



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην
Επιστήμη Οίνου και Ζύθου
Κατεύθυνση: Οίνος**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

ΒΙΩΣΙΜΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ

ΤΑΤΣΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ

ΑΜ: 19214

**Επιβλέπων
Όνοματεπώνυμο: Καθ. ΚΟΡΚΑΣ ΗΛΙΑΣ**

ΑΘΗΝΑ, 2022



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF FOOD SCIENCE
DEPARTMENT OF WINE, VINE AND BEVERAGE SCIENCES**

**Master of Science in
Wine and Beer Science
Option: Wine**

Master Thesis

SUSTAINABLE WATER USE IN VINEYARDS

Tatsis Eleftherios

Registration Number: 19214

**Supervisor
name and surname: Prof. KORKAS ILIAS**

ATHENS, 2022



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

ΔΗΛΩΣΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει
τη Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία με τίτλο:
«ΒΙΩΣΙΜΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ»
και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα Καθηγητή (1^ο Μέλους Επιτροπής)	
Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (2^ο Μέλους Επιτροπής)	
Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (3^ο Μέλους Επιτροπής)	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογράφων Τάτσης Ελευθέριος του Μιλτιάδη, με αριθμό μητρώου 19214 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Οινολογίας και Τεχνολογίας Ποτών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών


(Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αειφόρος χρήση των υδάτινων πόρων είναι ένα σημαντικό ζήτημα παγκοσμίως. Η αμπελουργία αποτελεί έναν τομέα ο οποίος επηρεάζεται σημαντικά από την κλιματική αλλαγή και τη διαθεσιμότητα του νερού. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται διάφορες τεχνικές και μέθοδοι που μεγιστοποιούν την αποδοτικότητα της χρήσης του νερού στην αμπελουργία, προκειμένου να επιτευχθεί η βιωσιμότητα της καλλιέργειας. Αναλύονται οι απαιτήσεις της αμπέλου σε νερό και η απόκρισή της σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης καθώς και οι συνέπειες αυτής στη φυσιολογία της αμπέλου και στην ποιότητα του σταφυλιού. Τεχνικές όπως η κάλυψη του εδάφους με οργανικά υλικά, η χρήση καλλιεργειών κάλυψης και η σωστή διαχείριση του φυλλώματος με τροποποιημένες εφαρμογές κλαδέματος μπορούν να βοηθήσουν στη μεγιστοποίηση χρήσης του πράσινου νερού. Επιπλέον η επεξεργασία των λυμάτων από τα οινοποιεία και η επαναχρησιμοποίηση του καθαρού νερού που δημιουργείται προσφέρει μια ακόμα λύση για την άρδευση των αμπελώνων και τις ανάγκες της οινοποίησης. Σημαντική βοήθεια μπορεί επίσης να προσφέρει η εφαρμογή της αμπελουργίας ακριβείας μέσω έξυπνων συστημάτων, τα οποία αναλύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και βοηθούν τους αμπελουργούς να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις για τη διαχείριση της καλλιέργειας. Τέλος εξίσου σημαντικές είναι συγκεκριμένες στρατηγικές άρδευσης, όπως η ελεγχόμενη ελλειμματική άρδευση (Regulated Deficit Irrigation – RDI) και η μερική ξήρανση του ριζικού συστήματος (Partial Root Zone Drying - PRD), αλλά και η σωστή επιλογή του κατάλληλου υποκειμένου ανάλογα τις εδαφοκλιματικές συνθήκες του αμπελώνα.

Λέξεις κλειδιά: Αποδοτικότητα χρήσης νερού, Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, Διαθεσιμότητα εδαφικού νερού, Άρδευση, Ανακύκλωση νερού, Αμπελουργία ακριβείας

ABSTRACT

The sustainable use of water resources is an important issue worldwide. Viticulture is a sector that is significantly affected by climate change and water availability. In this work, various techniques and methods are presented that maximize the efficiency of water use in viticulture, in order to achieve the sustainability of the crop. The water requirements of the vine and its response to water stress conditions are analyzed, as well as its consequences on the physiology of the vine and the quality of the grape. Techniques such as mulching the soil with organic materials, using cover crops, and proper foliage management with modified pruning applications can help maximize green water use. In addition, the treatment of waste water from the wineries and the reuse of the clean water that is created offers another solution for the irrigation of the vineyards and the needs of the winemaking. Significant help can also be provided by the application of precision viticulture through intelligent systems, which analyze data in real time and help winegrowers make better crop management decisions. Finally, specific irrigation strategies, such as Regulated Deficit Irrigation (RDI) and Partial Root Zone Drying (PRD), are equally important, as well as the correct selection of the appropriate subject depending on the soil and climate conditions of the vineyard.

Keywords: Water use efficiency, Climate change adaptation, Soil water availability, Irrigation, Water recycle, Precision viticulture

Αφιέρωση

Αφιερώνεται στον αγαπημένο μου θείο και αδελφό Θάνο Τάτση. Είσαι πάντα μαζί μας και ήμαστε πάντα μαζί σου.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τον Καθηγητή μου κ. Ηλία Κόρκα που μου στάθηκε πάνω απ' όλα σαν Άνθρωπος αλλά και σαν Δάσκαλος . Ευχαριστώ όλο το προσωπικό του ιδρύματος για την πολύτιμη γνώση που μου μετέδωσαν και την ανιδιοτελή βοήθειά τους για όλα αυτά τα χρόνια , από τον αξιότιμο Πρύτανη κ. Παναγιώτη Καλδή έως τους κ. καθηγητές και όλους τους ανθρώπους της γραμματείας. Τέλος ευχαριστώ μέσα από την καρδιά μου την οικογένεια μου , την μητέρα μου Ζαφειρούλα , την γιαγιά μου Μαρία , τον Θείο μου Θάνο και τον παππού μου Λευτέρη, που μου έδωσαν με αγάπη όλα αυτά τα χρόνια όλα τα εφόδια για να μπορέσω να κάνω και αυτό το βήμα στην ζωή μου .

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	i
ABSTRACT	ii
Αφιέρωση	iii
Ευχαριστίες	iv
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΑΜΠΕΛΟΣ	4
2.1 Οι ανάγκες του αμπελιού σε νερό	5
2.2 Υδατική καταπόνηση και απόκριση αμπέλου σε αυτήν.....	8
2.2.1 Φωτοσυνθετική λειτουργία	9
2.2.2 Βλαστική ανάπτυξη της αμπέλου.....	9
2.2.3 Φυσιολογία της αναπαραγωγής της αμπέλου.....	9
2.2.4 Ωρίμανση ρώγας.....	10
3 ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	11
3.1 Κάλυψη εδάφους με οργανικά υλικά	11
3.2 Προστατευτικές καλλιέργειες (cover crops)	15
3.3 Διαχείριση του φυλλώματος.....	20
4 ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ	23
4.1 Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση του νερού.....	23
4.2 Επαναχρησιμοποίηση του γκριζου νερού	26
4.2.1 Ερευνητικό πρόγραμμα HYDROUSA	28
5 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ	30
5.1 Ευφυής γεωργία - Γεωργία ακριβείας	30
5.2 Στάγδην άρδευση.....	31
5.3 Επιρροή ποικιλιών - Γενετική βελτίωση	35
5.3.1 Υποκείμενα ανθεκτικά στην ξηρασία	35
6 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΒΙΩΣΙΜΟΤΕΡΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	38
6.1 Ρυθμιζόμενη ελλειμματική άρδευση (Regulated Deficit Irrigation – RDI).....	39
6.2 Μέθοδος μερικής ξήρανσης του ριζικού συστήματος (Partial Root Zone Drying - PRD)	42
7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	45
8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών αποτελεί κομβικό σημείο για τους αγρότες και τους γεωπόνους παγκοσμίως, καθώς η διατήρηση της βιωσιμότητας στη γεωργία είναι καίριας σημασίας. Η χρήση βιώσιμων πρακτικών μπορεί να ενισχύσει την παραγωγικότητα των καλλιεργειών, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα τη συνεχή βιωσιμότητα της γεωργίας. Η αυξανόμενη ζήτηση για μεγαλύτερη κατανάλωση νερού στη γεωργία είναι μια σημαντική ανησυχία. Η βελτίωση της χρήσης του νερού στις καλλιέργειες έχει τονιστεί από πολλούς μελετητές. Είναι επιτακτική ανάγκη να χρησιμοποιηθούν βιώσιμες μέθοδοι και να ενισχυθεί η αποδοτικότητα της χρήσης του νερού για τη συνεχή χρήση πολύτιμων φυσικών πόρων. Νερό και χώμα είναι δύο βασικά στοιχεία για τη ζωή. Χωρίς το ένα ή το άλλο, δεν θα μπορούσαμε να επιβιώσουμε. Ο συνδυασμός νερού και εδάφους παίζει επίσης κρίσιμο ρόλο στη γεωργία, παρέχοντας ένα περιβάλλον για την ανάπτυξη και την ευημερία των φυτών. Επιπλέον, η κατανόηση της σχέσης μεταξύ νερού και εδάφους είναι ζωτικής σημασίας για την πρόληψη της διάβρωσης, τη διατήρηση υγιών οικοσυστημάτων και την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής (Deng *et al.* 2006, Geerts and Raes 2009, Katerji *et al.* 2008, Morison *et al.* 2008). Λαμβάνοντας υπόψη τις σημερινές ανησυχίες της κοινωνίας για το περιβάλλον, οι παραγωγοί τροφίμων αναζητούν ολοένα και πιο πράσινες και καθαρές παραγωγικές πρακτικές. Στην αμπελοκαλλιέργεια, η βιωσιμότητα έχει καταστεί ένα ζήτημα που απασχολεί σοβαρά τους παραγωγούς, λόγω της αυξανόμενης επέκτασης της καλλιέργειας σε πολλές διαφορετικές κλιματικές συνθήκες και της υψηλής κατανάλωσης πόρων που απαιτείται για αυτή. Η χρήση του νερού για άρδευση αμπελώνων φτάνει σε ποσοστό 60% των αμπελώνων σε ημίξηρες περιοχές (Flexas *et al.* 2010). Με βάση και τις αυξανόμενες ανησυχίες της κοινωνίας για το περιβάλλον, οι ετικέτες αποτυπώματος άνθρακα και νερού καθίστανται όλο και πιο σημαντικές στο εμπόριο προϊόντων και οίνων. Η επιδίωξη ενός ελάχιστου αποτυπώματος άνθρακα και νερού στην καλλιέργεια και παραγωγή τροφίμων, ενισχύει την έννοια της βιωσιμότητας και της πράσινης παραγωγής στη βιομηχανία του κρασιού. Από την πλευρά των αμπελουργών και των οινοποιών, η προσοχή στο αποτύπωμα άνθρακα και νερού ενισχύει την ευαισθητοποίησή τους για την αειφορία των αμπελώνων και των οινοποιείων. Η επιθυμία για παραγωγή κρασιού με τρόπο που δεν βλάπτει το περιβάλλον, είναι κάτι που τους ανησυχεί και το οποίο προωθούν μέσω των ετικετών αποτυπώματος άνθρακα και νερού στα προϊόντα τους. Η βιώσιμη αμπελουργία και η παραγωγή κρασιού που είναι φιλική προς το περιβάλλον απαιτούν την εφαρμογή πρακτικών που θα περιορίζουν τη χρήση νερού και

φυτοφαρμάκων, ενώ ταυτόχρονα θα διατηρούν υψηλή ποιότητα και απόδοση στον αμπελουργικό τομέα. Η εξασφάλιση επαρκούς ποσότητας νερού είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη και επιβίωση της αμπέλου. Η άρδευση των φυτών αποτελεί ένα κρίσιμο στάδιο στην ανάπτυξή τους και ιδιαίτερα σε ξηρές περιοχές, όπου η πρόσβαση σε νερό είναι περιορισμένη. Ο προγραμματισμός της άρδευσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα της καλλιέργειας, αλλά και για τη διατήρηση των υδατικών πόρων. Ειδικότερα κατά την περίοδο της ξηρασίας απαιτείται από τους αμπελουργούς να προγραμματίζουν προσεκτικά το χρόνο και τη συχνότητα της άρδευσης, προκειμένου να διασφαλίσουν την ολοκλήρωση του κύκλου ανάπτυξης της αμπέλου. Συνεπώς, η πρόσβαση σε επαρκές νερό είναι ζωτικής σημασίας για τη βιωσιμότητα της αμπελουργίας. (Williams και Ayars, 2005). Οι κλιματικές συνθήκες που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια στις διάφορες αμπελουργικές περιοχές μπορούν να έχουν αρνητικό αντίκτυπο στην παραγωγή, τόσο ποσοτική όσο και ποιοτική. Η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας και η ένταση των κλιματικών ανωμαλιών, όπως οι ξηρασίες και οι καύσωνες, απαιτούν υψηλότερους ρυθμούς διαπνοής για τη μείωση της θερμοκρασίας των φύλλων. Αυτό μπορεί να αμβλυνθεί μόνο με τη διατήρηση κατάλληλων συνθηκών στις ημίξηρες περιοχές παραγωγής αμπέλου και στο μεγαλύτερο μέρος της αμπελοκαλλιέργειας του "νέου κόσμου", όπου απαιτούνται υψηλοί όγκοι άρδευσης για την επίτευξη μιας λογικής συγκομιδής. Σε αντίθετη περίπτωση, η παραγωγή του αμπελιού μπορεί να μειωθεί σημαντικά.

Η βελτιστοποίηση της χρήσης του νερού στους αμπελώνες είναι ένα σημαντικό θέμα που αφορά τη βιωσιμότητα της καλλιέργειας. Πολλές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στη διερεύνηση της δυνατότητας βελτιστοποίησης της χρήσης του νερού στην αμπελοκαλλιέργεια μέσω της βελτίωσης της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού (WUE). Μια σημαντική πτυχή αυτής της έρευνας είναι η αξιολόγηση του χρόνου και του προγράμματος άρδευσης, χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες για τη μείωση της κατανάλωσης νερού. Μερικά παραδείγματα τέτοιων τεχνολογιών είναι αυτές που περιλαμβάνουν έλεγχο της υγρασίας του εδάφους, αισθητήρες που μετρούν την υγρασία του αέρα και την θερμοκρασία, καθώς και τη χρήση προγραμματιζόμενων συστημάτων άρδευσης. Στόχος είναι η αύξηση της απόδοσης της χρήσης του νερού με τη μείωση της κατανάλωσής του, εξασφαλίζοντας έτσι τη βιωσιμότητα της αμπελουργίας (Chaves *et al.* 2010, Romero *et al.* 2010). Για την βελτίωση της απόδοσης του νερού μπορούμε να διαλέξουμε το κατάλληλο υποκείμενο ανάλογα τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής. Μια πιθανή προσέγγιση για τη βελτίωση των γενετικών ικανοτήτων της αμπέλου είναι η εκτίμηση της γενετικής παραλλακτικότητας των υποκειμένων ή των ποικιλιών αμπέλου. Μελέτες (Alsina *et al.* 2007, Satisha *et al.* 2006,

Tomás *et al.* 2012) έχουν εστιάσει σε αυτό το θέμα και έχουν αναπτύξει διάφορες προσεγγίσεις για την ενίσχυση της WUE μέσω της γενετικής βελτίωσης.

Μια ακόμα σημαντική παράμετρος για πιο βιώσιμη χρήση του νερού στην αμπελουργία είναι η κατανόηση του υδάτινου αποτυπώματος στην καλλιέργεια της αμπέλου. Στη παρούσα εργασία εξετάζονται δύο κατηγορίες νερού, το πράσινο νερό, το οποίο προέρχεται από τη βροχή, το χιόνι και άλλες φυσικές πηγές και κατευθύνεται απευθείας στην καλλιεργούμενη έκταση, και το γκρι νερό, το οποίο σχετίζεται με βιομηχανικές διεργασίες που συνδέονται με την οινοποιία και τις γεωργικές δραστηριότητες . Η ανάλυση των διαφόρων κατηγοριών νερού είναι σημαντική για την κατανόηση της συνολικής κατανάλωσης νερού κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου του αμπελώνα και της παραγωγής οίνου, καθώς και για τη βελτίωση της αειφόρου χρήσης των υδατικών πόρων (Hoekstra *et al.* 2011). Η αυξανόμενη ανησυχία για το υδάτινο αποτύπωμα της παραγωγής σταφυλιών και οίνου έχει ενισχύσει τη σημασία της οικονομίας του νερού για την αμπελουργία και την οινοποιία. Υψηλότερη ποιότητα συνήθως συσχετίζεται αρνητικά με υψηλότερες αποδόσεις (Romero *et al.* 2013, Williams and Matthews 1990). Συνολικά, μπορούμε να πούμε ότι η παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντων μπορεί να επιτευχθεί ακόμη και σε δυσμενείς συνθήκες καλλιέργειας. Σε αυτό το πλαίσιο, η διαχείριση του νερού έχει αναδειχθεί ως στρατηγική προσέγγιση για τη διασφάλιση της υψηλής ποιότητας των καλλιεργειών και τη βελτίωση της βιωσιμότητας της χρήσης του νερού.

2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΑΜΠΕΛΟΣ

Η ξηρασία αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα για πολλές οινοπαραγωγικές περιοχές σε όλο τον κόσμο. Ενώ η κλιματική αλλαγή προκαλεί σε συγκεκριμένες περιοχές αύξηση της ξηρασίας, η έλλειψη νερού μπορεί να περιορίσει σημαντικά την παραγωγή και την ποιότητα των καλλιεργειών. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, είναι αναγκαίο να εφαρμοστούν τεχνικές που θα σταθεροποιήσουν την απόδοση των καλλιεργειών και θα διατηρήσουν ή ακόμα και βελτιώσουν την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Η αποτελεσματική χρήση του νερού είναι καίριας σημασίας για τη διαχείριση των καλλιεργειών και τη διασφάλιση της βιωσιμότητας της οινοπαραγωγής στο μέλλον (Chaves *et al.*, 2010). Η υπερθέρμανση του πλανήτη αποτελεί μια παραπάνω σοβαρή απειλή για την ανάπτυξη της αμπέλου σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι υψηλές θερμοκρασίες και η έλλειψη βροχόπτωσης επηρεάζουν τη φαινολογία των αμπελιών και οδηγούν σε πρώιμες συγκομιδές, καθώς και σε μείωση της παραγωγής και ποιότητας του αμπελουργικού προϊόντος

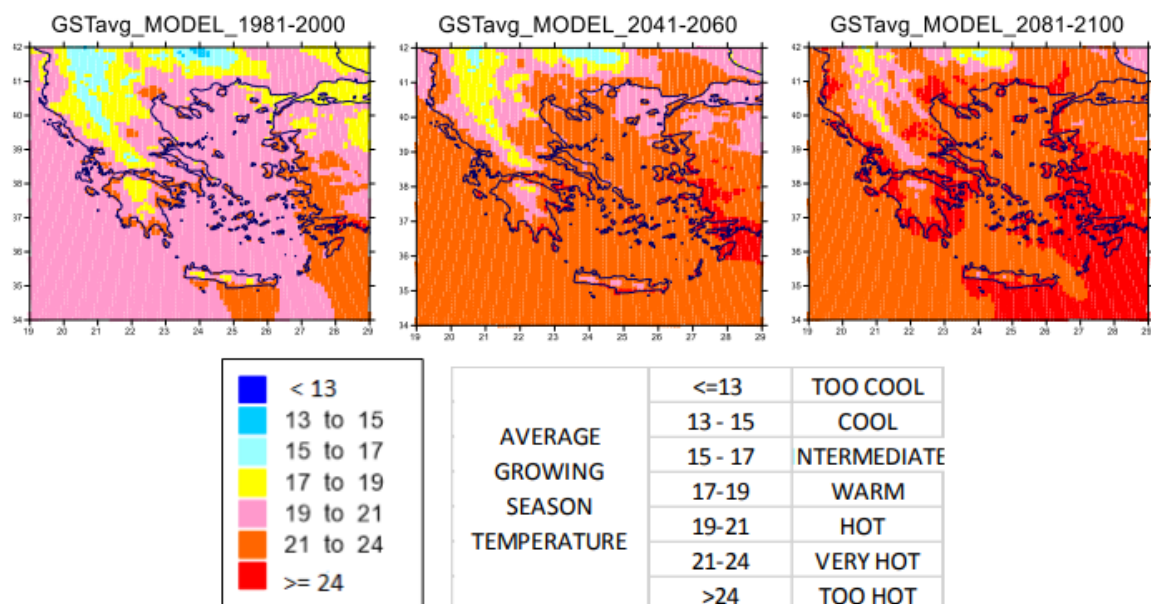
Σε ορισμένες Ευρωπαϊκές χώρες, οι θερμοκρασίες και οι βροχοπτώσεις πλησιάζουν τα κατώτερα όρια για την ανάπτυξη της αμπέλου (Fraga, 2020). Είναι, συνεπώς, αναγκαίο να ληφθούν μέτρα προστασίας της αμπέλου, όπως η επιλογή ανθεκτικών ποικιλιών αμπέλου, η επιβολή περιορισμών στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και η εφαρμογή τεχνικών προστασίας του εδάφους και του αμπελουργικού οικοσυστήματος.

Στα πρόσφατα χρόνια, το έλλειμμα υδάτων έχει αρχίσει να εμφανίζεται σε περιοχές με ψυχρό κλίμα και ιδιαίτερη τοπογραφία. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως οι έντονες διαφορές θερμοκρασίας μέσα σε ένα εικοσιτετράωρο, οι καταιγίδες και οι έντονες βροχοπτώσεις, αναμένονται να αυξηθούν στο μέλλον, με αρνητικές συνέπειες για την παραγωγή και την ποιότητα των σταφυλιών. Η κλιματική αλλαγή απαιτεί προσαρμοστική διαχείριση για να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που προκύπτουν.

