California Davis, Handbook.