



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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Υδατική διαθεσιμότητα και ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά
της ράγας σε ερυθρές οινοποιήσιμες ποικιλίες αμπέλου (*Vitis
vinifera* L.).

Μπαλάσκα Κωνσταντίνα Μαρία

ΑΜ: 18685058

Επιβλέπων/-ουσα
Όνοματεπώνυμο:

Θεοδώρου Νικόλαος

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ – 2023



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

BACHELOR THESIS

**Water availability and some qualitative berry characteristics in
red wine grape varieties (*Vitis vinifera* L.).**

Balaska Konstantina Maria

Registration Number: 18685058

**Supervisor
name and surname: Theodorou Nikolaos**

ATHENS, JULY – 2023



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

ΔΗΛΩΣΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη διπλωματική εργασία με τίτλο:
**«Υδατική διαθεσιμότητα και ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ράγας σε ερυθρές
οινοποιήσιμες ποικιλίες αμπέλου (Vitis vinifera L.).»**
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/-ουσα Μπαλάσκα Κωνσταντίνα Μαρία του Εμμανουήλ, με αριθμό μητρώου 18685058 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και 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».

*Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι 01/01/2024 και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή**

Ο/Η Δηλών/ούσα

Μπαλάσκα Κωνσταντίνα Μαρία

Όνοματεπώνυμο Επιβλέποντα Καθηγητή

Θεοδώρου Νικόλαος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η άμπελος είναι ένα φυτό με μακρά ιστορία, του οποίου η καλλιέργεια και η αξιοποίηση έχει απασχολήσει τον άνθρωπο εκτενώς μέχρι σήμερα. Πολλοί παράγοντες συμβάλουν είτε θετικά, είτε αρνητικά στο στόχο των οινοπαραγωγών, με την διαχείριση του αρδευτικού νερού να αποτελεί μια σημαντική παράμετρο. Οι κλιματολογικές μεταβολές των τελευταίων ετών έχουν προκαλέσει πολύ μεγάλα προβλήματα στην βιομηχανία του οίνου κυρίως, μέσω της υδατικής έλλειψης. Οι παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας σε συνδυασμό με την μείωση της συχνότητας των βροχοπτώσεων μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας της παραγωγής. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η επίδραση της υδατικής διαθεσιμότητας, τόσο στην αύξηση και ανάπτυξη της αμπέλου όσο και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ράγας. Η ήπια υδατική διαθεσιμότητα φαίνεται να αποτελεί μια αποτελεσματική στρατηγική για τις ερυθρές ποικιλίες, οδηγώντας σε περιορισμό της βλαστικής αύξησης και επομένως της βελτίωσης του μικροκλίματος αλλά και της τροφοδοσίας των ραγών σε δευτερογενείς μεταβολίτες. Επιπρόσθετα η υδατική έλλειψη φαίνεται να επιδρά θετικά στους βιοσυνθετικούς κύκλους σημαντικών ποιοτικών χαρακτηριστικών της παραγωγής. Παρόλα αυτά διαπιστώνετε πως η πεποίθηση της απουσίας νερού κατά τα κρίσιμα στάδια του ετήσιου βιολογικού κύκλου της αμπέλου αμφισβητείται, με αποτέλεσμα η διαχείριση του νερού να αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για την αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, που χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση σε πλήθος κλιματικών συνθηκών και ποικιλιών.

Λέξεις κλειδιά: Άμπελος, φωτοσύνθεση, διαπνοή, στοματική αγωγιμότητα, αποτελεσματικότητα χρήσης νερού, άρδευση, υδατικό στρες, κλιματική αλλαγή, φυσιολογία.

ABSTRACT

Grapevine is a plant with a long history, whose cultivation and utilization has occupied man extensively until today. Many factors contribute either positively or negatively to the objective of wine producers, with irrigation water management being an important parameter. The climatic changes of recent years have caused very serious problems for the wine industry, mainly through water scarcity. Prolonged periods of drought combined with a reduction in the frequency of rainfall can adversely affect the physiological functions of plants, resulting in deterioration in both qualitative and quantitative of grapes. In the present study, the effect of water availability on both vine growth and development and vine quality characteristics is examined. Mild water availability seems to be an effective strategy for red varieties, leading to a limitation of vegetative growth and therefore an improvement of the microclimate and the supply of secondary metabolites in berries. In addition, water scarcity seems to have a positive effect on the biosynthetic cycles of important quality traits of the production. However, the belief of water absence during critical stages of the annual biological cycle of grapevines is challenged, making water management an important parameter to address the negative effects of climate change, which needs further investigation in a multitude of climatic conditions and varieties.