Για να εξασφαλιστεί η απόδοση και η ποιότητα των παραγόμενων σταφυλιών και κρασιών, είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι άρδευσης που θα διατηρήσουν σταθερό το επίπεδο υγρασίας των αμπελώνων. Η διαχείριση του νερού είναι πολύ σημαντική για την παραγωγή κρασιού και πρέπει να γίνεται με εξαιρετικά συντονισμένες αρδευτικές τεχνικές που θα διασφαλίζουν τη βέλτιστη χρήση του νερού. (Chaves *et al.*, 2010). Η αύξηση της αποτελεσματικής χρήσης του είναι ζωτικής σημασίας για την βέλτιστη διαχείριση των αμπελώνων. Πρόσφατα η άρδευση έχει εισαχθεί ως μια λύση για την αύξηση της απόδοσης των αμπελουργικών εκτάσεων, κυρίως σε περιοχές με ξηρό καλοκαίρι. Η άρδευση που εφαρμόζεται στα αμπέλια έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της φωτοσύνθεσης και της

απόδοσης των σταφυλιών. Η απόδοση μπορεί να αυξηθεί μέχρι και 4 φορές ανάλογα την ποσότητα και τον χρόνο της άρδευσης, την ποσότητα νερού που εφαρμόζεται, την ποικιλία, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τις λοιπές καλλιεργητικές πρακτικές (J. Cifre *et al.*, 2005).

Η γενίκευση της άρδευσης σε περιοχές με ξηρό καλοκαίρι έχει προκαλέσει κάποιες διαμάχες λόγω των ανεπαρκών γνώσεων σχετικά με τη σχέση μεταξύ της φωτοσύνθεσης και της ποσοτικής – ποιοτικής απόδοσης των αμπελιών. Η υπερβολική ποσότητα νερού μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στην ποιότητα του κρασιού, καθώς οδηγεί σε απώλειες χρώματος και ανισορροπία στα επίπεδα σακχάρων και οξύτητας των σταφυλιών. Αυτό έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη γεωργία ακριβείας, καθώς οι μηχανισμοί αυτοί παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της ευαίσθητης ισορροπίας μεταξύ της απόδοσης και της ποιότητας των καλλιεργειών.



ΣΧΗΜΑ 2.1 Χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη μέσης θερμοκρασίας της περιόδου ανάπτυξης (GSTavg) για τις χρονικές περιόδους μελέτης 1981-2000, 2041-2060 και 2081-2100 (Λάζογλου Γ. 2018)

2.1 Οι ανάγκες του αμπελιού σε νερό

Παρόλο που το αμπέλι είναι ένα φυτό που μπορεί να επιβιώσει σε ξηρά και θερμά εδάφη, η άρδευση είναι απαραίτητη για να παράγει σταφύλια υψηλής ποιότητας σε επαρκείς ποσότητες. Οι ρίζες του αμπελιού απορροφούν μεγάλες ποσότητες νερού μέσω του ριζικού συστήματος για να εκτελέσουν σημαντικές φυσιολογικές λειτουργίες, όπως η φωτοσύνθεση και η παραγωγή καρπών. Το μεγαλύτερο μέρος του νερού που καταναλώνει το φυτό απελευθερώνεται προς την ατμόσφαιρα μέσω της διαπνοής και μόνο το 1% περίπου

παραμένει στο φυτό . Για να παραχθεί ένα κιλό ξηρής ουσίας από το πρέμνο του αμπελιού, απαιτούνται περίπου 500-700 λίτρα νερού. Το νερό είναι απαραίτητο για τη διαλυτοποίηση των ανόργανων συστατικών του εδάφους, τα οποία μεταφέρονται από τις ρίζες στα φύλλα για τη θρέψη των φυτών. Επιπροσθέτως, το νερό λειτουργεί ως ρυθμιστικός παράγοντας της θερμοκρασίας των φυτών και τα προστατεύει από τον καύσωνα. Το νερό είναι ένα κρίσιμο στοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών και αντιπροσωπεύει συνήθως το 60-95% του βάρους τους. Είναι απαραίτητο για τη διάλυση των ανόργανων συστατικών του εδάφους και τη μεταφορά τους από τις ρίζες στα φύλλα των φυτών για τη θρέψη τους. Το νερό ρυθμίζει τη θερμοκρασία των φυτών και τα προστατεύει από τον καύσωνα . Κατά την καλλιέργεια της αμπέλου, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η ποσότητα και το βάθος του παρεχόμενου νερού κατά την άρδευση. Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες αμπελιού προσλαμβάνουν σχεδόν το 100% του αναγκαίου νερού από τα επιφανειακά 0-60 cm του εδάφους. Επομένως, κατά την άρδευση, δεν πρέπει να εφοδιάζουμε τα αμπέλια με νερό σε βάθος μεγαλύτερο από 90 cm, αφού το βάθος του ενεργού ριζοσφαιρικού συστήματος φτάνει τα 60-80 cm. (Σταυρακάκης, 2013).

Οι ανάγκες των φυτών κατά τη διάρκεια του ετήσιου κύκλου βλάστησης εξαρτώνται από το βλαστικό στάδιο τους. Η έλλειψη ή η υπερβολική ξηρασία μπορεί να προκαλέσει βλάβες σε διάφορα όργανα του φυτού, σε διαφορετική ένταση. Η απορρόφηση νερού εξαρτάται από τη φάση της βλάστησης και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό νερού καθώς η ζέστη και ο ήλιος επηρεάζουν το μεταβολισμό τους.

Η κατανάλωση νερού των φυτών μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την καλλιέργεια και τον τύπο του φυτού, αλλά κατά μέσο όρο ανέρχεται στα 500-1000 λίτρα/πρέμνο για έναν αμπελώνα 400 φυτών/στρέμμα κανονικής ζωηρότητας και παραγωγής. Σε ζωηρούς αμπελώνες σε γόνιμα εδάφη, η κατανάλωση μπορεί να φτάσει και τα 1000-1500 λίτρα/πρέμνο. Άρα για την βέλτιστη ανάπτυξη των φυτών, είναι σημαντικό να ελέγχουμε την ποσότητα του νερού που δίνουμε στα αμπέλια ανάλογα τη βλαστική περίοδο που είναι. (Κουνδουράς,2010). Οι απαιτήσεις του αμπελιού σε νερό ανάλογα με το βλαστικό στάδιο είναι οι παρακάτω:

- **Από την εκβλάστηση – την ανθοφορία:** Κατά τη διάρκεια αυτή, η οποία είναι μία περίοδος έντονης βλαστικής ανάπτυξης και αύξησης των ταξιανθιών, είναι απαραίτητη η επάρκεια νερού ($\Psi_{soil} < 30kPa$) για τη διασφάλιση του φυλλώματος καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου (Σταυρακάκης, 2013).

- **Από την ανθοφορία – την καρπόδεση:** Κατά την περίοδο αυτή, που αποτελεί μια εξαιρετικά ευαίσθητη περίοδο για τα φυτά, η έλλειψη υγρασίας μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες όπως κακή καρπόδεση, μικρορραγίες και περιορισμένη ανθική καταβολή. Για τον λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η επάρκεια υγρασίας στο έδαφος κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ($\Psi_{\text{soil}} < 10\text{kPa}$). Η επαρκής παροχή νερού εξασφαλίζει την ομαλή ανάπτυξη και λειτουργία των φυτών κατά τη διάρκεια αυτής της ευαίσθητης περιόδου (Σταυρακάκης, 2013).
- **Από την καρπόδεση – τον περκασμό:** Εδώ ολοκληρώνεται η ανάπτυξη του φυλλώματος και η πρώτη φάση αύξησης της ράγας, γνωστή ως "πράσινη ράγα". Η υγρασία του εδάφους και η διαθεσιμότητα νερού σε αυτήν τη φάση επηρεάζουν το χρόνο που απαιτείται για την αύξηση της ράγας και το μέγεθός της, καθώς και την παραγωγή των καρπών. Την κατάσταση αυτή επηρεάζει έμμεσα το μικρόκλιμα στη ζώνη των φυτών. Συνεπώς, είναι σημαντικό να διατηρείται επαρκής υγρασία στο έδαφος κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, για να εξασφαλιστεί η καλή ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών (Σταυρακάκης, 2013).
- **Από τον περκασμό – τον τρύγο:** Κατά την διάρκεια της ωρίμανσης των σταφυλιών είναι σημαντικό να διατηρείται επαρκής υγρασία στο πρέμνο, καθώς αυτό επηρεάζει την παραγωγή σακχάρων και δευτερογενών μεταβολιτών μέσω της φωτοσύνθεσης. Αν και το πρέμνο μπορεί να αντέξει μειωμένη υγρασία κατά την ωρίμανση, η μεγιστοποίηση της παραγωγής απαιτεί και την εξασφάλιση επάρκειας νερού. Στα αμμώδη εδάφη, η υγρασία θα πρέπει να διατηρείται έως και 80kPa , ενώ στα αργιλώδη εδάφη, το επίπεδο υγρασίας θα πρέπει να φτάνει τα 200kPa (Σταυρακάκης, 2013).
- **Από τον τρύγο – τη φυλλόπτωση:** Κατά την φάση αυτή είναι σημαντικό να διασφαλιστεί η κατάλληλη υγρασία για την ξυλοποίηση των κλημάτων. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει βροχή, η άρδευση αποτελεί αναγκαιότητα. Το ποσό νερού που απαιτείται ανά πότισμα εξαρτάται από παράγοντες όπως η ενεργή φυλλική επιφάνεια των πρεμνών, το φορτίο των σταφυλιών και οι κλιματικές συνθήκες. Επιπροσθέτως, τα αμπέλια με μεγάλες στρεμματικές αποδόσεις και υψηλά σχήματα διαμόρφωσης απαιτούν μεγαλύτερες ποσότητες νερού για τη διατήρηση της κατάλληλης υγρασίας (Σταυρακάκης, 2013).

Η άρδευση των αμπελώνων επηρεάζεται από τρεις κύριες κλιματικές παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η βροχόπτωση. Σημαντικό εργαλείο για τον

υπολογισμό των αναγκών άρδευσης του αμπελώνα αποτελεί η εξατμισοδιαπνοή και υπολογίζεται μέσω δεδομένων από μετεωρολογικούς σταθμούς . Συνεπώς, σε περιοχές με υψηλή εξατμισοδιαπνοή, απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες νερού ανά άρδευση. Η συχνότητα των ποτισμάτων εξαρτάται από τις ιδιότητες του εδάφους και το σύστημα ύδρευσης.

Ωστόσο, αμπελώνες σε βαθιά γόνιμα εδάφη μπορούν να χρειάζονται λιγότερο νερό για την ανάπτυξή τους. Σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν γίνει σε ξηροθερμικές περιοχές, η διαπνοή των πρεμνών ανέρχεται σε 10 κυβικά μέτρα νερού ανά στρέμμα από την εκβλάστηση μέχρι τα τέλη Απριλίου, ενώ η εξάτμιση από το έδαφος φθάνει τα 70 κυβικά μέτρα ανά στρέμμα. Κατά την περίοδο Μαΐου έως Οκτωβρίου, οι αντίστοιχες τιμές αυξάνονται σε 65 και 110 κυβικά μέτρα ανά στρέμμα αντίστοιχα. Για την αποφυγή βλαβών στα πρέμνα, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις αρδεύσεις κατά τα κρίσιμη περίοδο βλάστησης τους, δηλαδή από την καρπόδεση μέχρι το γυάλισμα των σταφυλιών. Είναι απαραίτητο να γίνονται τουλάχιστον 2-3 αρδεύσεις κατά το συγκεκριμένο διάστημα, ανεξάρτητα από το εάν χρησιμοποιείται χειμερινή άρδευση (Σταυρακάκης, 2013).

2.2 Υδατική καταπόνηση και απόκριση αμπέλου σε αυτή

Η διαθεσιμότητα του νερού αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την ανάπτυξη και επιβίωση των φυτικών οργανισμών. Η υδατική καταπόνηση αποτελεί συχνό φαινόμενο που επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών και αναλύεται συνήθως υπό το πρίσμα της έλλειψης και όχι της περίσσειας νερού. Μπορεί να εκδηλωθεί είτε με τη μορφή της μάρανσης, είτε της ωσμωτικής καταπόνησης, με αποτέλεσμα τη διαμόρφωση χαμηλού υδατικού δυναμικού στους φυτικούς ιστούς και επομένως την έλλειψη νερού στα φυτά. Ωστόσο, τα φυτά έχουν αναπτύξει τρεις βασικές στρατηγικές για την αντιμετώπιση της υδατικής καταπόνησης. Η πρώτη είναι η διαφυγή, η οποία αφορά στη σύντομη ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου κατά τη διάρκεια της ευνοϊκής περιόδου και ενόσω δεν υπάρχει κάποιος συντελεστής καταπόνησης. Η δεύτερη είναι η ανθεκτικότητα, με διατήρηση υψηλής μεταβολικής δραστηριότητας παρόμοιας με αυτής κατά την ύπαρξη μιας ιδανικής κατάστασης, παρά την ύπαρξη οποιωνδήποτε αντίξοων συνθηκών. Η τρίτη είναι η αποφυγή και η οποία μπορεί να περιγραφεί ως ο μετριασμός ενός παράγοντα καταπόνησης με ύστατο σκοπό να μην επηρεαστούν τα κύτταρα του φυτού. Το φυτό της αμπέλου χρησιμοποιεί τη στρατηγική της ανθεκτικότητας για να αντιμετωπίσει την υδατική καταπόνηση. (Καραμπουρνιώτης, 2003). Οι αρνητικές επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης στην αμπέλου συνοψίζονται στα εξής :

2.2.1 Φωτοσυνθετική λειτουργία

Η υδατική καταπόνηση επηρεάζει αρνητικά τη φωτοσυνθετική λειτουργία της αμπέλου, όπου το κλείσιμο των στοματίων είναι η πιο άμεση αντίδραση της αμπέλου στην έλλειψη νερού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διαπνοής, της φωτοσύνθεσης και της συγκέντρωσης του CO₂ στο μεσόφυλλο (Καραμπουρνιώτης, 2003).

2.2.2 Βλαστική ανάπτυξη της αμπέλου

Η ανάπτυξη της αμπέλου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σπαργή των κυττάρων της. Όταν η άμπελος υποστεί υδατική καταπόνηση, η ανάπτυξη των βλαστών και των φύλλων μπορεί να ανασταλεί. Αντίθετα, η ανάπτυξη των ριζών επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό. Οι ρίζες συγκεντρώνουν ιόντα K⁺ και άλλα συστατικά όπως σάκχαρα και αμινοξέα, προκειμένου να διατηρήσουν ένα χαμηλό υδατικό δυναμικό. Αυτό επιτρέπει στις ρίζες να απορροφούν νερό και επίσης η ρίζα επιτρέπει την είσοδο του κατεργασμένου χυμού και συνεχίζει την ανάπτυξή της προς βαθύτερα στρώματα του εδάφους (Σταυρακάκης, 2013) .

2.2.3 Φυσιολογία της αναπαραγωγής της αμπέλου

Η ανεπαρκής τροφοδοσία νερού στην αμπελοργία μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην παραγωγή . Ειδικότερα, όταν αυτή συμβαίνει νωρίς στη βλαστική περίοδο, μπορεί να μειώσει σημαντικά την παραγωγή στην ίδια και την επόμενη βλαστική περίοδο . Κατά την ανάπτυξη των νεοεμφανιζόμενων φύλλων, παρατηρούμε μειωμένη ταχύτητα ανάπτυξης του φυτού. Οι νέοι βλαστοί που δημιουργούνται έχουν μικρότερο μήκος σε σχέση με τις κανονικές συνθήκες άρδευσης. Σε πιο σοβαρές περιπτώσεις έλλειψης νερού, η ανάπτυξη του βλαστού αποτρέπεται, και τα νέα φύλλα καλύπτουν την αυξανόμενη κορυφή του . Κατά αυτήν την περίπτωση, οι αυξανόμενες κορυφές παρουσιάζουν σκούρο πράσινο χρώμα, και οι μη ξυλοποιημένες έλικες γίνονται εξαιρετικά ευαίσθητες στην έλλειψη νερού, ξεκινώντας να μαραίνονται πριν από τα φύλλα. Συνεπώς, η ζωντάνια του βλαστού και οι χαρακτηριστικές ιδιότητες της αυξανόμενης κορυφής του βλαστού και των έλικων μπορούν να λειτουργήσουν ως δείκτες της υδατικής κατάστασης των κλαδιών και της έναρξης της υδατικής έλλειψης . η έλλειψη νερού σε αυτή τη φάση της ανάπτυξης του βλαστού μειώνει το τελικό βάρος του λόγω της μείωσης των κυτταροδιαίρεσεων. (Σταυρακάκης, 2013) .

2.2.4 Ωρίμανση ρώγας

Η ωρίμανση της ρώγας είναι μια σημαντική διαδικασία για την παραγωγή ποιοτικού κρασιού. Κατά τη διάρκεια της έντονης κυτταροδιαίρεσης, η ρώγα είναι ευάλωτη σε σοβαρή υδατική καταπόνηση, η οποία μπορεί να προκαλέσει ανασχεση του ρυθμού αύξησης της ρώγας. Η μείωση του ρυθμού αύξησης έχει σημαντικές επιπτώσεις στο μέγεθος και το φορτίο της ρώγας.

Επιπροσθέτως, μειώνεται η ταχύτητα της φωτοσύνθεσης ή αποφύλλωσης του βασικού τμήματος του βλαστού, μειώνεται ο αριθμός των μεσοκαρδίων, μαραίνονται και ακολούθως ξηραίνονται οι έλικες, νεκρώνεται πρώιμα ο επάκριος οφθαλμός και καταστρέφονται τμήματα των σταφυλιών. Αυτό έχει επιπλέον αρνητικές επιπτώσεις στο χρόνο ωρίμανσης και στην ποιότητα των σταφυλιών.

Η χρήση ελαφριάς έως μέτριας υδατικής καταπόνησης σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα και να επιταχύνει την ωρίμανση των σταφυλιών. Αυτό συμβαίνει καθώς η υδατική καταπόνηση μειώνει τη ζωηρότητα της βλάστησης και αυξάνει τη συγκέντρωση των σακχάρων στις ράγες. Επιπροσθέτως, δημιουργεί ένα ευνοϊκό μικροκλίμα στη ζώνη καρποφορίας, μειώνοντας τον ανταγωνισμό μεταξύ βλάστησης και καρποφορίας και βελτιώνοντας τη θρέψη των ραγών. Ωστόσο, αυτή η τεχνική πρέπει να εφαρμόζεται με προσοχή, καθώς η υπερβολική καταπόνηση μπορεί να οδηγήσει σε αρνητικά αποτελέσματα και να μειώσει την ποιότητα των σταφυλιών. Γενικά η παρατήρηση βελτίωσης του χρώματος των ερυθρών ποικιλιών κρασιού σε ήπιες υδατικές συνθήκες οφείλεται κυρίως στη μείωση του μεγέθους των ραγών (λόγω φλοιού και σάρκας) και στην αύξηση της βιοσύνθεσης των ανθοκυανών (Σταυρακάκης, 2013).

Η καταπόνηση της καλλιέργειας μπορεί να είναι ιδανική εφόσον δεν γίνεται σε δυσμενείς συνθήκες, καθώς βελτιώνει γενικά την ποιότητα των κρασιών. Αυτό εξαρτάται από την εκάστοτε ποικιλία που καλλιεργείται και τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξή της. Τα ίδια επίπεδα υδατικής καταπόνησης που μπορούν να βελτιώσουν την παραγωγή των ερυθρών ποικιλιών οίνου, μπορούν επίσης να οδηγήσουν σε σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας των λευκών ποικιλιών. Συνεπώς, δεν είναι δυνατό να συγκρίνουμε τα ερευνητικά αποτελέσματα που αφορούν τις ερυθρές ποικιλίες με τις λευκές ποικιλίες αμπέλου (Ρουμπελάκη Α. κ.α 2011, Σταυρακάκης, 2013)

3 ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

3.1 Κάλυψη εδάφους με οργανικά υλικά

Η διαχείριση του νερού στο έδαφος είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της υγείας των φυτών και τη μείωση των αναγκών τους σε άρδευση. Για την ενίσχυση της συνολικής διαθεσιμότητας νερού στα φυτά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τρόποι, όπως η βελτίωση της ικανότητας των εδαφών να αποθηκεύουν νερό. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών όπως η εφαρμογή κομποστοποίησης, η προσθήκη οργανικών υλικών ή η εφαρμογή τεχνητών υλικών στην επιφάνεια του εδάφους (Clark A 2007).

Η κάλυψη του εδάφους με οργανικά υλικά είναι μια αειφόρος αγρονομική πρακτική που έχει ως στόχο την πρόληψη της διάβρωσης του εδάφους και τη βελτίωση των γενικών του ιδιοτήτων. Η χρήση οργανικών υλικών, όπως το άχυρο, τα υπολείμματα καλλιεργειών και το κομπόστ από απόβλητα οиноποιείων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό κάλυψης του εδάφους. Το άχυρο είναι ένα από τα πιο δημοφιλή υλικά, καθώς είναι εύκολα διαθέσιμο και σχετικά φτηνό. Εντούτοις, εκτός από το άχυρο, υπάρχουν και άλλα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικό εδαφοεπικάλυψης στα αγροκτήματα. Τα υπολείμματα καλλιεργειών, όπως τα φύλλα και τα κλαδιά, και το κομπόστ από απόβλητα είναι μερικά παραδείγματα από αυτά τα υλικά.

Η κάλυψη του εδάφους με οργανικά υλικά βοηθάει στη διατήρηση της υγρασίας του εδάφους και στην ελάττωση της επιφανειακής απώλειας νερού λόγω εξάτμισης (Steinmaus S *et al.*, 2008). Επίσης βελτιώνει τη δομή του εδάφους και ενισχύει τη βιολογική δραστηριότητά του, κάτι που οδηγεί σε βελτιωμένη ανάπτυξη των φυτών και μειώνει τη χρήση λιπασμάτων. Η κάλυψη του εδάφους με οργανικά υλικά μπορεί να προστατεύσει το έδαφος από την έκθεση στον ήλιο και τον αέρα, που μπορεί να προκαλέσει διάβρωση και απώλεια θρεπτικών στοιχείων (Teasdale JR, 1996), ενώ επιπλέον βοηθά στην πρόληψη της ανάπτυξης ζιζανίων, καθώς παρέχει ένα εμπόδιο στην άνθιση των σπόρων τους στην επιφάνεια του εδάφους (Thomson LJ, 2007).

