

### ***Η πρακτική της ελλειμματικής άρδευσης (Deficitirrigationmethod-DI)***

Τις προηγούμενες δεκαετίες ο αρδευτικός προγραμματισμός των γεωργικών καλλιεργειών εφαρμοζόταν, χωρίς να ληφθεί υπόψη η διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων, με συνέπεια σε ξηρικές και ημι-ξηρικές περιοχές, η αλόγιστη χρήση του νερού άρδευσης σε συνδυασμό με την αύξηση της κατανάλωσης αστικού και βιομηχανικού νερού, να οδηγήσουν στην αναζήτηση μεθόδων για βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης του νερού που προοριζόταν για τις αγροτικές γαίες (Chartzoulakis and Bertaki. 2015). Προς αυτή την κατεύθυνση πραγματοποιήθηκαν ερευνητικές προσπάθειες, με την εφαρμογή εναλλακτικών τεχνικών κατεργασίας/καλλιέργειας του εδάφους και με την ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων, πρακτικές που αποσκοπούν κυρίως στην αύξηση της συγκράτησης του βρόχινου νερού και στη μείωση της εξάτμισης από την επιφάνεια του εδάφους.

Μια επιπλέον πρόταση είναι η μέθοδος της ελλειμματικής άρδευσης, τεχνική που αρχικά αναπτύχθηκε για οπωρώνες και στη συνέχεια προσαρμόστηκε με επιτυχία για την παραγωγή οινοποιήσιμων σταφυλιών (Chaves et al. 2007). Ο όρος Ελλειμματική Άρδευση περιγράφει οποιαδήποτε στρατηγική άρδευσης που διατηρεί τα φυτά σε κάποιο επίπεδο ελλιπούς άρδευσης/υδατικής καταπόνησης σε συγκεκριμένες φάσεις της καλλιεργητικής περιόδου (ή και καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου), με στόχο να ελέγξει την αναπαραγωγική ανάπτυξη και εξέλιξη, τη βλαστική ανάπτυξη και τη βελτίωση της αποδοτικότητας χρήσης νερού (Water Use Efficiency) χωρίς ωστόσο να μειώνεται σημαντικά η απόδοσή της καλλιέργειας. Είναι αυτονόητο ότι ο ακριβής προσδιορισμός του χρόνου εφαρμογής της υδατικής καταπόνησης, της ποσότητας του αρδευτικού νερού, καθώς και η ύπαρξη μόνιμου αρδευτικού συστήματος (εφαρμογή μικρών ποσοτήτων νερού σε μικρή συχνότητα που μειώνει την πιθανότητα ανάπτυξης υδατικού στρες πέραν των επιθυμητών ορίων) είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για τον επιτυχή σχεδιασμό και την αποτελεσματική διαχείριση ενός προγράμματος ελλειμματικής άρδευσης (Fereres and Soriano. 2007). Σημειώνεται επίσης ότι τα προκαθορισμένα, για κάθε φαινολογικό στάδιο, όρια υδατικού ελλείμματος

συνήθως προσδιορίζονται πειραματικά για κάθε καλλιέργεια, σύστημα διαχείρισης, εδαφοκλιματικές συνθήκες και προορισμό του τελικού προϊόντος, ενώ η εφαρμογή της πρακτικής αναφέρεται να προϋποθέτει πλήρως αναπτυγμένα φυτά με εκτεταμένο και βαθύ ριζικό σύστημα. Υπό τέτοιες συνθήκες, η μεταβολή της υδατικής κατάστασης των φυτών πραγματοποιείται με βραδύ ρυθμό, καθιστώντας περισσότερο ελεγχόμενη την εφαρμογή και διατήρηση των επιθυμητών επιπέδων υδατικού ελλείμματος (Dry et al. 2001).

Σε κάθε περίπτωση και προκειμένου να επιτευχθεί μία γενική εικόνα του προγραμματισμού της ελλειμματικής άρδευσης, αρχικά προσδιορίζονται οι υδατικές ανάγκες της καλλιέργειας κάνοντας χρήση της εξίσωσης FAO Penman–Monteith η οποία υπολογίζει την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET<sub>c</sub>) κάτω από τυπικές συνθήκες χρησιμοποιώντας κλιματικά δεδομένα και εισάγοντας τις αντιστάσεις της φυτοκαλλιέργειας, το albedo και τους συντελεστές αντίστασης του αέρα. Εν' τούτοις σημειώνεται ότι η μέθοδος είναι δοκιμασμένη σε φυτά μεγάλης καλλιέργειας, ενώ δίνει αβέβαια αποτελέσματα όταν εφαρμόζεται σε δέντρα ή στο αμπέλι και επιπλέον τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ET<sub>c</sub> σε φυτείες που συμμετέχουν σε καθεστώς ελλειμματικής άρδευσης, είναι ακόμη εμπειρικά (Fereres και Goldhamer, 1990; Burba και Verma, 2005).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ερευνητική προσπάθεια των Kirdaetal. (1999) οι οποίοι αξιολόγησαν την απόκριση φυτών μεγάλης καλλιέργειας (αραβόσιτος, πατάτα, βαμβάκι, σιτάρι, σόγια, ζαχαρότευτλα) σε πρακτικές ελλειμματικής άρδευσης και κατέληξαν στην διατύπωση γραμμικής εξίσωσης η οποία δίνει μία ένδειξη για το αν η καλλιέργεια είναι ανθεκτική σε υδατική καταπόνηση. Στο αμπέλι, η ελλειμματική άρδευση, δηλαδή η παροχή νερού σε επίπεδα μικρότερα της ET<sub>c</sub>, εφαρμόζεται σε δύο διακριτές περιόδους (κυρίως πριν και μετά τον περκασμό) για τον έλεγχο της ζωηρότητας των βλαστών και την βελτίωση της ποιότητας των σταφυλιών ή ακόμη και καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, ανάλογα με την ποικιλία (McCarthy et al. 2002). Η λογική που διέπει αυτή την πρακτική είναι ότι η βελτιστοποίηση του αριθμού και του μεγέθους των καρπών και της ποιότητας του προϊόντος