Keywords: Vine, photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, water use efficiency, irrigation, water stress, climate change, physiology.

Πίνακας Περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	i
ABSTRACT	ii
Κατάλογος Πινάκων	v
Κατάλογος Σχημάτων	vi
Κατάλογος Εικόνων	viii
Συνοτμεύσεις, ακρωνύμια, σύμβολα και ορισμοί	ix
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	1
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.2 ΣΚΟΠΟΣ	3
2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	4
2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ	4
2.2 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ	7
2.2.1 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ	10
2.2.2 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΣΤΟΜΑΤΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	20
2.2.3 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΔΙΑΠΝΟΗ	29
2.2.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	32
2.2.5 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ Ψ.....	34
2.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΑΜΠΕΛΩΝΑΣ	42
2.4 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΡΑΓΑΣ	50
2.4.1 ΣΤΑΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ.....	50
2.4.2 ΥΔΑΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΟΞΥΤΗΤΑ.....	55
2.4.3 ΥΔΑΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΑΚΧΑΡΑ.....	60
2.4.4 ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΝΕΡΟ.....	63
2.4.5 ΥΔΑΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ	70
2.4.6 ΥΔΑΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΣ ΡΑΓΑΣ.....	73
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ	75

3.1	ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΡΥΘΡΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	75
3.1.1	ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ	86
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	99
	Ηλεκτρονικές Πηγές.....	101
	Βιβλιογραφικές Πηγές.....	104
	Παράρτημα Α: Ποικιλίες υδατική διαθεσιμότητα και επιπτώσεις.....	117

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Αναμενόμενες τιμές υδατικού δυναμικού Ψ για διάφορες περιπτώσεις υδατικής διαθεσιμότητας.

Πίνακας 2. Συνοπτική παρουσίαση των επιπτώσεων της άρδευσης ανά ποικιλία.

Πίνακας 3. Τεχνικές άρδευσης και επιρροή των χαρακτηριστικών ποιότητας και φυσιολογίας.

Κατάλογος Σχημάτων

- Σχήμα 1. Στοιχειομετρική αντίδραση φωτοσύνθεσης
- Σχήμα 2. Κύκλος Γλυκόλυσης και Γλυκονεογένεσης
- Σχήμα 3. Κύκλος Calvin ενδιάμεσα προϊόντα
- Σχήμα 4. Κύκλος Calvin (διπλή στοιχειομετρία)
- Σχήμα 5. Στοιχειομετρία κύκλου Calvin
- Σχήμα 6. Στάδιο σύνθεσης του αμύλου
- Σχήμα 7. Στάδια παραγωγής της Σουκρόζης
- Σχήμα 8. Η πορεία των σκοτεινών αντιδράσεων
- Σχήμα 9. Οδός για φυτά C3
- Σχήμα 10. Οδός για φυτά C4
- Σχήμα 11. Οδός για φυτά CAM
- Σχήμα 12. Στομάτια φύλλων
- Σχήμα 13. Στομάτια φύλλων
- Σχήμα 14. Δομή ενός φύλλου φυτού και ονομασία διαφόρων οργάνων
- Σχήμα 15. Εικόνα ανοιχτού και κλειστού στοματίου
- Σχήμα 16. Άλλες ενώσεις που μαζί με το ABA προκαλούν το κλείσιμο των στοματίων υπό στρες
- Σχήμα 17. Αυτόνομες ενώσεις που σηματοδοτούν το κλείσιμο των στοματίων
- Σχήμα 18. Διάγραμμα αλληλεπίδρασης H_2O_2 , K^+ , Ca^{2+} και στοματική ανταπόκριση
- Σχήμα 19. Ανταπόκριση των στοματίων στο περιβάλλον τους
- Σχήμα 20. Απεικόνιση τεσσάρων υποθέσεων
- Σχήμα 21. Διάφορες περιπτώσεις διαπνοής υπό υδατικό στρες, θερμικό ή συνδυαστικά
- Σχήμα 22. Διάφορα επίπεδα μέτρησης της AXN. Τα βέλη εκφράζουν την δυσκολία μετάβασης από το επίπεδο του φύλλου, στον υπόλοιπο φυτού
- Σχήμα 23. Η μέθοδος του θαλάμου πίεσης για υπολογισμό του Ψ
- Σχήμα 24. Αναπαράσταση μέτρησης του υδατικού δυναμικού φυτικού ιστού μέσω ισοπιεστικής ψυχομετρίας
- Σχήμα 25. Λειτουργία κρυοσκοπικού ωσμωμέτρου
- Σχήμα 26. Απεικόνιση εισχώρησης του σωλήνα στο φυτικό κύτταρο
- Σχήμα 27. Η πίεση σπαργής εντός του κυττάρου εξαρτάται από το διάλυμα στο οποίο βυθίζεται
- Σχήμα 28. Δομές τρυγικού οξέος