Η χρήση αποβλήτων από αμπελώνες και οινόποιεία μπορεί να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα της απελευθέρωσης θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος και έτσι να βελτιώσει την κατάσταση των θρεπτικών στοιχείων των φυτών. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της χρήσης λιπασμάτων στην καλλιέργεια των φυτών (Agnew *et al.* 2002, 2005 - Ross 2010 - Nguyen *et al.* 2013). Αυτή η πρακτική μπορεί να συμβάλει στην ανακύκλωση

και αξιοποίηση αποβλήτων και στη μείωση της ποσότητας αποβλήτων που καταλήγουν στους χώρους των χωριών και των πόλεων.

Τα απόβλητα αμπελώνων και οινοποιείων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της εδαφικής κάλυψης και της γενικότερης υγείας του αμπελώνα. Συγκεκριμένα, μπορεί να προσφέρει :

- 1) Στην αποτελεσματικότητα της απελευθέρωσης θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος και να βελτιώσει την κατάσταση των θρεπτικών στοιχείων των φυτών.
- 2) Στην πρόληψη της διάβρωσης του εδάφους μέσω της βελτίωσης της δομής του εδάφους και της μείωσης της συμπίεσης του εδάφους, πράγμα που μπορεί να βελτιώσει την υγεία και την ανθεκτικότητα του αμπελώνα.
- 3) Στην αύξηση της βιοποικιλότητας του αμπελώνα, η οποία μπορεί να ενθαρρύνει τα ωφέλιμα έντομα για την πρόληψη των παρασίτων και να βελτιώσει τη γενικότερη υγεία του αμπελώνα.
- 4) Στον έλεγχο των ζιζανίων, που μπορεί να μειώσει την ανάγκη για χρήση ζιζανιοκτόνων και να βελτιώσει την ποιότητα του εδάφους. Η χρήση αποβλήτων αμπελώνων και οινοποιείων για τη βελτίωση της εδαφικής κάλυψης έχει αποδειχθεί αποτελεσματική και μπορεί να συμβάλει στη μείωση της χρήσης χημικών ζιζανιοκτόνων (Steenwerth, 2012).

Η χρήση οργανικών υλικών κάλυψης του εδάφους έχει θετικές επιδράσεις στην παραγωγή σε διάφορα είδη καλλιεργειών. Συγκεκριμένα, η χρήση τους στην καλλιέργεια της αμπέλου αύξησε τις αποδόσεις και μείωσε την πίεση παθογόνων και παρασίτων (Steenwerth 2012). Η χρήση φυσικού κομπόστ αύξησε την απόδοση σταφυλιών χωρίς να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα των σταφυλιών. (Nguyzen *et al.* 2013). Η χρήση των προαναφερθέντων σε αμπέλια οδηγεί σε υψηλότερες αποδόσεις σε σύγκριση με άλλες πρακτικές διαχείρισης του εδάφους.

Η επίδραση της χρησιμοποίησης οργανικών υλικών για την κάλυψη του εδάφους δεν έχει μελετηθεί. Αποτελεσματικά στην αποδοτικότητα χρήσης του νερού . Η αποδοτικότητα χρήσης του νερού μπορεί να οριστεί ως ο λόγος μεταξύ της παραγωγής της καλλιέργειας και του συνολικού νερού που χρησιμοποιείται. Στο συνολικό νερό που χρησιμοποιείται στην καλλιέργεια περιλαμβάνεται και η ποσότητα του νερού που χάνεται απευθείας από το έδαφος, χωρίς να χρησιμοποιείται από το φυτό (Buckerfield and Webster 2001, Fourie 2011). Η επίδραση της εξάτμισης του εδάφους μπορεί να μειωθεί με τη χρήση γεωπονικών πρακτικών, όπως η τεχνική της εδαφοκάλυψης (Gregory, 2004). Η εφαρμογή αυτής της τεχνικής

εδαφοκάλυψης μπορεί να έχει άμεσο αντίκτυπο στις απώλειες εξάτμισης του εδάφους και βελτιώνοντας τη διήθηση του νερού στο έδαφος (Davies *et al.* 2011).

Αποτελέσματα μελετών έχουν δείξει ότι η διαχείριση των επιφανειακών υπολειμμάτων μπορεί να βελτιώσει την απόδοση του κύκλου του νερού στο έδαφος και να μειώσει την εξάτμιση του εδάφους και την απώλεια νερού σε άλλες καλλιέργειες. Συγκεκριμένα, η τεχνική της εδαφοκάλυψης μπορεί να αυξήσει την χρήση του νερού στις καλλιέργειες (Davies *et al.* 2011, και Hatfield *et al.* 2001). Η μείωση της εξάτμισης του εδάφους μπορεί να επιτευχθεί με τη διαχείριση των επιφανειακών υπολειμμάτων ή με την εφαρμογή εδαφοκάλυψης, η οποία μπορεί να επηρεάσει άμεσα την απόδοση χρήσης του νερού, επειδή τροποποιεί τα αποθέματα του εδάφους και ελαχιστοποιεί τις απώλειες εξάτμισης του εδάφους.

Στη βιολογική καλλιέργεια των αμπελώνων, το οργανικό κομπόστ έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την υδατοπερατότητα και την ικανότητα αποθήκευσης νερού στο έδαφος, ελαχιστοποιώντας την εξάτμιση του εδάφους σε σύγκριση με πλαστικά εδαφοκαλύματα ή γυμνό έδαφος (Pinamonti 1998). Ειδικότερα, η παρουσία κομπόστ προκάλεσε περίπου 2% αύξηση της διαθεσιμότητας του νερού στο έδαφος.



ΕΙΚΟΝΑ 3.1 Χρήση υλικών εδαφοκάλυψης σε αμπέλια (OIV, expertise document sustainable use of water in winegrape,2021)

Σύμφωνα με μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε συγγκικούς αμπελώνες με αμμώδη εδάφη (Némethy 2004), διαπιστώθηκε ότι η πιο ευνοϊκή εδαφική υγρασία βρέθηκε κάτω από

το αχυρόστρωτο σε σύγκριση με τις προστατευτικές καλλιέργειες ή τη μηχανική κατεργασία του εδάφους. Η περιεκτικότητα σε εδαφική υγρασία μεταξύ 0-60 cm ήταν 3,4% υψηλότερη στο καλυμμένο έδαφος από ό,τι στο καλλιεργημένο. Παρατηρήθηκε μείωση της αντίστασης διείσδυσης του εδάφους κατά 50%, η οποία σχετίζεται με τη συμπίεση του εδάφους.

Από πειράματα σε αμπέλια με σκοπό τη βελτίωση της παραγωγής και της αποδοτικότητας στη χρήση του νερού παρατηρήθηκε ότι οι καλλιέργειες αμπέλου με τη χρήση εδαφοκάλυψης από άχυρο ρυζιού είχαν βελτιωμένο WUE και απόδοση (Zhang *et al.* 2014). Επιπροσθέτως πρόσφατες μετρήσεις έδειξαν ότι η άμεση εξάτμιση του εδάφους μπορεί να αποτελέσει έως και 20% της κατανάλωσης νερού, καθιστώντας το καλυμμένο έδαφος μια επιλογή που μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση μεγαλύτερης διαθεσιμότητας νερού για τα φυτά (Buckerfield και Webster 2001).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: Η διαθεσιμότητα του νερού του εδάφους αλλάζει ανάλογα με τις καλλιεργητικές πρακτικές. Ανάλυση της αναφερόμενης εργασίας που δείχνει τη θέση, τον τύπο του εδάφους, την ποικιλία, τον τύπο της καλλιέργειας, το είδος της επικάλυψης ή της καλυπτικής καλλιέργειας και τις αλλαγές στην εδαφική υγρασία (Medrano *et al.* 2015)

Αναφορά	Τοποθεσία	Τύπος εδάφους	Ποικιλία	Διαχείριση του εδάφους	Το ποσοστό των μεταβολών της διαθεσιμότητας του εδάφους νερού
Pinamonti 1998	Adige Valley, Italy	μέτρια αμμώδες	Merlot	Εδαφοκάλυψη με κομποστ	2 % αύξηση της υγρασίας του εδάφους
Agnew <i>et al.</i> 2002	Marlborough, New Zealand	Ιλυοπηλώδες	Sauvignon blanc	Εδαφοκάλυψη με κομποστ	5 % αύξηση της υγρασίας του εδάφους
Némethy 2004	Szigetsép, Hungary	Αμμώδες	Not described	Εδαφοκάλυψη με άχυρο	3,4 % αύξηση της υγρασίας του εδάφους
Nguyen <i>et al.</i> 2013	Marlborough, New Zealand	Ιλυοπηλώδες	Merlot	Εδαφοκάλυψη με κομποστ	Μηδενική αύξηση της υγρασίας του εδάφους
Wheeler <i>et al.</i> 2005	Hawke's Bay, New Zeland	Αμμοαργιλοπηλώδες	Cabernet Sauvignon	Μόνιμα σπαρμένη καλυπτική καλλιέργεια	7% μείωση της υγρασίας του εδάφους
Gulick <i>et al.</i> 1994	Parlier, California	Αμμοπηλώδες	Thompson seedless	Πολυετής σπαρμένη καλυπτική καλλιέργεια	46 % μείωση της υγρασίας του εδάφους
Gulick <i>et al.</i> 1994	Parlier, California	Αμμοπηλώδες	Thompson seedless	Χειμερινή σπαρμένη καλυπτική καλλιέργεια	19 % μείωση της υγρασίας του εδάφους

Η χρήση της τεχνικής της εδαφοκάλυψης μπορεί να αποτελέσει αποτελεσματικό εργαλείο για τον έλεγχο της απώλειας νερού στο έδαφος και τη βελτίωση της απόδοσης χρήσης νερού

στα αμπέλια. Εντούτοις, υπάρχει έλλειψη πληροφοριών σχετικά με την ποσοτικοποίηση της συμβολής της εδαφοκάλυψης στην εξοικονόμηση νερού και στη βελτίωση της απόδοσης χρήσης νερού για τα αμπέλια. Περαιτέρω έρευνα απαιτείται για την κατανόηση του ακριβούς μηχανισμού της δράσης αυτής της τεχνικής στην προώθηση της αποθήκευσης νερού στο έδαφος και στην αύξηση της απόδοσης χρήσης νερού. στα αμπέλια. Η εξοικονόμηση του νερού μέσω της τεχνικής αυτής δεν μπορεί να γενικευτεί εύκολα, καθώς οι επιδράσεις της διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους, την ποσότητα της βροχόπτωσης και την ανάγκη για εξάτμιση (Jalota *et al.* 2001). Διαφορετικά υλικά εδαφοκάλυψης μπορούν να έχουν διαφορετική ικανότητα συγκράτησης νερού και να οδηγούν σε διαφορετικά επίπεδα απώλειας νερού από το έδαφος (Shaw *et al.* 2005). Για αυτό το λόγο, απαιτούνται περισσότερες συγκεκριμένες μελέτες σε διαφορετικές συνθήκες, προκειμένου να προσδιοριστούν οι επιδράσεις των διαφορετικών υλικών εδαφοκάλυψης στη διατήρηση του νερού στο έδαφος, στην αποδοτικότητα χρήσης του νερού από τα και στην ανάπτυξη των φυτών.

3.2 Προστατευτικές καλλιέργειες (cover crops)

Τα φυσικά χερσαία οικοσυστήματα συνήθως έχουν μια συνεχή κάλυψη από φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια του εδάφους. Αυτά τα υπολείμματα μπορεί να επηρεάσουν τη διαδοχή των φυτικών κοινοτήτων και την εμφάνιση σποροφύτων στο οικοσύστημα (Facelli και Pickett 1991). Υπάρχουν όμως κάποιες εξαιρέσεις σε αυτό το κανόνα, όπου τα χερσαία οικοσυστήματα δεν έχουν τέτοιου είδους κάλυψη από φυτικά υπολείμματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η διαδοχή των φυτικών κοινοτήτων και η εμφάνιση σποροφύτων ενδέχεται να επηρεαστούν από άλλους παράγοντες.

Οι προστατευτικές καλλιέργειες αποτελούν αποτελεσματικό τρόπο για την προστασία των φυτών από την υπερβολική ζοηρότητα και την απώλεια θρεπτικών στοιχείων. Αυτό συμβαίνει επειδή οι καλλιέργειες αυτές απορροφούν το υπερβολικό νερό και τα θρεπτικά στοιχεία που αλλιώς θα απορροφιόντουσαν από τα αμπέλια, και τα κρατούν στην ριζική ζώνη του εδάφους. Αυτό επιτρέπει στα φυτά να αναπτύσσονται υγιή και δυνατά.

Οι προστατευτικές καλλιέργειες χρησιμοποιούνται για τη μείωση του κινδύνου διάβρωσης του εδάφους και της απορροής του νερού. Συνολικά, οι προστατευτικές καλλιέργειες αποτελούν μια αποτελεσματική και φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο προστασίας των φυτών και του εδάφους. Η χρήση τους μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της χρήσης των χημικών λιπασμάτων και των φυτοφαρμάκων, καθώς μπορεί να βελτιώσει την

υγεία του εδάφους και την ανθεκτικότητα των φυτών σε ασθένειες και επιθέσεις εντόμων. (Folorunso *et al.* 1992a,b - Hartwig and Hoffman 1975 - Shanks *et al.* 1998).

Στις ημίξηρες περιοχές, μόνο ένα μικρό ποσοστό των γεωργών επιλέγει να φυτέψει προστατευτικές καλλιέργειες. Αυτό συμβαίνει διότι τα μειονεκτήματα της χρήσης τους κάποιες φορές μπορεί να είναι σημαντικά. Παρόλο που οι προστατευτικές καλλιέργειες μπορούν να έχουν θετικά αποτελέσματα, αυτά δεν είναι πάντα εμφανή και οικονομικά αποδοτικά. Και παρόλο που η χρήση νερού για την καλλιέργεια κάλυψης μπορεί να έχει και θετικά αποτελέσματα σε ορισμένα κλίματα με ετήσια βροχόπτωση μικρότερη από 1.000 mm, οι απώλειες αποδόσεων που σχετίζονται με την απώλεια του νερού από την καλλιέργεια κάλυψης μπορούν να είναι σημαντικές (Hartwig and Ammon 2002). Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η συνολική ικανότητα συγκράτησης νερού του εδάφους και η διαθέσιμη ικανότητα συγκράτησης νερού του δυνητικού βάθους ριζοβολίας της καλλιέργειας. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να δοθούν συμβουλές για τη βέλτιστη χρήση του νερού στην καλλιέργεια κάλυψης, ώστε να μειωθούν οι απώλειες αποδόσεων και να βελτιωθεί η παραγωγικότητα της καλλιέργειας.

Η διαχείριση του εδαφοκαλύμματος μπορεί να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό εργαλείο για τη διαχείριση της άρδευσης στα αμπέλια που αναπτύσσονται σε περιοχές με περιορισμένο νερό. Προσαρμόζοντας το εδαφοκάλυμμα ώστε να ανταγωνίζεται τα αμπέλια κατά την πρόιμη βλαστική ανάπτυξη, μπορούμε να μειώσουμε τη φυλλική επιφάνεια του φυτού και συνεπώς να μειώσουμε έτσι τις απώλειες διαπνοής αργότερα (Dry and Loveys 1998, Monteiro and Lopes 2007).

Η διαχείριση του εδαφοκαλύμματος είναι ένα αποτελεσματικό μέσο για την αξιοποίηση των περιορισμένων πόρων ύδατος και τη διασφάλιση της αειφορίας των αμπελώνων ειδικά σε περιοχές με περιορισμένο νερό. Η μείωση της φυλλικής επιφάνειας των αμπελιών κατά την πρόιμη βλαστική ανάπτυξη μπορεί να μειώσει την απώλεια διαπνοής τους αργότερα, όπως αναφέρουν Ingels *et al.* 2005, Pinamonti 1998, Wheeler *et al.* 2005 και Winkler *et al.* 1974. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της ποιότητας των σταφυλιών και του γλεύκους που παράγονται από αυτά τα αμπέλια.

Η έγκαιρη εφαρμογή των στρατηγικών διαχείρισης είναι απαραίτητη για την αποφυγή υπερβολικής υδατικής καταπόνησης των φυτών, καθώς αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη καρποφορία ή ακόμη και πρόωρη φυλλόπτωση. Ωστόσο, στις περιοχές όπου επικρατεί ανταγωνισμός για τη χρήση του νερού μετά την άνοιξη, η προστατευτική καλλιέργεια μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υδατική καταπόνηση των αμπελιών

και, συνεπώς, στην ανάπτυξη, στην απόδοση και στην ποιότητα των σταφυλιών. (Lopes *et al.* 2011- Williams and Matthews 1990).

Κάποιες μελέτες υποστηρίζουν ότι οι προστατευτικές καλλιέργειες μπορούν να μειώσουν τους υδάτινους πόρους και να αυξήσουν την υδατική καταπόνηση του αμπελιού, κυρίως νωρίς την άνοιξη (Gulick κ.ά. 1994- Monteiro και Lopes 2007- Morlat 1987- Ρου κ.ά. 2011). Ωστόσο, άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι οι αμπελώνες με προστατευτικές καλλιέργειες δεν παρουσιάζουν πάντα υψηλότερο υδατικό στρες σε σύγκριση με εκείνους με γυμνό έδαφος (Celette *et al.* 2005 - Ripoche *et al.* 2011). Συνεπώς, η επίδραση των προστατευτικών καλλιεργειών στην υδατική καταπόνηση του αμπελιού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και δεν μπορεί να γενικευτεί χωρίς να ληφθούν υπόψη οι συγκεκριμένες συνθήκες κάθε περιοχής.

Η εφαρμογή προστατευτικών καλλιεργειών μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις ιδιότητες του εδάφους και να βελτιώσει την απόδοση των καλλιεργειών και μπορεί να επηρεάσει το νερό εντός του εδαφικού προφίλ, με αποτέλεσμα χωρικές και χρονικές τροποποιήσεις. (Celette *et al.* 2008). Επιπροσθέτως οι προστατευτικές καλλιέργειες μπορούν να μειώσουν τη βλαστική ζοηρότητα των φυτών, καθώς και να αυξήσουν το κλάσμα των βαθύτερων ριζών των καλλιεργούμενων φυτών λόγω ανταγωνισμού με τις ρίζες της καλλιέργειας κάλυψης. Αυτό σημαίνει ότι η καλλιέργεια κάλυψης μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα του εδάφους και να αυξήσει την απόδοση των καλλιεργειών, αλλά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις της στην ανάπτυξη των φυτών. (Lopes κ.ά. 2011, Wheeler κ.ά. 2005).

Σε μια πρόσφατη μελέτη (Ρου *et al.* 2011), εξετάστηκαν οι επιδράσεις προστατευτικών καλλιεργειών σε μεσογειακούς αμπελώνες στη βλαστική ανάπτυξη της αμπέλου, στην ενδογενή αποδοτικότητα χρήσης νερού, στην απόδοση και στην ποιότητα των σταφυλιών. Οι αποτελέσματα έδειξαν ότι η προστατευτική καλλιέργεια είχε θετική επίδραση στη βλαστική ανάπτυξη της αμπέλου, στην ενδογενή αποδοτικότητα χρήσης νερού και στην ποιότητα των σταφυλιών. Ειδικότερα, παρατηρήθηκε αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης νερού (Water Use Efficiency – WUE) και της ποιότητας των σταφυλιών, ενώ η απόδοση δεν επηρεάστηκε σημαντικά. Η μελέτη αυτή υπογραμμίζει τη σημασία της προστατευτικής καλλιέργειας στην αειφορική γεωργία και τη βιώσιμη διαχείριση των φυτειών. Αυτό σημαίνει ότι η προστατευτική καλλιέργεια μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα του εδάφους και να αυξήσει την απόδοση των καλλιεργειών, αλλά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις της στην ανάπτυξη των φυτών.



EIKONA 3.2 Προστατευτική καλλιέργεια (OIV, expertise document sustainable use of water in wine grape, 2021)

Σε μια μελέτη διάρκειας τριών ετών, διεξήχθησαν τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις σε αμπέλια: 1) καλλιέργεια με σπόρους και προστατευτική καλλιέργεια, 2) καλλιέργεια χωρίς κατεργασία, με μόνιμη βλάστηση και 3) παραδοσιακή κατεργασία με οργωμένο έδαφος.

Από τη μελέτη αυτή διαπιστώθηκε ότι στο πρώιμο στάδιο της ανάπτυξης, οι μεταχειρίσεις με σπόρους παρουσίαζαν παρόμοια ή υψηλότερη στοματική αγωγιμότητα (gs) και καθαρή φωτοσύνθεση (A_n) σε σύγκριση με την παραδοσιακή κατεργασία του εδάφους. Ωστόσο, το WUE δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Στα αμπέλια που καλλιεργήθηκαν με προστατευτική καλλιέργεια, παρατηρήθηκαν πιο σταθερές (και ακόμη υψηλότερες) τιμές gs, A_n και WUE, πιθανότατα λόγω της μικρότερης κατανάλωσης νερού λόγω εξαιτίας της μικρότερης φυλλικής επιφάνειας των φυτών (Pou *et al.* 2011).