θα επιτευχθούν διατηρώντας την ισορροπία ανάμεσα στην ενεργητικότητα της αμπέλου και του παραγωγικού δυναμικού. Σημειώνεται ότι περίσσεια νερού συνεπάγεται υποβάθμιση της ποιότητας των σταφυλιών και αύξηση των προβλημάτων φυτοπροστασίας, ενώ η ξηρασία συνήθως είναι υπεύθυνη για χαμηλή ποιότητα και μειωμένη απόδοση. Αντιθέτως οι επεμβάσεις ελλειμματικής άρδευσης αναφέρεται να σχετίζονται θετικά με τον ρυθμό συσσώρευσης φαινολικών ουσιών κατά την ωρίμανση και μπορούν να έχουν θετική επίδραση στην ποιότητα των σταφυλιών και των παραγόμενων οίνων.

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 αρδευτικού νερού.

### ***Η πρακτική της μερικής ξήρανσης του ριζικού συστήματος***

Η μέθοδος της μερικής ξήρανσης του ριζικού συστήματος (Partial Rootzone Drying - PRD) αποτελεί σήμερα ένα πολλά υποσχόμενο πρόγραμμα ρυθμιζόμενης ελλειμματικής άρδευσης. Βασίζεται στον τεχνητό διαχωρισμό του ριζικού συστήματος των φυτών σε δύο λιγότερο ή περισσότερο ισοδύναμα τμήματα και στην ανά τακτά χρονικά διαστήματα εναλλαγή της άρδευσης σε κάθε ένα από αυτά (Dry and Loveys. 1999). Αυτό έχει σαν συνέπεια, σε κάθε χρονική στιγμή, το ένα μέρος του ριζικού συστήματος των φυτών να βρίσκεται υπό συνθήκες επάρκειας νερού (αρδευόμενο τμήμα) ενώ το άλλο υπό συνθήκες έλλειψης νερού (ξηραινόμενο τμήμα). Η θεμελιώδης διαφορά του PRD από το DI εντοπίζεται στο γεγονός ότι με την χρήση της πρακτικής PRD η εφαρμογή υδατικής καταπόνησης μεταβάλλεται χωρικά αντί χρονικά όπως στο RDI.

Θεωρητικά, οι ρίζες που βρίσκονται στο αρδευόμενο τμήμα του εδάφους, θα αναπτύσσονται υπό καθεστώς επαρκούς εδαφικής υγρασίας, ενώ η αφυδάτωση στην άλλη πλευρά του ριζικού συστήματος θα προκαλέσει επαγωγή χημικών σημάτων (ABA-αμπισισικό οξύ), που μέσω του ανοδικού ρεύματος της διαπνοής θα φτάσουν στα φύλλα, και θα επάγουν το κλείσιμο των στομάτων (du Toit et al. 2003). Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η μείωση της στοματικής αγωγιμότητας επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό την απώλεια του νερού παρά το ρυθμό της φωτοσύνθεσης, η μέθοδος PRD αναμένεται να συμβάλει στην σημαντική αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης νερού (Dry et al. 2001). Παράλληλα με την αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης νερού, προκαλείται μείωση της βλαστικής ανάπτυξης και συνεπώς, αλλαγές στην αρχιτεκτονική του φυτοκαλλύμματος των φυτών, καθώς και ανάπτυξη του ριζικού συστήματος προς τα βαθύτερα εδαφικά στρώματα προς αναζήτηση υγρασίας.

Η μέθοδος της μερικής ξήρανσης του ριζικού συστήματος εφαρμόζεται με επιτυχία στην αμπελοκομική πρακτική. Η αποτελεσματική εφαρμογή του συστήματος αυτού είναι συνισταμένη αφενός του καθορισμού δυο διακριτών και ισοδυνάμων τμημάτων του ριζικού συστήματος σε κάθε πρέμνο και αφετέρου του πειραματικού προσδιορισμού της βέλτιστης χρονικής περιόδου για την εναλλαγή της άρδευσης μεταξύ του αρδευόμενου και του ξηραινόμενου τμήματος της ριζόσφαιρας (Santos et al. 2007). Συνεπώς, γίνεται κατανοητό ότι η εμφάνιση των θετικών συνεπειών από την εφαρμογή του συστήματος PRD 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 τον λόγο αυτό συνιστάται η εφαρμογή της μεθόδου εξ αρχής σε νέους αμπελώνες στους οποίους υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης καταλλήλου διατάξεως αρδευτικού συστήματος και συνεπώς της διαμόρφωσης της επιθυμητής δομής του ριζικού συστήματος. Τονίζεται ότι 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 πρέμνων σε συνθήκες έντονης ξηρασίας μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών.

***Εικόνα Α . Απεικόνιση της μεθόδου άρδευσης PRD σε γλάστρες.***