- Σχήμα 29 . Δομές μηλικού οξέος
- Σχήμα 30. Δομή του κιτρικού οξέος
- Σχήμα 31. Το πυροσταφυλικό οξύ στην πορεία παραγωγής αιθανόλης
- Σχήμα 32. Δομή του ηλεκτρικού οξέος
- Σχήμα 33. Δομή του γαλακτικού οξέος
- Σχήμα 34. Δομές δισακχαριτών
- Σχήμα 35. Δομές σακχάρων
- Σχήμα 36. Ταξινόμηση των φαινολικών ενώσεων με βάση τα άτομα άνθρακα. Δεν απεικονίζονται οι καρβοξυλομάδες.
- Σχήμα 37. Μονοπάτι των φωσφορικών πεντοζών, του σικιμικού οξέος και των φαινολοπροπανοειδών
- Σχήμα 38. Αντίδραση φωσφο-ενολο-πυροσταφυλικό εστέρα (PEP) με 4-φωσφορική ερυθρόζη
- Σχήμα 39. Μονοπάτι φαινολοπροπανοειδών
- Σχήμα 40. AXN Καλλιέργειας (απόδοση/μονάδα νερού άρδευσης) και Ενδογενής AXN (A/g) για την ποικιλία Tempranillo κάτω από τέσσερις τεχνικές άρδευσης: FI-100%ET ,NI-Καμία άρδευση, PRD-Μερική ξήρανση ριζικού με 50%ET ανά μεριά και DI-50%ET σε όλο το ριζικό
- Σχήμα 41. Gs- Στοματική αγωγιμότητα, AN/PN-Καθαρή φωτοσύνθεση, Ci-Εσωτερική συγκέντρωση CO₂ για την ποικιλία Sangiovese. Προκλήθηκε υδατικό στρες και έγινε ξανά άρδευση για δύο κύκλους (C-vines). Μάρτυρας (T-vines)
- Σχήμα 42. Μεταβολές του Ψ, της AN, της gs, της WUEi και του ABA για τις ποικιλίες Sangiovese και Monperulciano υπό υδατικό στρες
- Σχήμα 43. Σχέση μεταξύ A και gs. Υποδεικνύεται το σημείο όπου η AN μειώνεται απότομα λόγω υδατικού στρες
- Σχήμα 44. Αλληλεπίδραση διαπνοής (E) και στοματικής αγωγιμότητας (gs). Οι μετρήσεις έγιναν στις 9:00πμ Ανατολικά και 15:00 Δυτικά
- Σχήμα 45. Αλληλεπίδραση Φωτοσύνθεσης (A) με την Στοματική αγωγιμότητα (gs). Οι μετρήσεις έγιναν στις 9:00πμ Ανατολικά και 15:00 Δυτικά
- Σχήμα 46. Σχέση του Ψ_{stem} και του δ¹³C
- Σχήμα 47. Αλλαγές στην φωτοσύνθεση, στοματική αγωγιμότητα και στο υδατικό δυναμικό φύλλου για αμπέλια Syrah, Grenache υπό υδατικό στρες

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων με θάλαμο πίεσης. Όταν η σταγόνα είναι ορατή, η μέτρηση τελειώνει και λαμβάνεται η πίεση