Για τις περιοχές με περιορισμένο νερό, οι μελέτες έδειξαν ότι η προστατευτική καλλιέργεια σε αμπέλια μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα στη μείωση της υπερβολικής βλαστικής ανάπτυξης, με αυξημένη παραγωγή βαθύτερων ριζών, βελτίωση των χαρακτηριστικών του εδάφους και εδαφοκάλυψης. Εντούτοις, πρέπει να αποφεύγεται η "υπερβολική" κατανάλωση του νερού από τα φυτά, καθώς αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σκληρό υδατικό στρες σε ξηρές άνοιξες, μειώνοντας έτσι την απόδοση της καλλιέργειας και την τελική ευρωστία των φυτών. Συνεπώς, η προστατευτική καλλιέργεια πρέπει να γίνεται με

σύνεση και εξοικονόμηση νερού, με επαρκή παρακολούθηση της κατανάλωσης του νερού από τα φυτά και ρύθμιση των ποσοτήτων που χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τις ανάγκες των φυτών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 Σύγκριση κόστους και ωφελειών καλλιεργειών κάλυψης για αμπελώνες υπό κλίματα χωρίς υδατική καταπόνηση σε σχέση με κλίματα με τυπική καλοκαιρινή ξηρασία (Medrano *et al.* 2015)

Κλίμα	Οφέλη	Έξοδα	Συνιστώμενες προστατευτικές καλλιεργείες
Απεριόριστη βροχής	<p>Προστατεύει το έδαφος από τη διάβρωση και τη δημιουργία κρούστας</p> <p>Βελτιώνει τη γονιμότητα και τη δομή του εδάφους αυξάνοντας την ικανότητα συγκράτησης του νερού του εδάφους</p> <p>Ρυθμίζει την ανάπτυξη (σθένος) και την απόδοση του αμπελιού μειώνοντας τη διαθεσιμότητα νερού για το σταφύλι</p>	<p>Κόστος εγκατάστασης και τακτικής συντήρησης</p> <p>Η διαχείριση της άρδευσης, της λίπανσης και άλλων πρακτικών πρέπει να ανταποκρίνεται στις ανάγκες τόσο της καλλιεργείας όσο και της καλυπτικής καλλιεργείας</p>	<p>Μόνιμες ή πολυετείς καλλιεργείες αγρωστωδών ή/και βοτάνων που καλύπτουν όλες τις επιφάνειες του αμπελώνα σε όλο το μήκος της βλαστικής ανάπτυξης της αμπέλου.</p> <p>Για βαθιά εδάφη με πιθανώς επαρκή διαθέσιμη εδαφική υγρασία, η συνιστώμενη καλλιεργεία περιλαμβάνει είδη αγρωστωδών ταχέως αναπτυσσόμενα</p>
Με περιορισμένη βροχή	<p>Βελτιώνει τη γονιμότητα του εδάφους και τη βιολογική δραστηριότητα (μυκόρριζα) που εμπλέκονται στην πρόσληψη νερού και θρεπτικών συστατικών.</p> <p>Βελτιώνει την ικανότητα συγκράτησης νερού του εδάφους μειώνοντας τη μηχανική αντίσταση του εδάφους και αυξάνοντας τη διείσδυση νερού</p> <p>Μειώνει την άμεση εξάτμιση του εδάφους κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού</p> <p>Σε βαθιά εδάφη, αυξάνει την ανάπτυξη των ριζών της αμπέλου και περιορίζει τον άμεσο ανταγωνισμό για υδατινούς πόρους</p> <p>Η έγκαιρη προσαρμογή της επιφάνειας των φύλλων του φυτού μειώνει τις μεταγενέστερες ανάγκες σε νερό</p>	<p>Κόστος εγκατάστασης και τακτικής συντήρησης</p> <p>Ανταγωνισμός με αμπέλια για νερό και θρεπτικά συστατικά.</p> <p>Δεν συνιστάται για πρόωμη εγκατάσταση αμπελώνα.</p>	<p>Μη μόνιμες ή ετήσιες προστατευτικές καλλιεργείες χωρίς ανάπτυξη το καλοκαίρι.</p> <p>Μερική κάλυψη αμπελώνα (εναλλασσόμενες σειρές με/χωρίς καλλιεργείες)</p> <p>Για ρηχά εδάφη με περιορισμένες βροχοπτώσεις και για αμπελώνες σε πλαγιά λόφων, το συνιστάμενο μείγμα περιέχει μια ποικιλία από Φεστούκα (<i>Festuca spp.</i>)</p> <p>Για ημίξηρες περιοχές μείγμα αγρωστωδών και ψυχανθών</p>

3.3 Διαχείριση του φυλλώματος

Η διαχείριση του φυλλώματος είναι ένα σημαντικό κομμάτι της αμπελοκομικής τεχνικής, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στη γεωργία για τη ρύθμιση των αναπτυξιακών συνθηκών που επηρεάζουν τα αμπέλια. Η διαχείριση αυτή συμβάλλει στην αναστολή της ανάπτυξης μικροοργανισμών και άρα στην ανάπτυξη ασθενειών, επιτρέποντας ταυτόχρονα στο φυτό να αναπνέει και να φωτοσυνθέτει σωστά. Η διαχείριση του φυλλώματος επιτυγχάνεται μέσω της απομάκρυνσης των περιττών φύλλων, της τροποποίησης της θέσης των βλαστών και της έκτασης των φύλλων που εκτίθενται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να πέφτει πιο πολύ φως στη ζώνη του καρπού και, κατ' επέκταση, να γίνεται προσαρμογή της απόδοσης και της ποιότητας των καρπών. Η απόδοση χρήσης νερού του φυτού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εισερχόμενη φωτοδιαπερατότητα (Carbonneau 1980, Prieto 2011). Η μελέτη αυτή έδειξε, ότι οι σκιασμένες περιοχές μέσα στο φυτό έχουν το χαμηλότερο WUE. Επιπροσθέτως, η διαχείριση του φυλλώματος επηρεάζει την ροή του αέρα και την αποδοτικότητα χρήσης νερού από τα φύλλα, που είναι σημαντικό για την ανάπτυξη του φυτού. Έχει αποδειχθεί ότι η WUE_i είναι σημαντική για την αντίσταση των φυτών στην ξηρασία και την αντοχή στη ζέστη, καθώς και για τη βελτίωση της ποιότητας των καρπών και την αύξηση της παραγωγικότητας. Η συνολική ανάλυση του υπολογισμού του (WUE) στο φυτό παρουσιάζει προκλήσεις, καθώς πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των παραμέτρων WUE σε επίπεδο φύλλων. Ωστόσο, η έρευνα έχει επίσης αποδείξει τη δυνατότητα βελτίωσης του WUE σε όλο το φυτό μέσω διάφορων τεχνικών διαχείρισης, όπως η τεχνική του επιλεκτικού κλαδέματος. (Medrano *et al.* 2012). Επιπροσθέτως, η διαχείριση του φυλλώματος μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, καθώς η βέλτιστη θέση των φύλλων μπορεί να βοηθήσει το φυτό να βελτιώσει την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος και να τα χρησιμοποιήσει πιο εύκολα.

Σε γενικές γραμμές, η διαχείριση του φυλλώματος είναι σημαντική για τη βελτίωση της απόδοσης και της ποιότητας των καρπών, καθώς και για την υγεία και την αντοχή του φυτού σε διάφορες συνθήκες καλλιέργειας. Είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι συνθήκες καλλιέργειας και οι ανάγκες του εκάστοτε είδους φυτού για τη βέλτιστη διαχείριση του φυλλώματος.

Απόδοση: Η διαχείριση του φυλλώματος μπορεί να επηρεάσει την παραγωγή καρπού και, κατά συνέπεια, την απόδοση του αμπελώνα. Ένας υγιής αμπελώνας με λίγους βλαστούς μπορεί να παράγει μεγαλύτερο αριθμό και μεγαλύτερου μεγέθους σταφύλια ανά επιφάνεια σε

σύγκριση με έναν αμπελώνα με περισσότερους βλαστούς. Αυτό σημαίνει ότι οι αγρότες μπορούν να χρησιμοποιήσουν λιγότερο νερό και να εξοικονομήσουν χρήματα και κόπο .

Φυτοπροστασία: Η διαχείριση του φυλλώματος μπορεί να επηρεάσει και τη χρήση των φυτοφαρμάκων στον αμπελώνα. Όταν τα κλαδιά του αμπελιού είναι πολλά και πυκνά, η εξάπλωση των ασθενειών και των εντόμων μπορεί να είναι πιο εύκολη, καθώς ο εξαερισμός και η πρόσβαση στο φυτό είναι περιορισμένη. Αυτό μπορεί να αυξήσει την ανάγκη για χρήση φυτοφαρμάκων. Αντίθετα, ένας αμπελώνας με λίγους βλαστούς μπορεί να είναι πιο εύκολο να προστατευθεί από τις ασθένειες και τα έντομα με λιγότερη χρήση φυτοφαρμάκων.

Ποιότητα: Η διαχείριση του φυλλώματος μπορεί να επηρεάσει και την ποιότητα των σταφυλιών και, κατά συνέπεια, του κρασιού. Όταν το αμπέλι κλαδεύεται σωστά το φως και ο αέρας μπορούν να φτάσουν στους καρπούς και στα φύλλα του αμπελιού πιο εύκολα, βελτιώνοντας έτσι τη φωτοσύνθεση και την παραγωγή σακχάρων από τα σταφύλια. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε κρασιά με πιο έντονη γεύση και αρώματα και γενικά πιο ποιοτικά.

Χρήση του νερού: Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ο αριθμός και η κατανομή των βλαστών στο αμπέλι επηρεάζουν την ανάπτυξη των φύλλων, των σταφυλιών και των ριζών, και κατά συνέπεια, την πρόσληψη του νερού από το έδαφος. Συγκεκριμένα, όταν το αμπέλι έχει πολλούς τα φύλλα μπορεί να αλληλεπικαλύπτονται και να αποτρέπουν το φως και τον αέρα να φτάσουν στα κλαδιά και τα φύλλα του αμπελιού. Αυτό μπορεί να περιορίσει τη φωτοσύνθεση και την ανάπτυξη των φύλλων, των σταφυλιών και των ριζών, και να μειώσει την πρόσληψη του νερού από το έδαφος (Williams LE, 2005).

Άρα η μεγαλύτερη παραγωγή βλαστών μπορεί να δημιουργήσει μεγαλύτερο πρόβλημα και να επιβραδύνει την κυκλοφορία του αέρα και του νερού στον αμπελώνα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη υγρασία και να ενθαρρύνει την ανάπτυξη ασθενειών και επιθέσεων από βακτηρίδια και μύκητες. Το αμπέλι που έχει καλή διαχείριση του φυλλώματος μπορεί να παρουσιάζει καλύτερη διαπνοή και αποτελεσματικότερη κυκλοφορία του αέρα και του νερού, βελτιώνοντας έτσι την πρόσληψη του νερού από το έδαφος. Η επιλογή της στιγμής και του τρόπου κλαδέματος μπορεί να επηρεάσει τον ρυθμό ανάπτυξης του αμπελιού και την ωρίμανση των σταφυλιών.

Η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται στον αμπελώνα μπορεί επίσης να επηρεαστεί από το κλάδεμα. Με την αφαίρεση των περιττών κλαδιών, μειώνεται η επιφάνεια των φυλλωμάτων και οι ρίζες των φυτών χρειάζονται λιγότερο νερό για να τροφοδοτήσουν το αμπέλι. Αυτό μπορεί να μειώσει τις ανάγκες της αμπέλου για νερό και να συμβάλλει στην εξοικονόμηση του (Kurtural και Fidelibus, 2021). Συνολικά, το κλάδεμα του αμπελιού μπορεί να επηρεάσει τη χρήση του νερού αλλά η επίδρασή του εξαρτάται από διάφορους

παράγοντες, όπως η ποικιλία της αμπέλου, οι κλιματικές συνθήκες και ο τρόπος καλλιέργειας του αμπελιού.

Σίγουρα η επίδραση του κλαδέματος στην ποιότητα του οίνου εξαρτάται από τον στόχο του αμπελουργού και του οινοποιού. Για παράδειγμα, αν ο στόχος είναι η παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων οίνου, τότε το κλάδεμα μπορεί να είναι πιο στοχευμένο για να διασφαλιστεί η μέγιστη παραγωγή. Συνολικά, η πρακτική του κλαδέματος είναι σημαντική για την αμπελουργία και την παραγωγή οίνου, αλλά πρέπει να γίνεται με προσοχή και σεβασμό στους φυσικούς ρυθμούς του φυτού και του περιβάλλοντος. Επιπροσθέτως, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κλιματικές συνθήκες και οι τοπικές συνθήκες για να επιτευχθεί η βέλτιστη παραγωγή και ποιότητα του οίνου.

4 ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ

4.1 Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση του νερού

Η χρήση ανακυκλωμένου νερού μπορεί να αποτελέσει μια εναλλακτική πηγή αυτού του πόρου, σε συνθήκες όπου τα παραδοσιακά μέσα εξόρυξης νερού δεν είναι αρκετά αποδοτικά και η χρήση του συνεχώς αυξάνεται. Οι κύριες θετικές επιπτώσεις της χρήσης ανακυκλωμένου νερού είναι :

- Προσφέρει μια πρόσθετη πηγή νερού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συγκεκριμένες εφαρμογές όπως η άρδευση, η βιομηχανία και οι εμπορικές εφαρμογές, μειώνοντας έτσι την εξάρτηση από παραδοσιακές πηγές νερού όπως οι γεωτρήσεις και τα επιφανειακά ύδατα.
- Μειώνει την χρήση νερού από ποτάμια και λίμνες, καθώς είναι διαθέσιμο καθαρό νερό για οποιαδήποτε χρήση από τον άνθρωπο.
- Μειώνει την ανάγκη για εξόρυξη νερού από πηγές που μπορεί να έχουν περιορισμένη πρόσβαση, όπως ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο ρύπανσής τους.
- Συμβάλλει στη διατήρηση των υδάτινων πόρων και στη βελτίωση της αειφορίας του συστήματος υδάτων, καθώς εξοικονομεί νερό και μειώνει τη χρήση των περιορισμένων πόρων νερού.
- Μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των κοινωνικών και οικονομικών δαπανών, καθώς η ανάκτηση και η επαναχρησιμοποίηση του νερού μπορεί να είναι πιο αποδοτική και φθηνή από την εξόρυξη νέων πηγών (A.N Angelakis,1999).

Ωστόσο, η χρήση ανακυκλωμένου νερού μπορεί να έχει και ορισμένα μειονεκτήματα, όπως η απαιτούμενη επεξεργασία του νερού προτού μπορέσει να χρησιμοποιηθεί και η δυνητική απόδοση μειώνεται σε συγκεκριμένες εφαρμογές. Το ανακυκλωμένο νερό υπόκειται σε αυστηρότερες διαδικασίες επεξεργασίας και ελέγχου ποιότητας, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι είναι ασφαλές για χρήση. Η ανακύκλωση του νερού μειώνει την ποσότητα των αποβλήτων που δημιουργούνται από τη χρήση του και βελτιώνει τη βιωσιμότητα των υδάτινων πόρων μας. Αντί να απορρίπτουμε το νερό μετά τη χρήση, μπορούμε να το επαναχρησιμοποιούμε, μειώνοντας τον όγκο των αποβλήτων που παράγονται και την πίεση στους υδάτινους πόρους μας (Χρυσανθοπούλου, 2018) .

Συνολικά, η ανακύκλωση του νερού είναι μια βιώσιμη λύση που μπορεί να συνεισφέρει στην προστασία των υδάτινων πόρων μας και στη μείωση της πίεσης που

ασκείται σε αυτούς. Επιπλέον, βοηθά στη βελτίωση της ποιότητας του νερού στο περιβάλλον και στη μείωση των αποβλήτων που παράγονται από τη χρήση του. Είναι μια αποδοτική και οικονομικά βιώσιμη λύση που μπορεί να συνεισφέρει στη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος και της κοινωνίας μας (Χρυσανθοπούλου, 2018). Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το ζήτημα της λειψυδρίας, υπάρχουν ορισμένες μέθοδοι που προωθούν βιώσιμες πρακτικές επαναχρησιμοποίησης του νερού. Ουσιαστικά, η διαδικασία περιλαμβάνει τη χρήση επεξεργασμένων λυμάτων για σκοπούς όπως η γεωργική άρδευση και η βιομηχανική ψύξη. Αυτή η προσέγγιση βοηθά τον πλανήτη αντιμετωπίζοντας την έλλειψη υδάτινων πόρων. Για να προστατεύσουμε το έδαφος μας και να προωθήσουμε τη βιωσιμότητα, πρέπει να αποφύγουμε την υπερβολική εξόρυξη υπόγειων αποθεμάτων. Η διατήρηση των υπόγειων υδάτινων πόρων μπορεί να επιτευχθεί με την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων. Κάποιες από τις διαδικασίες που ακολουθούνται ώστε να προωθηθεί η επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι:

- Η μείωση της ανάγκης άντλησης νερού και της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία των αντλιών εξοικονομεί φυσικούς πόρους, καθιστώντας την εξοικονόμηση ενέργειας προτεραιότητα.
- Η μειωμένη ποσότητα λυμάτων έχει οδηγήσει σε λιγότερη ρύπανση στις υδάτινες οδούς, περιορίζοντας τελικά τις επιβλαβείς επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα.
- Η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση μπορεί να συμβάλλει στη μείωση της ρύπανσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα από νιτρικά, τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται ως λίπασμα στην αγροτική δραστηριότητα.
- Η επαναχρησιμοποίηση του νερού μπορεί να έχει οικονομικά οφέλη για τους αγρότες, καθώς μπορεί να μειώσει το ενεργειακό κόστος που απαιτείται για τη λειτουργία των αντλιών και των γεωτρήσεων, ενώ παράλληλα μπορεί να βοηθήσει στην εξοικονόμηση νερού.

Συνολικά, η επαναχρησιμοποίηση του νερού μπορεί να συμβάλλει στη βιώσιμη ανάπτυξη της γεωργίας και της αγροτικής παραγωγής, περιορίζοντας τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και βοηθώντας στη διατήρηση της υγείας των υδάτινων οικοσυστημάτων (Ανδρέου, 2012). Εντούτοις, πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες παράμετροι, όπως η ποιότητα του επαναχρησιμοποιούμενου νερού και η συμμόρφωση με τους κανονισμούς ασφαλείας και υγιεινής, προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφαλής χρήση του. Επιπροσθέτως, οι γεωργοί πρέπει να ενημερώνονται για τις διαθέσιμες τεχνολογίες και τις βέλτιστες

πρακτικές για την επαναχρησιμοποίηση του νερού, προκειμένου να αξιοποιηθούν στο έπακρο αυτή τη δυνατότητα (Καλαβρουζιώτης, 2008). Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών λυμάτων αποτελεί μια αποδοτική και βιώσιμη πρακτική για τη διαχείριση των αποβλήτων μας. Κάποιες δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης των υγρών αστικών λυμάτων :

- Άρδευση γεωργικών εκτάσεων: Τα υγρά αστικά λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άρδευση γεωργικών εκτάσεων και να αντικαταστήσουν τη χρήση πόσιμου νερού.
- Άρδευση τοπίων και χώρων αναψυχής: Τα υγρά αστικά λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την άρδευση τοπίων και χώρων αναψυχής, όπου δεν απαιτείται πόσιμο νερό.
- Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα: Τα υγρά αστικά λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, επιτρέποντας τη βελτίωση της ποιότητας του υδάτινου περιβάλλοντος.
- Πρόληψη πυρκαγιών σε αστικές περιοχές, μέσω της ενίσχυσης της υγρασίας στα εδάφη.
- Βελτίωση της ποιότητας του εδάφους και των υδάτων εντός των αστικών συγκροτημάτων.
- Υποστήριξη βιομηχανικών δραστηριοτήτων, όπου η χρήση υγρών αστικών λυμάτων μπορεί να αντικαταστήσει τη χρήση νερού ως πρώτο υλικό.

Η βέλτιστη επιλογή εκτάσεων για αξιοποίηση με χρήση υγρών αστικών λυμάτων απαιτεί την εφαρμογή κατάλληλων γεωτεχνικών κριτηρίων (Καλαβρουζιώτης, 2008), όπου μερικά από τα κριτήρια περιλαμβάνουν :

- Κλιματικά και μετεωρολογικά στοιχεία για την περιοχή, όπως η ποσότητα και η ένταση των βροχοπτώσεων, η θερμοκρασία και οι τιμές εξάτμισης και διαπνοής του αέρα.
- Γεωλογικά και υδρολογικά δεδομένα, όπως η κλίση του εδάφους, το υψόμετρο, η πετρώδης σύσταση, η διαπερατότητα και οι θέσεις συγκέντρωσης επιφανειακού νερού.
- Ιδιότητες του εδάφους, όπως η εναλλακτική ικανότητα των κατιόντων, η υγρασία και το πορώδες του, η μηχανική σύσταση, η αγωγιμότητα, στοιχεία δομής, η

περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, το pH και οι συνολικές ποσότητες φωσφόρου και αζώτου.

Η ποιότητα των υγρών λυμάτων έχει γίνει αναγνωριστεί παγκοσμίως ως ένα σημαντικό ζήτημα. Η χρήση τους ωστόσο διαφέρει ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και την υποδομή της κάθε χώρας. Σε πολλές χώρες, εξετάζονται δυνατότητες για την επαναχρησιμοποίηση των αστικών λυμάτων. Στην περιοχή της Μεσογείου, η ανάγκη για νερό άρδευσης είναι υψηλή, με περίπου 30% των καλλιεργειών να αρδεύονται με αυτό το νερό (Ανδρέου, 2012). Η χρήση των υγρών αστικών αποβλήτων μπορεί να έχει πολλαπλά οφέλη, όπως η χρήση τους για λίπανση στις καλλιέργειες, η αύξηση της διαθέσιμης ποσότητας νερού για τη γεωργία και η μείωση του κόστους τριτοβάθμιας επεξεργασίας των αποβλήτων. Μια σημαντική εφαρμογή είναι η χρήση των υγρών αστικών αποβλήτων για την άρδευση. Πολλές Μεσογειακές χώρες επαναχρησιμοποιούν την ανακύκλωση των υγρών αστικών αποβλήτων για την άρδευση των καλλιεργειών, των δασών, των πάρκων και των χώρων πρασίνου, λόγω της έλλειψης καθαρού νερού σε αυτές τις περιοχές.

4.2 Επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού

Μια συχνή στρατηγική είναι η επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού από τα οινοποιεία. Το οινοποιείο Castello di Amorosa στη Βόρεια Καλιφόρνια χρησιμοποιεί ένα καινοτόμο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων που χρησιμοποιεί δεξαμενές από υαλοβάμβακα για να εξοικονομήσει νερό και να ανακτήσει τα λύματά του. Οι ξηρασίες στην Καλιφόρνια έχουν αυξήσει τους περιορισμούς στη χρήση του νερού. Η χρήση των δεξαμενών από υαλοβάμβακα εξασφαλίζει ότι τα λύματα του οινοποιείου δεν θα έχουν αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον και ότι θα επεξεργάζονται με απόλυτη ασφάλεια. Η επιλογή αυτού του συστήματος επεξεργασίας λυμάτων ήταν αποτέλεσμα της πρόληψης των ιδιοκτητών του οινοποιείου για το μέλλον και της ανάγκης να ανακτήσουν τα λύματά τους σε μια περίοδο συνεχών περιορισμών στη χρήση του νερού. Το οινοποιείο χρησιμοποιεί ένα καινοτόμο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων που χρησιμοποιεί δεξαμενές από υαλοβάμβακα για να εξοικονομήσει νερό και να ανακτήσει τα λύματά του. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς η Καλιφόρνια βιώνει συνεχείς ξηρασίες, οι οποίες έχουν αυξήσει όπως προείπαμε τους περιορισμούς στη χρήση του νερού. Το σύστημα επεξεργασίας λυμάτων χρησιμοποιεί την ανάπτυξη αερόβιων μικροβίων που μεταβολίζουν και αποσυνθέτουν τα λύματα. Στη συνέχεια, διέρχονται μέσα από μεμβράνες υψηλής ποιότητας με πόρους 0,03-1,3 mm, παρέχοντας υπερδιήθηση. Αυτό διαχωρίζει φυσικά τα λύματα και το επεξεργασμένο νερό,

ώστε τα στερεά να παραμένουν στο δοχείο. Το σύστημα διαχείρισης των λυμάτων δουλεύει ανεξάρτητα στα τρία δοχεία για να αντιμετωπίσει τα διαφορετικά ρεύματα λυμάτων από το οινοποιείο, τα οποία μπορεί να ποικίλλουν σημαντικά από ημέρα σε ημέρα. Το σύστημα αποτελείται από τρεις δεξαμενές, οι οποίες λειτουργούν ανεξάρτητα και μπορούν να επεξεργαστούν έως και 34.000 λίτρα νερού την ημέρα. Είναι σχεδιασμένο για να φιλοξενεί υψηλό όγκο ροής, απαιτεί χαμηλή συντήρηση και λειτουργεί ακόμα κατά τις πιο υδροβόρες περιόδους. Το αποτέλεσμα είναι ότι μετά από ένα χρόνο ανακυκλωθήκαν 5 εκατομμύρια λίτρα νερό από τις συνολικές εργασίες του οινοποιείου προς χρήση στην ξανά για την αμπελοκαλλιέργεια. Αυτά τα 5 εκατομμύρια λίτρα νερό που επαναχρησιμοποιήθηκαν θα έπρεπε να έχουν βρεθεί από άλλες πηγές, δίνοντας έτσι στο νερό που χρησιμοποιείται επί της ουσίας, δυο κύκλους ζωής. Τέτοιες πρακτικές δημιουργούν μια αειφόρο αμπελουργία και καθίσταται η χρήση του νερού στην αμπελουργία πιο βιώσιμη (ES&E Magazine ,Winery Recycles 1.35 Million Gallons of Water with Napa Green-Certified Wastewater Treatment, June 2019) .

Όπως βλέπουμε η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων που παράγονται από ένα οινοποιείο αποτελεί σημαντική διαδικασία, η οποία όμως μπορεί να αντιμετωπίσει προκλήσεις κατά τη διάρκεια της εποχιακής ροής και των ρυπογόνων εκροών. Για τον λόγο αυτό, υπάρχουν διάφορες μέθοδοι επεξεργασίας, όπως οι λιμνοδεξαμενές, που είναι φθηνότερες και πιο απλές στην κατασκευή από τα μηχανικά συστήματα επεξεργασίας. Εντούτοις, υπάρχουν περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως οι προδιαγραφές των υγρών αποβλήτων και η ανάπτυξη φυκιών που επηρεάζουν την ποιότητα των υγρών αποβλήτων, καθώς και η απολάσπωση που επίσης επηρεάζει την ποιότητα των λυμάτων. Οι μηχανικές μέθοδοι επεξεργασίας μπορούν να παρέχουν πρόσθετες ευκαιρίες παρακολούθησης και επεξεργασίας των λυμάτων πριν από την απορρόφησή τους από το περιβάλλον και παρά το κόστος της επεξεργασίας το ότι γίνεται επαναχρησιμοποίηση των υδάτων και τα τελικά οφέλη αυτής είναι πολλαπλά. Η επεξεργασία των αποβλήτων μπορεί να αυξάνει το κόστος, αλλά υπάρχει μεγάλη ικανοποίηση από την επεξεργασία τους σε ένα πρότυπο που επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση και την απόσβεση του κόστους μέσω της σωστής διαχείρισής τους. Εάν χρησιμοποιούνται αναερόβια συστήματα, η παραγωγή αερίου σαν τελικό προϊόν και χρήση αυτού μπορεί να προσφέρει θερμική και ηλεκτρική ενέργεια. Επιπροσθέτως μέρος των αποβλήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως λίπασμα, βελτιώνοντας τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Όλα αυτά τα στοιχεία συμβάλλουν στη βιωσιμότητα του κλάδου και στη διατήρηση του περιβάλλοντος (Laginestra, 2016).



EIKONA 4.1 Το ολοκληρωμένο σύστημα επεξεργασίας λυμάτων του οινοποιείου Castello di Amorosa δείχνει τα συστήματα Orenco Systems και τα συστήματα ανύψωσης και εξαερισμού Xerxes στην κορυφή των δεξαμενών Xerxes 22.000 γαλονιών. (ES&E Magazine (Winery Recycles 1.35 Million Gallons of Water with Napa Green-Certified Wastewater Treatment, June 2019).

4.2.1 Ερευνητικό πρόγραμμα HYDROUSA

Ένα βήμα προς αυτή την κατεύθυνση αποτελεί σίγουρα η υλοποίηση του προγράμματος HYDROUSA το οποίο στοχεύει στην ανάπτυξη καινοτόμων και χαμηλού κόστους συστημάτων διαχείρισης των μη συμβατικών ρευμάτων νερού, συμπεριλαμβανομένων των λυμάτων, των όμβριων υδάτων, των υπογείων υδάτων και της ατμοσφαιρικής υγρασίας. Ο στόχος της επεξεργασίας είναι η παραγωγή πολύτιμων πόρων, οι οποίοι θα ενισχύσουν την προσφορά νερού για γεωργική χρήση, θα αυξήσουν τη γεωργική παραγωγή και θα ενθαρρύνουν την οικονομική δραστηριότητα στις περιοχές με λειψυδρία. Οι καινοτομίες που θα υλοποιηθούν στο πλαίσιο του προγράμματος HYDROUSA περιλαμβάνουν :

- Συστήματα ανάκτησης και αποθήκευσης των υπογείων υδάτων.
- Συστήματα αποτέφρωσης και ανακύκλωσης των λυμάτων.
- Συστήματα αντιστροφής ώσμωσης και αφαλάτωσης των υδάτων.
- Συστήματα επεξεργασίας των όμβριων υδάτων για ποταμούς και λίμνες.
- Συστήματα ανακύκλωσης του ανακτημένου νερού για την άρδευση των γεωργικών εκτάσεων.
- Συστήματα ανακύκλωσης του ανακτημένου νερού για τη βιομηχανία.
- Συστήματα αποκατάστασης των υδατικών πόρων.
- Συστήματα παρακολούθησης και διαχείρισης της ποιότητας των υδάτων.

- Συστήματα αποθήκευσης και χρήσης των βρόχινων υδάτων για την άρδευση των φυτών στη γεωργική περιοχή.
- Συστήματα επεξεργασίας των υπολειμμάτων φαρμάκων και χημικών ουσιών από τα υδάτινα συστήματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 υλοτικά συστήματα προγράμματος HYDROUSA

Τοποθεσία	Περιγραφή	Αποτελέσματα
HYDRO1 Άντισσα, Λέσβος	Σύστημα αναερόβιας επεξεργασίας των λυμάτων, τεχνητός υγροβιότοπος, <u>κομποστοποίηση</u> ιλύος, σύστημα επαναχρησιμοποίησης του νερού	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων και αποφυγή απόρριψης τους στη θάλασσα ✓ Οικονομικότερη παραγωγή ανακτώμενου νερού ✓ Αύξηση της προσφοράς νερού ✓ Ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών ✓ Παραγωγή βιοαερίου και χρήση ως καύσιμο
HYDRO2 Άντισσα, Λέσβος	Σύστημα άρδευσης καλλιεργειών με νερό πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Χρήση ανακτημένου νερού ως λίπασμα ✓ Μηδενική εισαγωγή λιπασμάτων ✓ Δημιουργία εναλλακτικών οικοσυστημάτων
HYDRO3 Λια, Μύκονος	Απομονωμένο σύστημα συγκομιδής βρόχινου νερού και άρδευση καλλιεργειών	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Οικονομική παροχή νερού σε απομονωμένες περιοχές ✓ Παραγωγή προϊόντων
HYDRO4 Άνω Μερά Μύκονος,	Σύστημα συγκομιδής βρόχινου νερού από κατοικίες, εμπλουτισμός υδροφόρων, σύστημα άρδευσης τοπικών καλλιεργειών	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Αύξηση της παροχής νερού· ✓ Εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα (μείωση της διεύθυνσης θαλασσινού νερού)
HYDRO5 Άγιος Φωκάς, Τήνος	Σύστημα επεξεργασίας του θαλασσινού νερού και της παραγόμενης άλμης, παραγωγή τροπικών φρούτων	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Παραγωγή γλυκού νερού και αλατιού από θαλασσινό νερό και άλμη. ✓ Μείωση των εισαγωγών τροπικών φρούτων
HYDRO6 Τήνος	Εξέταση των κύκλων του νερού εντός μιας <u>οικοτουριστικής</u> μονάδας: Σύστημα συλλογής βρόχινου νερού, σύστημα συμπύκνωσης υδρατμών, σύστημα επεξεργασίας λυμάτων με υγροβιότοπο, άρδευση τοπικών καλλιεργειών με επεξεργασμένα λύματα	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>Οικοτουριστικές</u> εγκαταστάσεις που είναι αυτάρκειες από πλευράς παροχής νερού, ενέργειας και τροφίμων

5 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

5.1 Ευφυής γεωργία - Γεωργία ακριβείας

Η ζήτηση για γλυκό νερό έχει αυξηθεί σημαντικά τον τελευταίο καιρό, επιδεινώνοντας το πρόβλημα λόγω της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού και των δεικτών ξηρασίας στις γεωργικές περιοχές του κόσμου. Η αρδευόμενη γεωργία έχει ανάγκη από μεγάλες ποσότητες νερού, στερώντας τον σπάνιο πόρο από άλλους τομείς. Για αυτό το λόγο, η βελτίωση της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού στην αρδευόμενη γεωργία είναι ζωτικής σημασίας για την ευημερία της βιώσιμης γεωργικής παραγωγής. Τεχνολογίες όπως έξυπνα συστήματα άρδευσης, ασύρματες επικοινωνίες, συστήματα παρακολούθησης και προηγμένες στρατηγικές ελέγχου μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού για άρδευση (Φούντας, 2015).

Η Γεωργία Ακριβείας αναφέρεται στη διαχείριση των αγροτικών εκτάσεων με στόχο τη βελτίωση της απόδοσης των αγροκτημάτων και τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από τη χρήση μη ορθολογικών εισροών. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί την πληροφορική και την ηλεκτρονική επεξεργασία στη γεωργία, προκειμένου να βοηθήσει τους γεωργούς να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις για τη διαχείριση του αγροκτήματός τους. Μέσω της Γεωργίας ακριβείας, μπορεί να επιτευχθεί βελτίωση της οικονομικής απόδοσης του αγροκτήματος με αύξηση της παραγωγής ή μείωση των εισροών, καθώς και μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, εφόσον εφαρμόζεται η αναγκαία ποσότητα εισροών σε κάθε σημείο του αγρού. Κατά τη διάρκεια των καλλιεργητικών φροντίδων, αντί για τη χρήση μέσων τιμών παραγωγής και γονιμότητας του εδάφους, μπορούν να εφαρμοστούν διαφορετικές δόσεις εισροών και άλλων καλλιεργητικών φροντίδων για κάθε τμήμα του αγρού ανάλογα με τις πραγματικές του ανάγκες. (Gemtos *et al.*, 2002).

Η ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών πληροφορικής και ηλεκτρονικής τα τελευταία χρόνια έχει επιτρέψει τη δημιουργία πολλών διαφοροποιημένων εφαρμογών για τη βελτιστοποίηση της γεωργικής παραγωγής. Η ακρίβεια των συστημάτων γεωγραφικού εντοπισμού (GPS) έχει βελτιωθεί σημαντικά και οι αισθητήρες μέτρησης της παραγωγής των καλλιεργειών έχουν προσαρμοστεί στις μηχανές συγκομιδής, δίνοντας τη δυνατότητα χαρτογράφησης της παραγωγής από το ίδιο το αγροτεμάχιο. Αυτή η τεχνολογική πρόοδος έχει επιτρέψει την ανάπτυξη προηγμένων επεμβάσεων και πρακτικών που στοχεύουν στη βελτίωση της παραγωγής και τη μείωση των απωλειών (Φούντας, 2015).

Σημαντικό όφελος αποτελεί ο προγραμματισμός της άρδευσης σε πραγματικό χρόνο. Ο προγραμματισμός της άρδευσης είναι η απόφαση για το πότε και πόσο νερό θα εφαρμοστεί στον αγρό και συνεπώς έχει άμεση επίδραση στην αποδοτικότητα της χρήσης του νερού (Koech and Langat, 2018).

Η ποσότητα του νερού που πρέπει να εφαρμοστεί εκτιμάται με τη χρήση ενός κριτηρίου για τον προσδιορισμό των αναγκών άρδευσης και μιας στρατηγικής για τον καθορισμό της ποσότητας που πρέπει να εφαρμοστεί. Η αποτελεσματική εφαρμογή του νερού άρδευσης απαιτεί την κατανόηση της δυναμικής της χρήσης του νερού από τα φυτά, η οποία έχει σχέση με τις καιρικές συνθήκες, το έδαφος, την ποιότητα του νερού και τα γενικότερα περιβαλλοντικά στοιχεία. Την παρούσα εποχή, ο προγραμματισμός της άρδευσης μπορεί να γίνει σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνολογίες και συστήματα παρακολούθησης. Για να βελτιωθεί η αποδοτικότητα στη χρήση του νερού για την άρδευση των καλλιεργειών, απαιτείται η παρακολούθηση παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη και την εξέλιξη των φυτών. Η παρακολούθηση μέσω έξυπνων συστημάτων άρδευσης μας δίνει συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για την κατάσταση του εδάφους, των φυτών και των καιρικών συνθηκών μέσω της χρήσης σύγχρονων τεχνολογιών επικοινωνίας (Abioye *et al.*, 2020b).

Η ανάπτυξη ενός συστήματος παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο περιλαμβάνει την ενσωμάτωση αισθητήρων σε ένα ασύρματο δίκτυο επικοινωνίας αισθητήρων. Με τη χρήση αισθητήρων, που είναι τοποθετημένοι στο έδαφος και στα φυτά, μπορεί να γίνει συλλογή δεδομένων για τις ανάγκες άρδευσης και τις διάφορες παραμέτρους που επηρεάζουν τη χρήση του νερού. Οι μέθοδοι παρακολούθησης του εδάφους, του φυτού και των καιρικών συνθηκών σε ένα περιβάλλον μοντελοποίησης, συνδυασμένες με έναν έλεγχο πρόβλεψης μοντέλου, μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την αποδοτικότητα στη χρήση του νερού. Με τη χρήση αυτών των δεδομένων, μπορούν να δημιουργηθούν αλγόριθμοι που θα καθορίζουν την κατάλληλη ποσότητα νερού που πρέπει να εφαρμοστεί σε κάθε στιγμή, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες του περιβάλλοντος και τις ανάγκες των φυτών. (Abioye *et al.*, 2020b)

5.2 Στάγδην άρδευση

Η άρδευση των φυτών μπορεί να αυξήσει σημαντικά την παραγωγή, αλλά η επίδρασή της εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο χρόνος άρδευσης, η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται και η ποικιλία των φυτών. Επιπλέον, μπορεί να υπάρχει ένα ορισμένο όριο στην ποσότητα του πρόσθετου νερού που δεν επηρεάζει την ποιότητα των σταφυλιών, αλλά μεγαλύτερες ποσότητες νερού μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια χρώματος και ανισορροπία

στη σύνθεση του σταφυλιού (Cifre *et al.*, 2005) . Ένας από τους τρόπους που η ακριβής γεωργία μπορεί να βοηθήσει στην βιώσιμη χρήση του νερού στην αμπελουργία είναι η τακτική της στάγδην άρδευση. Η στάγδην άρδευση βασίζεται στη χρήση συστημάτων άρδευσης που επιτρέπουν στο νερό να αποδίδεται στις αμπελουργικές καλλιέργειες σε μικρές ποσότητες, καθώς αυτές το απαιτούν, αντί να εκχέεται μεγάλη ποσότητα νερού σε σταθερή ροή για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της τοποθέτησης των αισθητήρων υγρασίας και άλλων συστημάτων παρακολούθησης της υγρασίας του εδάφους, ώστε να διαπιστώνεται πότε απαιτείται άρδευση και σε ποιο βαθμό (Φούντας, 2015) . Με την στάγδην άρδευση, μπορούν να επιτευχθούν αρκετά πλεονεκτήματα. Πρώτον, μειώνεται η απώλεια νερού από εκτεταμένες επιφάνειες άρδευσης και οι αμπελώνες λαμβάνουν ακριβώς την ποσότητα νερού που χρειάζονται, με αποτέλεσμα να μειώνεται η υποχρεωτική χρήση του νερού και να βελτιώνεται η αποδοτικότητα στη χρήση του νερού. Δεύτερον, μειώνεται η εξάτμιση του νερού από το έδαφος, επιτρέποντας στην υγρασία να διατηρηθεί πιο κοντά στην επιφάνεια και να μην απορροφάται από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Τρίτον, μειώνεται η ανάπτυξη αλγών και επιτυγχάνεται καλύτερη ρύθμιση της υγρασίας στο έδαφος, καθιστώντας τις καλλιέργειες πιο ανθεκτικές στην ξηρασία. Αυτή η μέθοδος είναι συνήθως πιο οικονομική σε σχέση με άλλες μεθόδους άρδευσης, καθώς χρειάζεται λιγότερη ενέργεια και κόστος για τη μεταφορά του νερού στις αμπελουργικές καλλιέργειες. Η στάγδην άρδευση είναι μια αποδοτική μέθοδος άρδευσης που επιτρέπει τον εφοδιασμό κάθε φυτού με την απαραίτητη υγρασία, εφαρμόζοντας το νερό σε μικρές ποσότητες στα φυτά ξεχωριστά. Είναι ιδανική για περιπτώσεις που η διαθέσιμη παροχή νερού είναι περιορισμένη και συνδυάζεται απόλυτα με αυτοματισμούς. Η μέθοδος αυτή αποτελείται από τα δίκτυα μεταφοράς και εφαρμογής και από τη μονάδα ελέγχου. Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από τους κύριους αγωγούς μεταφοράς που μεταφέρουν το νερό στους αγωγούς τροφοδοσίας, οι οποίοι εξασφαλίζουν την απαιτούμενη παροχή. Το δίκτυο εφαρμογής αποτελείται από εύκαμπτους σωλήνες πολυαιθυλενίου, στους οποίους τοποθετούνται οι σταλακτίτες σε προκαθορισμένες θέσεις, μέσω των οποίων το νερό φτάνει στο έδαφος με τη μορφή σταγόνων. Η μονάδα ελέγχου του συστήματος στάγδην άρδευσης περιλαμβάνει διάφορα στοιχεία για την αποτελεσματική λειτουργία του. Αυτά περιλαμβάνουν μετρητή ροής, ρυθμιστές πίεσης, συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και κυρίως τα φίλτρα. Τα φίλτρα είναι το κύριο στοιχείο της μονάδας ελέγχου, καθώς έχουν την ευθύνη να απομακρύνουν τα φερτά υλικά από το νερό που παροχετεύεται στο δίκτυο. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη στάγδην άρδευση, καθώς οι σταλακτίτες απαιτούν απαλλαγμένο νερό από φερτά υλικά, ακόμη και πολύ μικρών διαστάσεων, για να μην φράσσονται. Οι σταλαγματικοί σταλακτίτες

διανέμουν το νερό σε μικρές σταγόνες σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα για την αποτελεσματική άρδευση των φυτών (Τερζίδης, Παπαζαφειρίου, 1997) . Η ποσότητα νερού που απαιτείται για την άρδευση των αμπελώνων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η υδατοχωρητικότητα του εδάφους και η μέθοδος άρδευσης που χρησιμοποιείται. Συνήθως, η ποσότητα νερού που χρειάζεται κυμαίνεται από 30 έως 80 κυβικά μέτρα ανά στρέμμα. Εντούτοις, ο ακριβής προγραμματισμός της συχνότητας, του χρόνου και της ποσότητας άρδευσης πρέπει να γίνεται με βάση την ανάγκη και την εδαφική υγρασία των αμπελώνων. Για τον προσδιορισμό αυτής της υγρασίας, η πιο πρακτική μέθοδος είναι η χρήση τασιμέτρων (τενσιόμετρα). Είναι λοιπόν σημαντικό να ρυθμίζονται τα ποτίσματα σύμφωνα με τις ανάγκες των αμπελώνων για να αποφεύγεται η υπερβολική υγρασία του εδάφους, καθώς αυτό μπορεί να οδηγήσει στη διήθηση των θρεπτικών στοιχείων και στη σπατάλη του νερού (Winkel T, 1993) . Σε περιπτώσεις που είναι απαραίτητο το πότισμα, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ποσότητα της βροχής και να υπολογίζεται πόσο ακόμα νερό χρειάζεται το αμπέλι. Τα τελευταία χρόνια, η άρδευση των εδαφών είχε πολλές προκλήσεις λόγω της έλλειψης νερού και των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν με τις διάφορες μεθόδους άρδευσης που χρησιμοποιήθηκαν, όπως η άρδευση με λεκάνες, κατά λωρίδες, με αυλάκια ή με τεχνητή βροχή (Λιάπης, 2008) . Η μέθοδος της στάγδην άρδευσης αποδείχθηκε αποτελεσματική, καθώς βασίζεται στην αρχή της συχνότερης παροχής νερού σε περιορισμένο όγκο εδάφους. Η στάγδην άρδευση προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα και έχει επιτύχει ταχεία εξάπλωση σε πολλές περιοχές. Η μέθοδος έχει πολλές παραλλαγές ως προς τον εξοπλισμό και τις επιμέρους λειτουργίες, καθιστώντας την πολύ ευέλικτη και προσαρμόσιμη στις ανάγκες κάθε καλλιεργητή και καλλιέργειας. Επιτρέπει στο νερό να διακυμαίνεται σε μικρές ποσότητες, δημιουργώντας μια ομοιόμορφη κατανομή του στο έδαφος και εξασφαλίζοντας τη βέλτιστη χρήση του. Η διευκόλυνση της κυκλοφορίας μεταξύ των γραμμών φύτευσης μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση τεχνολογιών άρδευσης, που μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της συγκεκριμένης καλλιέργειας. Η χρήση συστημάτων σταλακτιτών μπορεί να βελτιώσει τη διήθηση του νερού στο έδαφος και να αποτρέψει την υπερβολική ύγραση του φυλλώματος, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο ασθενειών που σχετίζονται με την υγρασία. Με την αυτοματοποίηση του συστήματος άρδευσης, μπορεί να μειωθεί η χρήση κάποιου εργατή για το πότισμα καθώς το όλο σύστημα εφόσον εγκατασταθεί λειτουργεί αυτόματα και δεν χρειάζεται σχεδόν καθόλου συντήρηση. Ανεξαρτήτως των επιμέρους τεχνικών που εφαρμόζονται, η στάγδην άρδευση παρουσιάζει το πλεονέκτημα της αξιοποίησης της μεθόδου της ελλειμματικής άρδευσης, και κυρίως της μεθόδου της μερικής ξήρανσης του

ριζικού συστήματος με την εγκατάσταση δύο γραμμών άρδευσης κατά μήκος και εκατέρωθεν της γραμμής φύτευσης (Πανώρας,1994β) .