Εικόνα 2: Στάγδην άρδευση

Εικόνα 3: Αμπελώνας με σύστημα στάγδην άρδευσης

Εικόνα 4. Κατάκλιση αμπελώνα την χειμερινή περίοδο στη Lujan de Cuyo, Αργεντινή

Εικόνα 5. Άρδευση αμπελιών με ψεκασμό στη Mendoza, Αργεντινή

Εικόνα 6. Αμπελώνας του οινοποιείου Weingut Robert König

Εικόνα 7. Αμπελώνες στις πλαγιές του Ρήνου

Εικόνα 8. Αμπελώνες στην Κοιλιάδα της Νάπα

Εικόνα 9. Φαινολογικά στάδια αμπέλου

Συντομεύσεις, ακρωνύμια, σύμβολα και ορισμοί

Ψ , psi Υδατικό Δυναμικό-Water Potential

Ψ_{pd} Predawn Water Potential

Ψ_{md} Midday Water Potential

Gs Στοματική Αγωγιμότητα

A Φωτοσύνθεση

E Διαπνοή

AXN-WUE Αποτελεσματικότητα Χρήσης Νερού-Water Use Efficiency

WUEi Intrinsic WUE- Ενδογενής AXN, A/gs

EWS Extreme Water Stress

TSS-O.Δ.Σ Total Soluble Solids-Ολικά Διαλυμένα Στερεά

A_N Αφομοίωση CO₂

MDA Μηλονοδιαλδεΐδη

SOD Δισμουτάση υπεροξειδίου

CAT Καταλάση

H₂O₂ Υπεροξείδιο του Υδρογόνου

T Temperature- Θερμοκρασία

ET Εξατμισοδιαπνοή

PRD Partial Root-zone Drying

DI Deficit Irrigation

FI Full Irrigation

NI No Irrigation

RDI Regulated Deficit Irrigation

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η άμπελος είναι ένα φυτό με εξαιρετική δυνατότητα προσαρμογής σε ποικιλία κλιμάτων, είτε ήπιων, είτε αντίξωων, όπου επικρατούν διάφορες συνθήκες. (Serra *et al*, 2014). Η κατανόηση των μηχανισμών προσαρμογής καθώς επίσης και της βιολογίας των φυτών της αμπέλου, έχει αποτελέσει αντικείμενο συζήτησης και εκτεταμένης μελέτης, με πολυάριθμες εργασίες να αφορούν την προσαρμογή και την λειτουργία των φυτών κάτω από διάφορες συνθήκες καλλιέργειας. Μία από τις σημαντικότερες γνώσεις που αποκομίστηκαν μέσω της έρευνας, είναι ο τρόπος με τον οποίο το φυτό ανταποκρίνεται (φυσιολογικά και βιοχημικά) σε διαφορετικές συνθήκες υδατικής διαθεσιμότητας.

Το νερό έχει ζωτική σημασία για τους περισσότερους οργανισμούς. Για την άμπελο, είναι απαραίτητο για την ομαλή ανάπτυξη καθώς, μέσω της απορρόφησης του από τη ρίζα μέχρι και την έξοδο από το φύλλο(με την μορφή υδρατμών), συμμετέχει σε μεγάλο αριθμό φυσιολογικών διεργασιών με αποτέλεσμα να αναφέρονται τόσο άμεσες όσο και έμμεσες επιδράσεις τόσο στην παραγωγή των φυτών ποσοτικά, όσο και ποιοτικά. Παρόλα αυτά, δεν είναι ξεκάθαρη πάντα η επίδρασή καθώς, οι διάφορες ποικιλίες δεν ανταποκρίνονται με τον ίδιο τρόπο, ενώ πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες όπως το έδαφος, η περιοχή, το κλίμα και οι εφαρμοζόμενες κάθε φορά καλλιεργητικές τεχνικές.

Με την κλιματική αλλαγή στο προσκήνιο και τα ετήσια δεδομένα σιγά σιγά να μεταβάλλονται, οι οινολόγοι καλούνται να βρουν τρόπο να προσαρμόζουν την παραγωγή στις εκάστοτε ανάγκες, ώστε να συνεχίζουν να λαμβάνουν ποιοτική πρώτη ύλη. Για να βρεθεί μία ουσιαστική λύση, η έρευνα στρέφεται γύρω από την προσαρμοστικότητα της αμπέλου και του μηχανισμού επιβίωσής της. Η αποκωδικοποίηση του τρόπου με τον οποίο το φυτό αντιπαρέρχεται τις αρνητικές επιπτώσεις της ξηρασίας, διαχειμάζει υπό ακραίες συνθήκες και αξιοποιεί το νερό, θα αποτελέσει τη βάση ενός σχεδίου ενάντια στην κλιματική αλλαγή. Ανάμεσα στις προσπάθειες εξομάλυνσης των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα καταδεικνύουν πως η διαχείριση του αρδευτικού νερού ενδέχεται να αποτελεί ένα άμεσο τρόπο αντιμετώπισης των αντίξωων συνθηκών που διαμορφώνονται. Κάθε ποικιλία έχει τη δική της ευαισθησία-αντοχή στην ξηρασία και διαφορετικές ανάγκες για νερό. Υπάρχουν ποικιλίες αμπέλου που αντέχουν σε έντονα ξηροθερμικές συνθήκες ενώ, άλλες προσαρμόζονται καλύτερα σε