Η στάγδην άρδευση αποτελεί μία από τις τεχνικές άρδευσης που εφαρμόζονται στη γεωργία και επιτρέπει την αξιοποίηση της ελλειμματικής ποσότητας νερού και ειδικότερα της μεθόδου της μερικής ξήρανσης του ριζικού συστήματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση δύο γραμμών άρδευσης κατά μήκος και εκατέρωθεν της γραμμής φύτευσης. Στα μειονεκτήματα της στάγδην άρδευσης περιλαμβάνονται το υψηλό κόστος εγκατάστασης του συστήματος, το κόστος συντήρησης των σωληνώσεων και η ανάγκη απόφραξης των σταλακτιτών. Τέλος η καταπολέμηση των ζιζανίων που αναπτύσσονται επί της γραμμής άρδευσης μπορεί να είναι δυσχερής.



ΕΙΚΟΝΑ 4.1 Συστήματα στάγδην άρδευσης σε αμπέλια

5.3 Επιρροή ποικιλιών - Γενετική βελτίωση

Η αύξηση της γενετικής ποικιλότητας έχει οδηγήσει σε μια μεγάλη τράπεζα ποικιλιών που είναι διαθέσιμες για χρήση από τον γεωργό ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες της καλλιέργειάς του. Αυτό έχει βοηθήσει στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας των καλλιεργειών στην παγκόσμια αγορά, καθώς οι παραγωγοί έχουν περισσότερες επιλογές για να επιλέξουν τις καλλιέργειες που ταιριάζουν καλύτερα στις ανάγκες τους. Υπάρχουν χιλιάδες ποικιλίες αμπέλου που έχουν περιγραφεί σε όλο τον κόσμο, καθιστώντας το γονίδιο της αμπέλου έναν εντυπωσιακό γενετικό πόρο με ποικιλομορφία (Flexas *et al.* 2010). Αυτή η παραλλακτικότητα προσφέρει έναν ανεκτίμητο γενετικό πόρο για την προσαρμογή της καλλιέργειας σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες και συνιστά μια πολύτιμη πηγή για την πιθανή προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Παρόλο που δεν υπάρχει καμία αναφορά για τη χρήση του WUE ως κριτήριο επιλογής, υπάρχουν ποικιλίες που είναι περισσότερο προσαρμοσμένες σε συνθήκες ξηρασίας και πιθανώς να παρουσιάζουν υψηλό WUE. Σήμερα, είναι σημαντικό να εξετάζουμε τη μεταβλητότητα του WUE μεταξύ των υφιστάμενων ποικιλιών καθώς η σημασία αυτού του χαρακτηριστικού και η ανάγκη για μια πιο βιώσιμη καλλιέργεια γίνεται όλο και πιο επιτακτική (Bota *et al.* 2001). Μελέτες έχουν δείξει την ύπαρξη γενετικής παραλλακτικότητας στο WUE_i, μετρώντας το WUE_i και τον υποκατάστατο χαρακτήρα δ¹³C (Gaudillère *et al.* 2002). Παρ' όλα αυτά, η εκτίμηση του WUE ολόκληρου του φυτού μέσω του WUE_i αντιμετωπίζει δυσκολίες. Μια πρόσφατη μελέτη που διεξήχθη σε διάφορες ποικιλίες αμπέλου επιβεβαίωσε προηγούμενα αποτελέσματα, δείχνοντας ότι δεν υπάρχει σταθερή συσχέτιση μεταξύ των παραμέτρων που μετρήθηκαν σε επίπεδο φύλλων και ολόκληρου του φυτού (Tomás *et al.* 2012). Οι δύο φυσιολογικοί μηχανισμοί, η νυχτερινή διαπνοή των φύλλων και η αναπνοή των φυτών, καθώς και η πολυπλοκότητα της δομής των αμπέλων είναι πιθανές αιτίες για την έλλειψη αυτής της συσχέτισης και έχουν εξηγηθεί λεπτομερώς σε διάφορες ανασκοπήσεις (Medrano *et al.* 2012, Schultz and Stoll 2010, Tarara *et al.* 2011, Tomás *et al.* 2014a).

5.3.1 Υποκείμενα ανθεκτικά στην ξηρασία

Αυτό είναι συχνά το πρώτο πράγμα που σκέφτονται οι άνθρωποι όταν επιλέγουν ένα υποκείμενο. Αν και μπορεί να είναι εξαιρετικά σημαντικό το ζήτημα όπου τόσο οι υδάτινοι πόροι όσο και η ικανότητα συγκράτησης νερού του εδάφους είναι περιορισμένες, η χρήση του πιο ανθεκτικού στην ξηρασία υποκείμενου υλικού δεν χρειάζεται να είναι πάντα το

πρωταρχικό μέλημα. Ωστόσο, για καταστάσεις όπου το νερό άρδευσης είναι περιορισμένο, πρέπει να ληφθεί υπόψη η ανοχή στην ξηρασία.

Ανθεκτικά στην ξηρασία υποκείμενα όπως τα **140Ru, 110R και 1103P** είναι αρκετά ζωηρά και μπορούν να επιδεινώσουν την ανεπάρκεια νερού σχηματίζοντας γρήγορα ένα πλήρες φυτικό κουβούκλιο και στη συνέχεια σπαταλώντας το νερό λόγω της τάσης τους να διατηρούν τα αμπέλια άτονα – τα στομάχια είναι πολύ ανοιχτά, ακόμη και όταν το έδαφος είναι υγρό εξαντλούνται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 Υποκείμενα αμπέλου και η απόκρισή τους σε αβιοτικές καταπονήσεις. Αναφέρεται η χαμηλή (L), η μεσαία (M) και η υψηλή (H) ζωηρότητα υποκείμενων (Scion vigour). Αναφέρεται επίσης ο βαθμός ανοχής στη φυλλοξήρα, την ξηρασία, την αλατότητα και τη χλώρωση (Corso M & Bonghi C., 2014)

Rootstock	Scion vigour	Tolerance			
		Phylloxera	Drought	Salinity	Iron chlorosis
101-14	L	High	High	Low	Low
110 Richter	M	High	High	Low	Low
1103 Paulsen	M-H	High	High	Low	Low
140 Ruggeri	H-M	Low	High	Low	High
196.17 castel	H-M	High	High	Low	Low
3309C	M-L	Low	Low	Low	High
41B	M-L	Low	High	Low	Low
420A	L	High	Low	Low	Low
5BB Kober	M-H	High	High	Low	Low
5C	M	High	Low	Low	Low
M1	L	Low	Low	High	High
M2	M	Low	Low	High	High
M3	L	Low	Low	Low	Low
M4	M-H	Low	High	High	Low
Schwarzmann	M-L	High	High	Low	Low
SO4	M	High	Low	Low	High

Για την παραγωγή εκλεκτού κρασιού, θέλουμε να προκαλέσουμε λίγη υδατική καταπόνηση στα αμπέλια και τέτοια υποκείμενα ανθεκτικά στην ξηρασία μπορεί να μην φτάσουν ποτέ τους στόχους στρες που στοχεύουμε στο φαινολογικό στάδιο που επιθυμούμε (π.χ. μετά τον περκασμό) . Θα πρέπει να δίνεται προσοχή κατά της επιλογής των πιο ανθεκτικών στην ξηρασία υποκείμενων πόρων, εκτός από τις περιπτώσεις όπου η άρδευση είναι περιορισμένη ή τα εδάφη είναι εξαιρετικά περιορισμένα ως προς την ικανότητα

συγκράτησης νερού. Στην τελευταία περίπτωση, μπορούμε ακόμα να ελέγξουμε την καταπόνηση του αμπελιού ακόμα και με ανεκτικά υποκείμενα στην ξηρασία, επειδή τα εδάφη απλά δεν συγκρατούν πολύ υγρασία και η άρδευση μπορεί να εφαρμοστεί με σύνεση για να κατευθύνει τα αμπέλια σε μέτρια υδατική καταπόνηση όταν χρειάζεται. Για τις περισσότερες εφαρμογές σε παράκτιους αμπελώνες, τουλάχιστον εκείνους με άφθονες χειμερινές βροχοπτώσεις ή άφθονους αρδευτικούς πόρους, συνήθως στοχεύουμε σε μέτρια ανθεκτικά στην ξηρασία υποκείμενα όπως το Schwarzmann ή το 3309C (το τελευταίο, ωστόσο, όχι για εδάφη μολυσμένα από νηματοδείς), ή σε μέτρια έως λιγότερο από μέτρια ανθεκτικά στην ξηρασία υποκείμενα όπως 420A, 5BB ή SO4. Τα ευαίσθητα στην ξηρασία υποκείμενα όπως 101-14 και 1616C πρέπει να χρησιμοποιούνται σε καταστάσεις όπου τα εδάφη παραμένουν υγρά για παρατεταμένη χρονική περίοδο και όπου υπάρχει δυνατότητα άρδευσης για τη μεταφορά των αμπελιών στο τελευταίο μέρος της ξηρής καλλιεργητικής περιόδου.

6 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΒΙΩΣΙΜΟΤΕΡΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Κατά τις τρεις τελευταίες δεκαετίες, η συχνότερη εμφάνιση επεισοδίων ξηρασίας και η έντασή τους έχουν οδηγήσει στη χρήση της άρδευσης ως μέσο για την υπέρβαση αυτού του προβλήματος και για την εξασφάλιση πιο σταθερών και προβλέψιμων αποδόσεων (Chaves *et al.* 2007, Flexas *et al.* 2010).

Κατά την άρδευση των αμπελιών, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη δύο παράμετροι. Καταρχάς, στις ημίξηρες περιοχές, οι απαιτήσεις σε νερό είναι συνήθως υψηλές, γεγονός που μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τους υδάτινους πόρους και τη βιωσιμότητα των γεωργικών πρακτικών. Δεύτερον, η αύξηση των αποδόσεων συνδέεται συνήθως με μειώσεις της ποιότητας των σταφυλιών. Αυτό συμβαίνει διότι η υπερβολική ζωηρότητα μπορεί να δημιουργήσει μια ανισορροπία μεταξύ των αναπαραγωγικών και των βλαστικών οργάνων εντός των φυτών, με αποτέλεσμα τη μείωση της ποιότητας των σταφυλιών. Για αυτό το λόγο, είναι σημαντικό να επιλέγονται πρακτικές άρδευσης που λαμβάνουν υπόψη τις ανάγκες των φυτών και δεν επιβαρύνουν περιβολικά τους υδάτινους πόρους (Bravdo *et al.* 1985- Dokoozlian and Kliewer 1996- Esteban *et al.* 2001- Matthews *et al.* 1990- McCarthy 1997).

Η σχέση μεταξύ αύξησης της παραγωγής και μείωσης της ποιότητας των καλλιεργειών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα περιβαλλοντικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής. Η διεξαγωγή εκτενών πειραμάτων για την κατανόηση των σχέσεων μεταξύ της υδατικής κατάστασης των φυτών, της παραγωγής και της ποιότητας των καλλιεργειών είναι απαραίτητη. Στο πλαίσιο αυτών των ερευνών, μελετήθηκαν διάφοροι τρόποι για τη δημιουργία καθεστώτων άρδευσης που βασίζονται στη βελτιστοποίηση της απόδοσης και της ποιότητας των καλλιεργειών, καθώς και στην προστασία των υδατικών πόρων.

Αυτά τα ζητήματα οδήγησαν στην ανάπτυξη στρατηγικών άρδευσης, στις οποίες η χρήση του νερού προσαρμόζεται στις ανάγκες των φυτών και των καλλιεργειών. Έτσι, επιτυγχάνεται η διατήρηση της απόδοσης και της ποιότητας των καλλιεργειών, καθώς και η βελτίωση της χρήσης των υδατικών πόρων. Έχει αποδειχθεί ότι αυτή η προσέγγιση έχει συναφή αποτελέσματα στη μείωση της απόδοσης, τη διατήρηση ή την αύξηση της ποιότητας των καλλιεργειών και τη βελτίωση της απόδοσης χρήσης νερού.

6.1 Ρυθμιζόμενη ελλειμματική άρδευση (Regulated Deficit Irrigation – RDI)

Η ρυθμιζόμενη ελλειμματική άρδευση είναι μια τεχνική που βασίζεται στην ιδέα ότι τα φυτά γενικά δεν έχουν σταθερή ευαισθησία στην υδατική καταπόνηση κατά τη διάρκεια όλων των φαινολογικών σταδίων τους. Κατά συνέπεια, μπορεί να εφαρμοστεί μια χαμηλότερη ποσότητα νερού κατά συγκεκριμένες περιόδους, μειώνοντας την κατανάλωση νερού και βελτιώνοντας ταυτόχρονα την ποιότητα και τη ζωνρότητα της συγκομιδής (Chalmers *et al.* 1981, Loveys *et al.* 2004, McCarthy *et al.* 2002). Αυτή η τεχνική μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη βελτίωση της παραγωγικότητας του εδάφους, μειώνοντας την ποσότητα νερού που χρειάζεται για την αρδευτική διαχείριση της καλλιέργειας. Μπορεί να εφαρμοστεί για να επιτύχει διάφορους στόχους σε διαφορετικά στάδια της ανάπτυξης των φυτών. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση του μεγέθους των καρπών ή της ζωνρότητας της διαίρεσης των κυττάρων (McCarthy *et al.* 2002), ή για την προώθηση της συσσώρευσης ανθοκυανίνης (Dry *et al.* 2001). Η επιτυχία της τεχνικής αυτής εξαρτάται από τη διατήρηση της κατάστασης του εδάφους και των φυτών σε στοχευμένες συνθήκες. Αυτό σημαίνει ότι η άρδευση πρέπει να ρυθμίζεται ανάλογα με τις περιβαλλοντικές πληροφορίες και τις ανάγκες των φυτών. Άρα από την μια η υπερβολική μείωση άρδευσης θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της ποσότητας αλλά και της ποιότητας και από την άλλη ότι μια υπερβολική άρδευση θα μπορούσε να είναι τελικά κατασταλτικός παράγοντας λόγω της αύξησης της ζωνρότητας έναντι της ανάπτυξης σακχάρων στη ράγα (Jones 2004). Αυτή η στρατηγική αποβλέπει στη διατήρηση ενός βαθμού έλλειψης νερού που επιτρέπει τη διατήρηση ή αύξηση της ποιότητας των σταφυλιών με μικρότερο κόστος αντίκτυπου στην απόδοση της καλλιέργειας. Η ρυθμιζόμενη ελλειμματική άρδευση μπορεί να θεωρηθεί ως μια βιώσιμη επιλογή για τους αμπελουργούς, καθώς συνδέεται με την προστασία των πόρων τους και τη βελτίωση της ποιότητας του αμπελουργικού προϊόντος. Χρησιμοποιείται συνήθως στην καλλιέργεια των σταφυλιών και αποσκοπεί στο να διατηρήσει τα φυτά σε μια μερική έλλειψη νερού. Με αυτόν τον τρόπο, η μέθοδος αυτή ελέγχει την αναπαραγωγική ανάπτυξη και εξέλιξη, τη βλαστική ανάπτυξη και βελτιώνει την αποδοτικότητα χρήσης νερού (WUE). Η RDI αποτελεί μια αποδοτική και αειφόρο τεχνική που συμβάλλει στην εξοικονόμηση νερού και στη βελτίωση της παραγωγής καρπών και σταφυλιών. Αυτό που καταλαβαίνουμε από την RDI είναι ότι η υδατική προμήθεια ενός φυτού θα πρέπει να διατηρείται εντός των ορίων του ελλείμματος, δηλαδή του ποσοστού του νερού που απουσιάζει σε σχέση με το μέγιστο υδατικό δυναμικό του εδάφους. Αυτό επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια ορισμένων

φάσεων της εποχιακής ανάπτυξης του φυτού, όταν η ανάπτυξή του είναι λιγότερο ευαίσθητη στις μειώσεις του νερού . Η βέλτιστη πρακτική είναι να διατηρηθεί μια ισορροπία μεταξύ της ενεργητικότητας του φυτού και της παραγωγικής του δύναμης. Αυτό θα οδηγήσει στη βελτιστοποίηση του αριθμού, μεγέθους και ποιότητας των καρπών (Cifre *et al.*, 2005). Για να επιτευχθεί αυτό, η ελλειμματική άρδευση εφαρμόζεται σε δύο διαφορετικές περιόδους, ανάλογα με την ποικιλία του φυτού. Αυτό έχει ως στόχο τον έλεγχο της ζωηρότητας των βλαστών και τη βελτίωση της ποιότητας των καρπών. Στην πράξη, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την παροχή επιμελημένης ποσότητας νερού στις περιόδους αυτές (Σταυρακάκης, 2013) . Κατά τη μέθοδο της ελλειμματικής άρδευσης, η ποσότητα του νερού που δίνεται στα φυτά είναι λιγότερη από τις ανάγκες τους, καθιστώντας το έδαφος ελαφρώς ξηρό. Αυτό προκαλεί ένα ελαφρύ έλλειμμα υγρασίας στο έδαφος, αλλά τα φυτά εξακολουθούν να λαμβάνουν το απαραίτητο νερό για την επιβίωσή τους .Ο στόχος είναι να προσαρμόσουμε την ποσότητα του νερού και το χρονικό διάστημα άρδευσης έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μια ισορροπία μεταξύ της ελάχιστης απαραίτητης υγρασίας για την επιβίωση των φυτών και της εξοικονόμησης νερού . Συνολικά αποτελεί μια αποτελεσματική τεχνική για τη διατήρηση της υδατικής ισορροπίας των φυτών ανάμεσα σε ποιότητα και απόδοση. Σε συνθήκες όπου το ριζικό σύστημα των φυτών είναι περιορισμένο και επιφανειακό, η υδατική κατάσταση των πρέμων μεταβάλλεται πιο γρήγορα, με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι πιθανότητες υποβολής των φυτών σε υψηλότερη ένταση υδατικής καταπόνησης. Αυτό έχει αρνητικές συνέπειες στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Αντίθετα, σε πρέμνα με μεγαλύτερο ριζικό σύστημα, η μεταβολή της υδατικής κατάστασης είναι πιο αργή, καθιστώντας την εφαρμογή και διατήρηση των επιθυμητών επιπέδων υδατικού ελλείμματος πιο ασφαλής και περισσότερο ελεγχόμενη (Oliveira, 2013). Ελλειμματική άρδευση εφαρμόζεται λίγο πριν από το σχηματισμό των καρπών με στόχο τη μείωση της ανάπτυξης των βλαστών και την πρόωρη ανάπτυξη των σταφυλιών, προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη ποιότητα και απόδοση. Μετά τον περκασμό, η άρδευση συνεχίζεται προκειμένου να διατηρηθεί η δραστηριότητα των φύλλων και να ενισχυθεί η σύνθεση των σακχάρων και η μεταφορά τους στα σταφύλια . Η υδατική διαχείριση αποτελεί ζωτικής σημασίας πρακτική για τους αμπελουργούς, οι οποίοι αποβλέπουν στη βελτίωση της ποιότητας των κρασιών τους και την αύξηση της απόδοσης των αμπελώνων τους. Στο πλαίσιο της οινοποίησης, η πρακτική της άρδευσης σε αμπελώνες αποτελεί μια πρόκληση, αλλά υπάρχουν μέθοδοι που μπορούν να υποστηρίξουν αυτήν τη διαδικασία (Geerts S, 2009). Η παράμετρος του Ψ_{PD} (Pre-dawn leaf water potential) υδατικού δυναμικού των φύλλων έχει προταθεί ως ένας δείκτης για τα προγράμματα RDI στα αμπέλια . Εντούτοις, η σχεδόν ισοϋδρική συμπεριφορά

αρκετών ποικιλιών μπορεί να καταστήσει δύσκολη τη χρήση της παραμέτρου αυτής, ιδιαίτερα για την ανίχνευση ήπιων έως μέτριων καταστάσεων υδατικής καταπόνησης. Σε αυτές τις καταστάσεις, μεγάλες μειώσεις στη φωτοσύνθεση και απόδοση μπορεί να συμβούν χωρίς πολλές επιπτώσεις στην ίδια την παράμετρο. Συνεπώς, ισοϋδρικά χαρακτηριστικά των φυτών, που αναδύονται από τη ρίζα προς το βλαστό μέσω χημικών σημάτων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση της απώλειας νερού μέσω των στοματίων, ιδιαίτερα κατά την αρχική εκδήλωση της έλλειψης νερού. Τα φυτά που παρουσιάζουν ισοϋδρική συμπεριφορά, όπως η άμπελος, διατηρούν τον έλεγχο της απώλειας νερού μέσω της ρύθμισης του υδατικού δυναμικού στα στόματα τους (Collins, 2010). Έτσι, τα φυτά αυτά αποτρέπουν τις επιβλαβείς επιδράσεις των υδατικών καταπονήσεων που μπορεί να υποστούν. Με βάση τις γνώσεις των αποκρίσεων των φυτών σε υποβαλλόμενες υδατικές καταπονήσεις, προτείνεται η συνεχής παρακολούθηση των δεικτών της καλλιέργειας για την ορθολογική χρήση του αρδευτικού νερού στην αμπελουργία. Με αυτό τον τρόπο, μπορεί να καθοριστεί τότε και πόσο νερό πρέπει να εφαρμοστεί στην καλλιέργεια για την επίτευξη της βέλτιστης παραγωγής. Για να εξασφαλιστεί η αποδοτικότερη χρήση του νερού και η μέγιστη απόδοση στην καλλιέργεια της αμπέλου, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τιμές των παραμέτρων και να εφαρμόζεται η άρδευση μόνο όταν αυτές πέφτουν κάτω από μία συγκεκριμένη οριακή τιμή. Για παράδειγμα, μπορούμε να εφαρμόζουμε άρδευση όταν οι τιμές της Στοματικής Αγωγιμότητας (Gs) κυμαίνονται από 0,05 - 0,15 mol H₂O*m⁻²*s⁻¹. Με βάση τις γνώσεις που έχουμε σχετικά με τις επιδράσεις της υδατικής καταπόνησης στη φωτοσύνθεση της αμπέλου, την απόδοση και την ποιότητα, διατηρώντας τις παραμέτρους σε αυτές τις κυμαινόμενες τιμές μπορούμε να εξασφαλίσουμε τη βέλτιστη χρήση του νερού και τη μέγιστη δυνατή απόδοση της καλλιέργειας της αμπέλου και άρα :

- 1) Μέγιστη αποτελεσματική χρήση νερού.
- 2) Άμεση επανάκαμψη της φωτοσυνθετικής λειτουργίας κατά την επανάρδευση.
- 3) Σχετικά σταθερές στρεμματικές αποδόσεις και διατήρηση των βέλτιστων χαρακτηριστικών των σταφυλιών (Cifre *et al.*, 2005).

6.2 Μέθοδος μερικής ξήρανσης του ριζικού συστήματος (Partial Root Zone Drying - PRD)

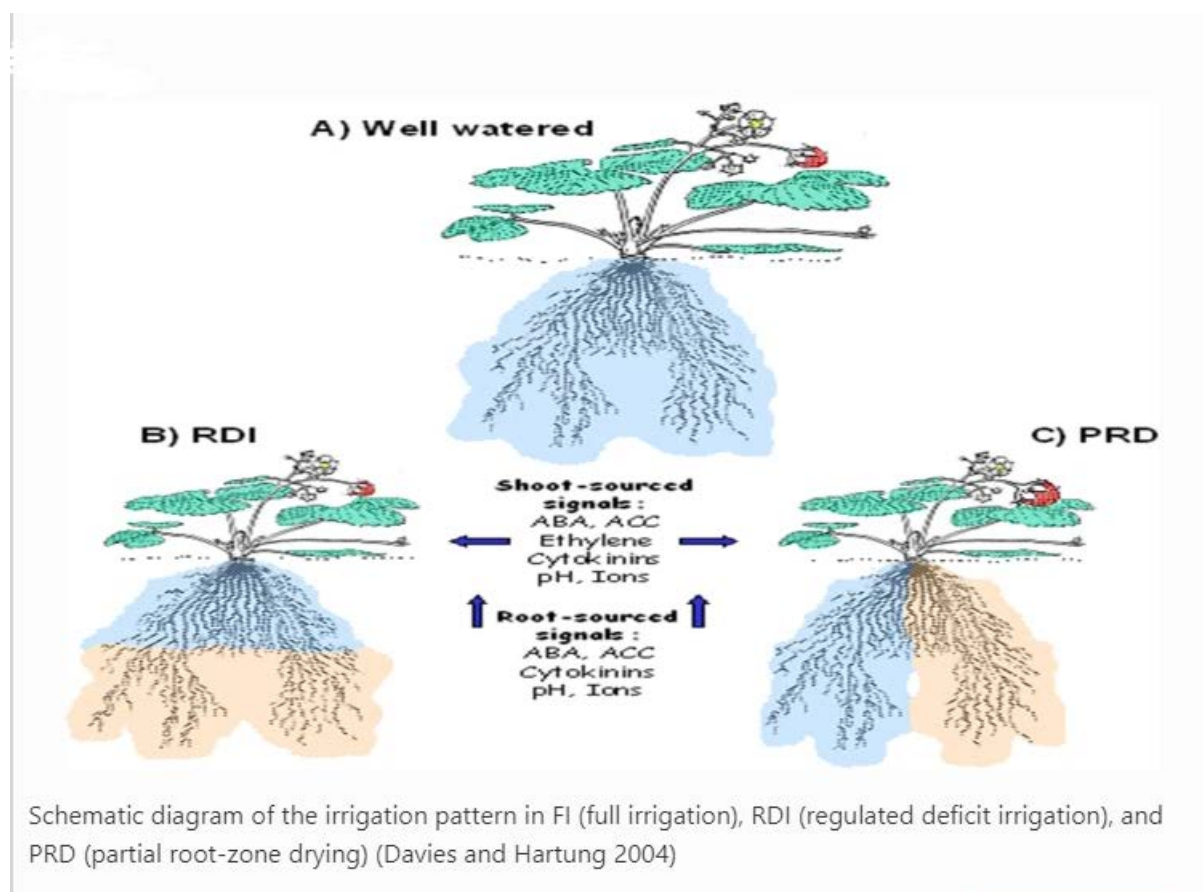
Η μέθοδος της μερικής ξήρανσης του ριζικού συστήματος (Partial Root Zone Drying - PRD) είναι μια προσαρμοσμένη προσέγγιση στο σύστημα άρδευσης. Κατά τη διάρκεια κάθε περιόδου άρδευσης, εστιάζουμε την παροχή νερού σε μία πλευρά των ριζών του φυτού, ενώ αφήνουμε την άλλη πλευρά να παραμείνει ξηρή για την επόμενη περίοδο. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνουμε την απορρόφηση νερού από το μέρος των ριζών που δέχεται άρδευση, ενώ το άλλο μέρος των ριζών αναπτύσσεται σε συνθήκες ξηρασίας. Σε κάθε χρονική στιγμή, το ένα μέρος του ριζικού συστήματος βρίσκεται υπό συνθήκες επάρκειας νερού ενώ το άλλο υπό συνθήκες έλλειψης νερού. Η στρατηγική αυτή επιτρέπει την αποδοτική χρήση του νερού και παρέχει την απαραίτητη υγρασία για την ανάπτυξη των φυτών. (Ahmad et al. 2020; Rashid et al. 2019; Ahmadi et al. 2010).

Βασίζεται στην ιδέα ότι η ρίζα υπό υδατική καταπόνηση παράγει ορμονικά σήματα, κυρίως αφισικό οξύ (ABA), το οποίο κλείνει τα στόματα και αναστέλλει την ανάπτυξη της φυτικής μάζας (Bravdo, 2004). Η υγρή πλευρά του ριζικού συστήματος παρέχει αρκετή υγρασία στο φυτό, ενώ το άλλο μισό που στεγνώνει βοηθά στη μείωση της στοματικής αγωγιμότητας. Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται μια διπλή γραμμή άρδευσης που ελέγχεται ξεχωριστά και επιτρέπει έτσι την άρδευση του μισού ριζικού συστήματος αφήνοντας το άλλο μισό να στεγνώσει σε έναν κύκλο και την αλλαγή των πλευρών για ύγρανση και ξήρανση στον επόμενο κύκλο. Αυτή η τεχνική μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση των προκλήσεων που συνδέονται με τις αλλαγές του κλίματος και την επιδείνωση της παγκόσμιας λειψυδρίας.

Παρόλο που η ελλειμματική άρδευση μερικής ξήρανσης μπορεί να φανεί υποσχόμενη, πρέπει να γίνεται με προσοχή και με επαρκή επίβλεψη. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η απώλεια του νερού από τα φυτά συνδέεται άμεσα με τη στοματική αγωγιμότητα και όχι τόσο με τη φωτοσύνθεση, η βελτίωση της αποδοτικότητας χρήσης του νερού (WUE) μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση της απώλειας νερού από τα φυτά. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της βλαστικής ανάπτυξης των φυτών και, κατ' επέκταση, σε αλλαγές στην αρχιτεκτονική του φυτοκαλύμματος. Ωστόσο, αυτή η αλλαγή μπορεί να βελτιώσει το φωτεινό μικρόκλιμα και την ποιότητα των καρπών, καθιστώντας τη βελτίωση της WUE επιθυμητή για τους καλλιεργητές (Chaves *et al.*, 2010). Έτσι θεωρητικά, οι ρίζες των φυτών που βρίσκονται στην περιοχή που παρέχεται άρδευση θα διατηρήσουν ευνοϊκές σχέσεις με το νερό, ενώ η έλλειψη υδροδότησης θα οδηγήσει σε αφυδάτωση του εδάφους και χημική

σήμανση που θα φθάσει στα φύλλα μέσω του ανοδικού ρεύματος της αναπνοής, μειώνοντας τη στοματική αγωγιμότητα και προκαλώντας αναστολή της ανάπτυξης (Stoll M.,2000). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού.

Η μέθοδος ελλειμματικής άρδευσης μπορεί να έχει θετικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των ριζών των φυτών. Το ένα μισό μέρος του ριζικού συστήματος υποβάλλεται σε έλλειψη νερού, η οποία οδηγεί σε μεταφορά χημικών ουσιών στις ξηραμένες ρίζες. Αυτές οι ουσίες μεταφέρονται στα φύλλα με το ανοδικό ρεύμα της διαπνοής, προκαλώντας το κλείσιμο των στοματίων και μειώνοντας τις απώλειες νερού μέσω της διαπνοής. Η μείωση αυτών των απωλειών επιτρέπει στα φυτά να επιβιώνουν και να αναπτύσσονται σε πιο ξηρές περιοχές. Ταυτόχρονα, η άρδευση με ελλείμματα νερού ενισχύει την ανάπτυξη των ριζών στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους, καθιστώντας τα φυτά πιο ανθεκτικά στην ξηρασία και τις ακραίες καιρικές συνθήκες (Dry, 2001). Κάποιες ποικιλίες φυτών είναι περισσότερο ευαίσθητες στην ξηρασία και μπορούν να αποκτήσουν καλύτερα αποτελέσματα κατά την ελλειμματική άρδευσης μερικής ξήρανσης του ριζικού συστήματος.



ΕΙΚΟΝΑ 6.2 Σχηματικό διάγραμμα του σχεδίου άρδευσης σε πλήρης άρδευση (FI), RDI (ρυθμιζόμενη ελλειμματική άρδευση) και PRD (μερική ξήρανση ριζικής ζώνης), (Davies and Hartung 2004)

Ο τύπος του εδάφους που χρησιμοποιείται, επίσης επηρεάζει τη διανομή του νερού στην περιοχή των ριζών και θα επηρεάσει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου PRD. Ορισμένοι επιστήμονες επισημαίνουν ότι η μέθοδος PRD μπορεί να μην είναι αποτελεσματική εάν το εδαφικό υλικό ευνοεί την εξάπλωση του αρδευτικού νερού σε οριζόντια διεύθυνση, ή εάν χρησιμοποιηθεί ανεπαρκής ποσότητα νερού κατά τη διάρκεια της αλλαγής της μεθόδου αρδευτικής στρατηγικής (Πατάκας, 2009). Για να επιτευχθεί η επιτυχημένη εφαρμογή αυτού του συστήματος άρδευσης, απαιτείται καταρχάς η ύπαρξη δύο διακριτών και ισοδύναμων τμημάτων του ριζικού συστήματος σε κάθε πρέμνο . Ο πειραματικός καθορισμός του άριστου χρονικού διαστήματος για την εναλλαγή της άρδευσης μεταξύ του αρδευόμενου και του μη αρδευόμενου τμήματος είναι απαραίτητος. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η εφαρμογή αυτού του συστήματος άρδευσης μπορεί να καθυστερήσει σε ήδη αρδευόμενους με την κλασική μέθοδο αμπελώνες, κυρίως λόγω της διαφορετικής, σε σχέση με την επιθυμητή, δομής του ριζικού συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι η εμφάνιση θετικών αποτελεσμάτων από αυτό τον τρόπο άρδευσης μπορεί να απαιτήσει περαιτέρω προσαρμογή και βελτιστοποίηση.

Για να επιτύχουμε την επιθυμητή δομή του ριζικού συστήματος σε νέους αμπελώνες, είναι συνιστάμενη η εφαρμογή της μεθόδου PRD από την αρχή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εγκατάστασης κατάλληλου συστήματος άρδευσης, που θα επιτρέπει τη διαμόρφωση της επιθυμητής δομής του ριζικού συστήματος. Όμως, πρέπει να ληφθεί υπόψη το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην άρδευση και την ξήρανση του εδάφους. Αν αυτό το διάστημα είναι πολύ σύντομο, η ποσότητα των χημικών ουσιών στο ξηρό τμήμα της ρίζας ενδέχεται να μην είναι αρκετή για να επιτρέψει το κλείσιμο μερικών στοματίων . Αντίθετα, αν το διάστημα είναι πολύ μεγάλο, η έκθεση τμήματος του ριζικού συστήματος σε συνθήκες έντονης ξηρασίας μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών (Σταυρακάκης,2013).

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η βελτίωση της απόδοσης του νερού στην αμπελουργία είναι κρίσιμη για την βιωσιμότητα του κλάδου εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής και των έντονων φαινομένων με αύξηση της θερμοκρασίας και έντονες περιόδους ξηρασίας. Η αύξηση αυτών των ακραίων φαινομένων καθιστούν πλέον την άρδευση στην καλλιέργεια της αμπέλου απαραίτητη στις περισσότερες περιπτώσεις. Αυτή λοιπόν η ανάγκη για άρδευση καθιστά αναγκαία τη σωστή διαχείριση του ύδατος για να έχουμε βιωσιμότητα της καλλιέργειας.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να επιτευχθεί η βιώσιμη χρήση του νερού. Κάποιοι από αυτούς είναι αρκετά οικονομικοί αλλά και αποτελεσματικοί. Μπορούμε για παράδειγμα να χρησιμοποιήσουμε άχυρο για εδαφοκάλυψη με σκοπό να διατηρηθεί η υγρασία στο εσωτερικό του εδάφους, να μην εξατμιστεί το νερό και να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί από τα αμπέλια. Ένας άλλος τρόπος εξίσου οικονομικός είναι το να χρησιμοποιήσουμε προστατευτικές καλλιέργειες (cover crops) οι οποίες θα εμπλουτίσουν το έδαφος μέσα από το οποίο η άμπελος μπορεί να τραβήξει τα απαραίτητα στοιχεία. Η ανακύκλωση του νερού με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση του για την παραγωγή κρασιού είναι πάρα πολύ σημαντική για διαδικασία για την βιώσιμη χρήση του. Η ανακύκλωση του νερού μπορεί να συμβεί μέσα από την επεξεργασία των λυμάτων ενός οινοποιείου και ο όγκος νερού που κερδίζεται προς επαναχρησιμοποίηση είναι αρκετά ικανοποιητικός. Αυτό το σύστημα ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης του γκρίζου νερού από τα οινοποιεία κυρίως σε ξηρές περιοχές μας δίνει την δυνατότητα να μην έχουμε τόσους περιορισμούς στη χρήση του κατά την οινοποίηση αλλά και την καλλιέργεια. Σημαντική βοήθεια προς το βήμα αυτό είναι η δράση του ερευνητικού προγράμματος HYDROUSA σε ελληνικά νησιά με πρόβλημα αυξημένων ξηρών περιόδων και πολύ αυξημένες θερμοκρασίες το καλοκαίρι, μέσα από το οποίο γίνεται επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού.

Άλλες σημαντικές στρατηγικές βελτίωσης της απόδοσης χρήσης νερού είναι η χρήση συστημάτων έξυπνης η ακριβούς γεωργίας. Αυτά τα συστήματα μας δίνουν την δυνατότητα της ζωντανής παρακολούθησης του χωραφιού και των αναγκών του δίνοντας την δυνατότητα στον αγρότη να κάνει παρεμβάσεις ακριβώς όταν χρειάζεται και διασφαλίζοντας πως οι σπατάλες θα είναι πολύ περιορισμένες. Το αρνητικό σημείο ενός τέτοιου συστήματος καλλιέργειας είναι το υψηλό κόστος της εγκατάστασης των διάφορων αισθητήρων μέτρησης και συστημάτων γεωγραφικού εντοπισμού (GPS) καθώς και η συντήρηση αυτών. Σημαντικό όφελος μέσα από την χρήση τέτοιων συστημάτων είναι ο προγραμματισμός της άρδευσης σε πραγματικό χρόνο και η πολύ συγκεκριμένη ποσότητα νερού που θα χρησιμοποιηθεί

αποφεύγοντας έτσι τις τυχούσες σπάταλες αλλά και διατηρώντας την υγρασία στο χωράφι πάντα όσο χρειάζεται έχοντας συνεπώς έχει άμεση επίδραση στην αποδοτικότητα της χρήσης του νερού.

Σημαντική είναι επίσης η εφαρμογή συγκεκριμένων στρατηγικών άρδευσης όπως για παράδειγμα η τεχνική της ρυθμιζόμενης ελλειμματικής άρδευσης (RDI) η οποία αποσκοπεί στο να διατηρήσει τα φυτά σε μια ελαφρώς ελλειμματική κατάσταση κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων φάσεων της καλλιεργητικής περιόδου τους. Με αυτόν τον τρόπο, η μέθοδος αυτή ελέγχει την αναπαραγωγική ανάπτυξη και εξέλιξη, τη βλαστική ανάπτυξη και βελτιώνει την αποδοτικότητα χρήσης νερού. Άλλη στρατηγική άρδευσης η οποία βοηθάει πάρα πολύ τη διαχείριση της βιώσιμης χρήσης του νερού είναι η μερική ξήρανση του ριζικού συστήματος (PRD). Η μέθοδος της μερικής ξήρανσης του ριζικού συστήματος είναι μια τεχνική άρδευσης που αναπτύχθηκε με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης των φυτών και της οικονομίας νερού. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή τεχνική άρδευσης, όπου το ριζικό σύστημα των φυτών αρδεύεται ολόκληρο, η PRD χρησιμοποιεί δύο τμήματα του ριζικού συστήματος και εναλλάσσει την άρδευση ανάμεσα σε αυτά τα δύο τμήματα. Σε κάθε χρονική στιγμή, το ένα μέρος του ριζικού συστήματος βρίσκεται υπό συνθήκες επάρκειας νερού, ενώ το άλλο υπό συνθήκες έλλειψης νερού. Μπορεί να συμβάλει στη μείωση της κατανάλωσης νερού, καθώς χρησιμοποιείται μόνο το μισό ποσό από το συνολικό ύδατος που απαιτείται συνήθως για την άρδευση των φυτών. Επιπλέον, μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα των καρπών, όπως στην περίπτωση των σταφυλιών, καθώς η ξηρασία ενός μέρους του ριζικού συστήματος επιδρά θετικά στην ανάπτυξη των φυτών και στη σύνθεσή τους.

Τέλος η διαδικασία επιλογής του καταλλήλου υποκειμένου ανάλογα με την περιοχή και το κλίμα μπορεί να βοηθήσει έτσι ώστε αργότερα να αποφευχθούν πολλά πιθανά προβλήματα που συνδέονται γενικά με την καλλιέργεια. Η λύση για μια πιο βιώσιμη χρήση του νερού όπως καταλαβαίνουμε τελικά είναι ο συνδυασμός πολλών στρατηγικών και τεχνικών αλλά και μια γενική παιδεία που πρέπει να έχουν οι αμπελουργοί προς αυτή την κατεύθυνση.