συνθήκες με επάρκεια υγρασίας. Η προσαρμογή της υδατικής διαθεσιμότητας μέσω της άρδευσης σε κάθε περίπτωση, μπορεί να μετριάσει τις συνέπειες της καταπόνησης που δέχεται το φυτό λόγω των νέων συνθηκών και να «λύσει τα χέρια» των οινολόγων.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της εργασίας είναι να επεξηγήσει τους τρόπους με τους οποίους το νερό επηρεάζει την άμπελο, σε ποιές λειτουργίες εμπλέκεται, τι ρυθμίζει, ποιές βιοχημικές οδοί το αξιοποιούν και πώς ένα σωστό σύστημα άρδευσης μπορεί να προστατέψει την παραγωγή από τις μεταβολές του κλίματος και να δώσει τα απαιτούμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Το τελευταίο, θα επιτευχθεί με συγκέντρωση πολλών πληροφοριών από διαφορετικές έρευνες που έγιναν σε όλο τον κόσμο τα τελευταία χρόνια, σχετικές με ερυθρές οινοποιήσιμες ποικιλίες, κατηγοριοποίηση των αποτελεσμάτων για κάθε χαρακτηριστικό της ράγας σε πίνακες και διεξαγωγή συμπερασμάτων. Συνεπώς, η συγκεκριμένη εργασία θα λειτουργήσει ως ένα εργαλείο για την κατανόηση των ιδιοτήτων του νερού, της χρησιμότητάς του στον αμπελουργικό τομέα στη σύγχρονη εποχή και ως γνώμονας για όσους αναζητούν διέξοδο από τα προβλήματα της κλιματικής αλλαγής.

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ

Πριν από 25-60 εκατομμύρια χρόνια περίπου, εμφανίστηκαν διάφορα είδη Αγγειόσπερμων σε χώρες όπως η Γερμανία, η Γροιλανδία, η Αγγλία και η Ρωσία. Η Γαλλία και η Ολλανδία αποτέλεσαν την αφετηρία του είδους *Vitis vinifera*. Επιβιώνοντας από την περίοδο των παγετώνων, έφτασε στη σημερινή περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου συγκεκριμένα, στο Αιγαίο πέλαγος επίσης, στο Μεξικό και νότια της οροσειράς του Καυκάσου: στη Γεωργία, το Αζερμπαϊτζάν και την Αρμενία. Στη Νεολιθική εποχή (9.500-6.000 π.Χ.) έγιναν τα πρώτα βήματα της οινοπαραγωγικής διαδικασίας, με απόπειρες ζύμωσης σταφυλιών. Βέβαια, δεν ήταν οίνος το τελικό προϊόν, αλλά, ημι-ζυμωμένο γλεύκος το οποίο μεταφερόταν σε αμφορείς και καταναλωνόταν άμεσα. Η παραγωγή γινόταν κοντά στους αμπελώνες και η χώρα που αναγνωρίζεται ως η «πατρίδα» της οινοποίησης είναι η Γεωργία. Όσον αφορά την καλλιέργεια της αμπέλου, η γνώμη των ερευνητών είναι πώς έλαβε χώρα αρχικά εντός των περιοχών: Ανατολική Τουρκία-Οροσειρά του Ταύρου, Γεωργία, Αρμενία και Αζερμπαϊτζάν-Καυκάσια Όρη και Δυτικό Ιράν-Όρη Ζάγκρος. Ακολούθησε η Μεσοποταμία το 3.000 π.Χ., συγκεκριμένα οι περιοχές γύρω από τους ποταμούς Τίγρη και Ευφράτη, με σημαντική συμβολή των Φοινίκων. Μέσα στα επόμενα χρόνια η Αίγυπτος άρχισε να αξιοποιεί τον οίνο ως βάλσαμο και για θρησκευτικούς σκοπούς. Το εμπόριο επέτρεψε την ανταλλαγή ιδεών και γνώσεων μεταξύ Φοινίκων και λαών της Μεσογείου και έτσι, η διαχείριση των σταφυλιών έγινε αντικείμενο απασχόλησης των Ελλήνων (1.500-1.000 π.Χ.), των Ισπανών (900-800 π.Χ.) και από εκεί, επεκτάθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο. Την μεγαλύτερη συμβολή όσον αφορά την εξάπλωση των γνώσεων πάνω στην αμπελοκαλλιέργεια και οινοποίηση την είχε ο πολιτισμός των Αρχαίων Φοινίκων, με σημαντικότερη αποικία την αρχαία Καρχηδόνα. Το διάστημα 1550-300 π.Χ. μέσω εμπορικών δραστηριοτήτων διέδωσαν τις γνώσεις τους σε λαούς της Μεσογείου, μαζί με φυτικό υλικό και οίνο της εποχής. Έτσι, οι άποικοι των ελληνικών νησιών, της Βόρειας Αφρικής, της Σικελίας και της Ισπανίας άρχισαν να κατανοούν τόσο την «τέχνη» της οινοποίησης όσο και την οικονομική ωφέλειά της. Όσον αφορά την Ελλάδα, πρώτα στην εμπορία οίνου ήταν τα Δωδεκάνησα και η Κρήτη. Η καλλιέργεια αμπελιών είχε τρεις αφετηρίες: την Αιτωλία, την Κρήτη-Νάξο-Κυκλάδες και τέλος την Θράκη-Μακεδονία ενώ, μέχρι την περίοδο 750-480 π.Χ. είχε πλέον εξαπλωθεί σε όλη την χώρα.