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agnew RH, Mundy DC, Spiers TM (2002) Mulch for sustainable production. Booklet produced for Marlborough District Council, Christchurch
- Agnew RH, Mundy DC, Spiers TM, Greven MM (2005) Waste stream utilization for sustainable viticulture. *Water Sci Technol* 51:1–8
- Ahmad S, Raza MAS, Saleem MF, Zaheer MS, Iqbal R, Haider I, Aslam MU, Ali M, Khan IH (2020) Significance of partial root zone drying and mulches for water saving and weed suppression in wheat. *J.Anim.Plant.Sci.* 30:154–162
- Ahmadi SH, Andersen MN, Plauborg F, Poulsen RT, Jensen CR, Sepaskhah AR, Hansen S (2010) Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Gas exchange and xylem [ABA]. *Agric Water Manag* 97:1486–1494
- Alsina MM, De Herralde F, Aranda X, Save R, Biel C (2007) Water relations and vulnerability to embolism are not related: experiments with eight grapevine cultivars. *Vitis* 46:1–6
- Angelakis A.N., M.H. F Marecos do Monte, L. Bontoux, T. Asano, 1999. The StatusOf Wastewater Reuse Practise in the Mediterranean Basin: Need for Guidelines”, *Water Research*, Volume 33, Pages 2201-2217
- Bota J, Flexas J, Medrano H (2001) Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars. *Ann Appl Biol* 138:353–365
- Bravdo BA (2004) Physiological mechanisms involved in the production of non-hydraulic root signals by partial rootzone drying—a review. In: VII International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology 689, pp 267–276
- Bravdo BA, Hepner Y, Loinger C, Cohen S, Tabacman H (1985) Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of cabernet sauvignon. *Am J Enol Viticult* 36:132–139
- Buckerfield J, Webster K (2001) Responses to mulch continue: results from five years of field trials. *Aust NZ Grapegrow Winemak* 453:71–78
- Bwambale E, Abagale F K., Anornu G K. (2022) Smart irrigation monitoring and control strategies for improving water use efficiency in precision agriculture: A review. *Agricultural Water Management*, Volume 260, 107324
- Bwambale Erion, Felix K. Abagale,Geophrey K. Anornu, *Agricultural Water Management*,Elsevier, 2022
- Carbonneau A (1980) Recherche sur les systèmes de conduite de la vigne: essai de maîtrise du microclimat et de la plante entière pour produire économiquement du raisin de qualité. Dissertation, Université du Bordeaux II
- Celette F, Gaudin R, Gary C (2008) Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adoption of cover cropping. *Eur J Agron* 29:153–162. doi:10.1016/j.eja.2008.04.007
- Celette F, Wery J, Chantelot E, Celette J, Gary C (2005) Belowground interactions in a vine (*Vitis vinifera* L.)-tall fescue (*Festuca arundinacea* Shreb.) intercropping system: water relations and growth. *Plant Soil* 276:205–217. doi:10.1007/s11104-005-4415-5

- Chalmers DJ, Mitchell PD, Van Heek L (1981) Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. *J Am Soc Hortic Sci* 106:307–312
- Chaves MM, Santos TP, Souza CR, Ortuño MF, Rodrigues ML, Lopes CM, Maroco JP, Pereira JS (2007) Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Ann Appl Biol* 150:237–252. doi:10.1111/j.1744-7348.2006.00123.x
- Chaves MM, Zarrouk O, Francisco R, Costa JM, Santos T, Regalado AP, Rodrigues ML, Lopes CM (2010) Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Ann Bot* 105:661–676. doi:10.1093/aob/mcq030
- Cifre J, Bota J, Escalona JM, Medrano H, Flexas J (2005) Physiological tools for irrigation scheduling in grapevines: an open gate to improve water use efficiency? *Agric Ecosyst Environ* 106:159–170
- Clark A (2007) Managing cover crops profitably, 3rd edn. Sustainable Agriculture Network, Beltsville
- Collins MJ, Fuentes S, Edward Barlow E (2010) Partial rootzone drying and deficit irrigation increase stomatal sensitivity to vapour pressure deficit in anisohydric grapevines. *Funct Plant Biol* 37:128–138. doi:10.1071/FP09175
- Corso M & Bonghi C. (2014). Grapevine rootstock effects on abiotic stress tolerance. *Plant Science Today*. 1. 108-113. 10.14719/pst.2014.1.3.64.
- Costa JM, Ortuño MF, Chaves MM (2007) Deficit irrigation as strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. *J Integr Plant Biol* 49:1421–1434. doi:10.1111/j.1672-9072.2007.00556.x
- Davies WJ, Hartung W (2004) Has extrapolation from biochemistry to crop functioning worked to sustain plant production under water scarcity. In *Proceeding of the fourth International crop Science Congress* (Vol. 26, September).
- Davies WJ, Zhang J, Yang J, Dodd IC (2011) Novel crop science to improve yield and resource use efficiency in water-limited agriculture. *J Agric Sci* 149:123–131. doi:10.1017/S0021859610001115
- Deng XP, Shan L, Zhang H, Turner NC (2006) Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China. *Agric Water Manag* 80:23–40. doi:10.1016/j.agwat.2005.07.021
- Dokoozlian NK, Kliewer WM (1996) Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development. *J Am Soc Hortic Sci* 121:869–874
- Dry PR, Loveys BR (1998) Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. *Austr J Grape Wine Res* 4:140–148. doi:10.1111/j.1755-0238.1998.tb00143.x
- Dry PR, Loveys BR, Doring H (2000a) Partial drying of rootzone of grape. I. Transient changes in shoot growth and gas exchange. *Vitis* 39:3–7
- Dry PR, Loveys BR, McCarthy MG, Stoll M (2001) Strategic irrigation management in Australian vineyards 1. *Int Sci Vigne Vin* 35:129–139
- Emmanuel Abiodun Abioye, Mohammad Shukri Zainal Abidin, Mohd Saiful Azimi Mahmud, Salinda Buyamin, Mohamad Hafis Izran Ishak, Muhammad Khairie Idham Abd Rahman, Abdulrahman Okino Otuoze, Patrick Onotu, Muhammad Shahrul Azwan

- Ramli (2020). A review on monitoring and advanced control strategies for precision irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*. 173. 105441. 10.1016/j.compag.2020.105441
- ES&E Magazine (Winery Recycles 1.35 Million Gallons of Water with Napa Green-Certified Wastewater Treatment, June 2019).
- Esteban MA, Villanueva MJ, Lissarrague JR (2001) Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv Tempranillo (*Vitis vinifera* L) grape berries during ripening. *J Sci Food Agric* 81:409–420. doi:10.1002/1097-0010(200103)81:4<409::AID-JSFA830>3.0.CO;2-H
- Facelli JM, Pickett STA (1991) Plant litter: light interception and effects on an old-field plant community. *Ecol* 72:1024–1031. doi:10.2307/1940602
- Flexas J, Galmés J, Gallé A, Gulias J, Pou A, Ribas-Carbo M, Tomàs M, Medrano H (2010) Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Aust J Grape Wine Res* 16:106–121
- Folorunso OA, Rolston DE, Prichard PT, Loui DT (1992b) Soil surface strength and infiltration rate as affected by winter cover crops. *Soil Technol* 5:189–197. doi:10.1016/0933-3630(92)90021-R
- Folorunso OA, Rolston DE, Prichard PT, Louie DT (1992a) Cover crops lower soil surface strength, may improve soil permeability. *Calif Agric* 46:26–27
- Fourie JC (2011) Soil management in the Breede River Valley wine grape region, South Africa. 3. Grapevine performance. *S Afr J Enol Vitic* 32:60–70
- Fraga, H. Climate Change: A New Challenge for the Winemaking Sector. *Agronomy* 2020, 10 (10), 1465
- Gaudillère JP, Van Leeuwen C, Ollat N (2002) Carbon isotope composition of sugars in grapevine, and integrated indicator of vineyard water status. *J Exp Bot* 53:757–763. doi:10.1093/jexbot/53.369.757
- Geerts S, Raes N (2009) Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agric Water Manag* 96:1275–1284. doi:10.1016/j.agwat.2009.04.009
- Gregory PJ (2004) Agronomic approaches to increasing water use efficiency. In: Bacon MA (ed) *Water use efficiency in plant biology*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, pp 142–167
- Greven M, Green S, Neal S, Clothier B, Neal M, Dryden G, Davidson P (2005) Regulated deficit irrigation (RDI) to save water and improve Sauvignon Blanc quality? *Water Sci Technol* 51:9–17
- Guerra B, Steenwerth K (2012) Influence of floor management technique on grapevine growth, disease pressure, and juice and wine composition: a review. *Am J Enol Vitic* 63:149–164. doi:10.5344/ajev.2011.10001
- Gulick SH, Grimes DW, Goldhamer DA, Munk DS (1994) Cover-crop-enhanced water infiltration of a slowly permeable fine sandy loam. *Soil Sci Soc* 58:1539–1546. doi:10.2136/sssaj1994.03615995005800050038x
- Hartwig NL, Ammon HU (2002) Cover crops and living mulches. *Weed Sci* 50:688–699. doi:10.1614/0043-1745(2002)050%5B0688:AIACCA%5D2.0.CO;2

- Hartwig NL, Hoffman LD (1975) Suppression of perennial legume and grass cover crops for no-tillage corn. *Proc Northeast. Weed Sci Soc* 29:82–88
- Hatfield JL, Sauer TJ, Prueger JH (2001) Managing soils to achieve greater water use efficiency. *Agron J* 93:271–280. doi:10.2134/agronj2001.932271x
- Ingels CA, Scow KM, Whisson DA, Drenovsky RE (2005) Effects of cover crops on grapevines, yield, juice composition, soil microbial ecology, and gopher activity. *Am J Enol Viticult* 56:19–29
- Jalota SK, Khera R, Chahal SS (2001) Straw management and tillage effects on soil water storage under field conditions. *Soil Use Manag* 17:282–287. doi:10.1111/j.1475-2743.2001.tb00039.x
- Jones HG (2004) Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *J Exp Bot* 55:2427–2436. doi:10.1093/jxb/erh213
- Katerji N, Mastrorilli M, Ranab G (2008) Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: review and analysis. *Eur J Agron* 28:493–507. doi:10.1016/j.eja.2007.12.003
- Koech Richard, Philip Langat, 2018 1771; <https://doi.org/10.3390/w10121771> Improving Irrigation Water Use Efficiency: A Review of Advances, Challenges and Opportunities in the Australian Context
- Koundouras S, Tsialtas LT, Zioziou E, Nikolaou N (2008) Rootstock effects on the adaptive strategies of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon) under contrasting water status: leaf physiological and structural responses. *Agric Ecosyst Environ* 128:86–96. doi:10.1016/j.agee.2008.05.006
- Kurtural SK, Fidelibus MW (2021): Mechanization of Pruning, Canopy Management, and Harvest in Winegrape Vineyards, 2021 DOI: 10.5344/catalyst.2021.20011
- Laginestra M. (2016) Winery wastewater treatment and attaining sustainability, *Wine & Viticulture Journal* Issue 1
- Lopes CM, Santos TP, Monteiro A, Rodrigues M, Costa JM, Chaves MM (2011) Combining cover cropping with deficit irrigation in a Mediterranean low vigor vineyard. *Sci Hortic* 129:603–612. doi:10.1016/j.scienta.2011.04.033
- Loveys BR, Stoll M, Davies WJ (2004) Physiological approaches to enhance water use efficiency in agriculture: exploiting plant signaling in novel irrigation practice. In: Bacon M (ed) *Water use efficiency in plant biology*. Wiley-Blackwell, Oxford, pp 113–141
- Matthews MA, Ishii R, Anderson MM, O'Mahony M (1990) Dependence of wine sensory attributes on vine water status. *J Sci Food Agric* 51:321–335. doi:10.1002/jsfa.2740510305
- McCarthy MG (1997) The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.). *Austr J Grape Wine Res* 3:2–8. doi:10.1111/j.1755-0238.1997.tb00128.x
- McCarthy MG, Loveys BR, Dry PR (2002) Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. In: FAO (ed) *Deficit irrigation practices*. Water reports publication n. 22. FAO, Rome, pp 79–87
- Medrano H, Pou A, Tomás M, Martorell S, Gulias J, Flexas J, Escalona JM (2012) Average daily light interception determines leaf water use efficiency among different canopy

- locations in grapevine. *Agric Water Manag* 114:4–10.
doi:10.1016/j.agwat.2012.06.025
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S. et al. (2015) Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 499–517.
- Monteiro A, Lopes CM (2007) Influence of cover crop on water use and performance of vineyard in Mediterranean Portugal. *Agric Ecosyst Environ* 121:336–342.
doi:10.1016/j.agee.2006.11.016
- Morison JIL, Baker NR, Mullineaux PM, Davies WJ (2008) Improving water use in crop production. *Phil Trans R Soc B* 363:639–658. doi:10.1098/rstb.2007.2175
- Morlat R (1987) Effects of different soil cultivation practices on the water consumption of grapevine and agronomic consequences. *Agronomie* 7:183–191
- Némethy L (2004) Alternative soil management for sandy vineyards. *Acta Hortic* 640:119–125
- Nguyen TT, Fuentes S, Marschener P (2013) Effect of incorporated or mulched compost on leaf nutrient concentrations and performance for *Vitis vinifera* cv. Merlot *J Soil Sci Plant Nutr* 13:485–497. doi:10.4067/S0718-95162013005000038
- Pinamonti F (1998) Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. *Nutr Cycl Agroecosyst* 51:239–248.
- Pou A, Flexas J, Alsina MM, Bota J, Carambula C, De Herralde F, Galmés J, Lovisolo C, Jiménez M, Ribas-Carbo M, Rusjan D, Secchi F, Tomàs M, Zsófi Z, Medrano H (2008) Adjustments of water-use efficiency by stomatal regulation during drought and recovery in the drought-adapted *Vitis* hybrid Richter-110 (*V. berlandieri* x *V. rupestris*). *Physiol Plant* 134:313–323. doi:10.1111/j.1399-3054.2008.01138.x
- Pou A, Gulías J, Moreno MM, Tomás M, Medrano H, Cifre J (2011) Cover cropping in " *Vitis vinifera*" L. cv. Manto negro vineyards under Mediterranean conditions: effects on plant vigour, yield and grape quality. *J Int Sci Vigne Vin* 45:223–234
- Prieto JA (2011) Simulation of photosynthesis and transpiration within grapevine (*Vitis vinifera* L.) canopies on a 3D architectural model application to training system evaluation. Dissertation, Université Montpellier
- Rashid MA, Zhang X, Andersen MN, Olesen JE (2019) Can mulching of maize straw complement deficit irrigation to improve water use efficiency and productivity of winter wheat in North China Plain? *Agric Water Manag* 213:1–11
- Ripoche A, Metay A, Celette F, Gary C (2011) Changing the soil surface management in vineyards: immediate and delayed effects on the growth and yield of grapevine.
- Romero P, Gómez-Plaza E, Martínez A (2007) Is partial root-zone drying an effective irrigation technique to improve water use efficiency and fruit quality in field-grown wine grapes under semiarid conditions? *Agric Water Manag* 87:261–274.
doi:10.1016/j.agwat.2006.08.001
- Romero P, Muñoz R, Del Amor F, Valdes E, Fernández JI, Martínez-Cutillas A (2013) Regulated deficit irrigation based upon optimum water status improves phenolic composition in Monastrell grapes in wines. *Agric Water Manag* 121:85–101.
doi:10.1016/j.agwat.2013.01.007
- Romero P., Navarro JM, Ordaz PB, (2022), Towards a sustainable viticulture: The combination of deficit irrigation strategies and agroecological practices in

- Mediterranean vineyards. A review and update. *Agricultural Water Management* 259, 107216
- Ross OC (2010) Reflective mulch effects on the grapevine environment, Pinot noir vine performance, and juice and wine characteristics. Dissertation, Lincoln University
- Satisha J, Prakash GS, Venugopalan R (2006) Statistical modeling of the effect of physio-biochemical parameters on water use efficiency of grape varieties, rootstocks and their stionic combinations under moisture stress conditions. *Turk J Agric For* 30:261–271
- Schultz HR, Stoll M (2010) Some critical issues in environmental physiology of grapevines: future challenges and current limitations. *Aust J Grape Wine Res* 16:4–24. doi:10.1111/j.1755-0238.2009.00074.x
- Shanks LW, Moore DE, Sanders CE (1998) Soil erosion. In: Ingels CA, Bugg RL, McGourty GT, Christensen LP (eds) *Cover cropping in vineyards. A Grower's handbook*. Publication 3338. University of California, Oakland, pp 80–85
- Shaw DA, Pittenger DR, McMaster M (2005) Water Retention and evaporative properties of landscape mulches. Proc.26th Annl. Irrigation Show, Phoenix, AZ, Nov. 6–8, 2005, pp 134–144
- Steinmaus S, Elmore CL, Smith RJ, Donaldson D, Weber EA, Roncoroni JA, Miller PRM (2008) Mulched cover crops as an alternative to conventional weed management systems in vineyards. *Weed Res* 48:273–28. doi:10.1111/j.1365-3180.2008.00626.x
- Stoll M, Loveys B, Dry P (2000) Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevines. *J Exp Bot* 51:1627–1634. doi:10.1093/jexbot/51.350.1627
- Tarara JM, Perez-Peña JE, Schreiner RP, Keller M, Smithyman P (2011) Net carbon exchange in grapevine canopies responds rapidly to timing and extent of regulated deficit irrigation. *Funct Plant Biol* 38:386–400. doi:10.1071/FP10221
- Teasdale JR (1996) Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *J Prod Agric* 9:475–479. doi:10.2134/jpa1996.0475
- Thomson LJ, Hoffmann AA (2007) Effects of ground cover (straw and compost) on the abundance of natural enemies and soil macro invertebrates in vineyards. *Agric For Entomol* 9:173–179. doi:10.1111/j.1461-9563.2007.00322.x
- Tomás M, Medrano H, Brugnoli E, Escalona JM, Martorell S, Pou A, Ribas-Carbó M, Flexas J (2014a) Variability of mesophyll conductance in grapevine cultivars under water stress conditions in relation to leaf anatomy and water use efficiency. *Aust J Grape Wine Res* 20:272–280. doi:10.1111/ajgw.12069
- Tomás M, Medrano H, Escalona JM, Martorell S, Pou A, Ribas-Carbó M, Flexas J (2014b) Genetic variability in water use efficiency in grapevines. *Environ Exp Bot*
- Tomás M, Medrano H, Pou A, Escalona JM, Martorell S, Ribas-Carbó M, Flexas J (2012) Water use efficiency in grapevine cultivars grown under controlled conditions: effects of water stress at the leaf and whole plant level. *Aust J Grape Wine Res* 18:164–172. doi:10.1111/j.1755-0238.2012.00184.x
- Wheeler SJ, Black AS, Pickering GJ (2005) Vineyard floor management improves wine quality in highly vigorous *Vitis vinifera* ‘Cabernet Sauvignon’ in New Zealand. *N Z J Crop Hortic Sci* 33:317–328. doi:10.1080/01140671.2005.9514365

- Williams LE, Ayars JE (2005) Grapevine water use and the crop coefficient are linear functions of the shaded area measured beneath the canopy. *Agric For Meteorol* 132:201–211. doi:10.1016/j.agrformet.2005.07.010
- Williams LE, Matthews MA (1990) Grapevine. In: Stewart BJ, Nielsen DR (eds) *Irrigation of agricultural crops*. Agronomy monographs no. 30. ASA-CSSA-SSSA, Madison, pp 1019–1055
- Winkel T, Rambal S (1993) Influence of water stress on grapevines growing in the field from leaf to whole plant response. *Aust J Grape Wine Res* 20:143–157. doi:10.1071/PP9930143
- Winkler AJ, Cook JA, Kliewer WM, Lider LA (1974) *General viticulture*. University of California Press, Berkeley
- Zhang G, Wang S, Li L, Inoue M, Xiang J, Qiu G, Jin W (2014) Effects of mulching and sub-surface irrigation on vine growth, berry sugar content and water use of grapevines. *Agric Water Manag* 143:1–8. doi:10.1016/j.agwat.2014.05.015
- Zhang J, Schurr U, Davies WJ (1987) Control of stomatal behaviour by abscisic acid which apparently originates in roots. *J Exp Bot* 38:1174–1181. doi:10.1093/jxb/38.7.1174
- Ανδρέου, 2012. Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων σε Ευρωπαϊκό και Διεθνές επίπεδο. Υπάρχουσα νομοθεσία στη χώρα μας, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανολογίας
- Καλαβρουζιώτης, 2008. Επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων σε εδάφη και άρδευση στη γεωργία. Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Καραμπουρνιώτης Γεώργιος, 2003. Φυσιολογία καταπονήσεων των φυτών. Εκδόσεις έμβρυο
- Καραχάλιος Δ., 2018, ‘Ολοκληρωμένη Διαχείριση Αποβλήτων Οινοποιείων’, Διπλωματική εργασία, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας
- Κουνδουράς Στέφανος, 2010. Σημειώσεις Αμπελουργίας. Εργαστήριο αμπελουργίας Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Λάζογλου, Γεωργία Κ..2018 Περιοχική μελέτη επίδρασης των κλιματικών αλλαγών στην Ελληνική αμπελουργία. Προ/Μεταπτυχιακές Διατριβές στη Βιβλιοθήκη Θεόφραστος του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. Διαθέσιμο από: <<http://geolib.geo.auth.gr/index.php/grelit/article/view/12107>>.
- Λιάπης Αργυρίου 2008, Ορθολογική διαχείριση του αρδευτικού νερού, μεταπτυχιακή διατριβή.
- Πανώρας Α.Γ. Χατζηαθανασίου Α.Μ. Τόπης Χ.Γ 1994β,Είδος φθορών και κόστος συντήρησης δικτύων άρδευσης με σταγόνες. Γεωπονικά., ISSN 0367-5009
- Πατάκας Α., 2009. Αριστοποίηση χρήσης νερού σε αμπελώνα. Πρακτικά 23ου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών-Τεύχος Α.
- Ρουμπελάκη-Αγγελάκη Καλλιόπη, 2011. Φυσιολογία Φυτών. Από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- Σταυρακάκης Μανώλης Ν., 2013. Αμπελουργία. Εκδόσεις Τροπή
- Τερζίδης, Γ., Παπαζαφειρίου Ζ., 1997. Γεωργική Υδραυλική. Εκδόσεις Ζήτη

Τσιλιάνος Δημήτριος Γ., Υποκείμενα Αμπέλου, Σημειώσεις Εργαστηρίου Αμπελουργίας
Τμήμα Γεωπονίας, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Φούντας Σπύρος, Θεοφάνης Γέμτος, Γεωργία Ακριβείας, Σύνδεσμος Ελληνικών
ακαδημαϊκών βιβλιοθηκών, 2015, ISBN: 978-960-603-135-9

Χρυσανθοπούλου Π., 2018. Επαναχρησιμοποίηση νερού: Αποδοχή απο το κοινό και από
διάφορες κοινωνικές και επαγγελματικές ομάδες. Ανοικτό Πανεπιστήμιο