Οι τεχνικές της Αμπελουργίας-Φυτοπροστασίας κυμαίνονταν σε παρόμοια μήκη κύματος με τις σημερινές καθώς, περιλάμβαναν αραίωμα του φυλλώματος, χρήση φυτικών λιπασμάτων, απομάκρυνση ζιζανίων, επιφανειακή άροση του χώματος και προστασία από εχθρούς μέσω τοξικών φυτών. Σχετικά με την οινοποίηση, η έκθλιψη γινόταν χειρονακτικά όπως και η αποβοστρύχωση ενώ, συχνή ήταν και η εναπόθεση των σταφυλιών στον ήλιο. Το γλεύκος χωριζόταν στις εξής κατηγορίες: Πρόρωγος, όπου προέκυπτε από την πίεση του βάρους των σταφυλιών, το δεύτερο κλάσμα που προέκυπτε από το πάτημα και το τρίτο και τελευταίο κλάσμα, που αποτελούταν από τη μίξη των στεμφύλων με νερό. Η μεταφορά και αποθήκευση του οίνου γινόταν σε πιθάρια πιθανώς επενδυμένα εσωτερικά με ρητίνη. Τα πρόσθετα της εποχής αποτελούνταν από αίμα, γάλα και άλμη κυρίως, με στόχο την διαύγαση και διατήρηση. Μετά το πέρας της ζύμωσης και της ωρίμανσης γινόταν φιλτράρισμα με υφάσματα και μετάγγιση σε ασκούς από δέρμα ή αμφορείς (πήλινα αγγεία με μυτερό πάτο).

Μετά την Αρχαία Ελλάδα, σειρά στον κόσμο της οινοπαραγωγής είχε η Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία. Επηρεασμένοι τόσο από τους Έλληνες, όσο και από τους Μυκηναίους, τους Ετρούσκους και τους Καρχηδόνιους, οι Ρωμαίοι ξεκίνησαν με τη σειρά τους να φτιάχνουν οίνο, ιδιαίτερα ακριβό και μόνο για τις πλούσιες τάξεις. Είχε χαρακτηριστικό υψηλό αλκοολικό τίτλο, εξαιτίας των υπερώριμων σταφυλιών που αξιοποιούνταν ως πρώτη ύλη. Αυτό, στόχευε στην μείωση των μελλοντικών αλλοιώσεων. Διαφορές τεχνικά με τους Έλληνες, παρατηρούνται στην πίεση των σταφυλιών, όπου αντί για χέρια, πιέζουν πόδια ή πέτρινα πιεστήρια. Αποβοστρύχωση γινόταν μόνο σε ακριβούς οίνους και τα στέμφυλα ανεξαρτήτως οίνου, παρέμεναν σε επαφή με το γλεύκος. Η ζύμωση γινόταν σε αμφορείς εντός του εδάφους για διατήρηση θερμοκρασίας. Μία άλλη τεχνική για προστασία από αλλοιώσεις ήταν η συμπύκνωση. Όμως, η χρήση μολύβδου στα δοχεία όπου έβαζαν τον οίνο προκαλούσε δηλητηρίαση σε όσους τον κατανάλωναν, ένα μεγάλο πρόβλημα για την εποχή. Πέρα από τα πρόσθετα των Ελλήνων, οι Ρωμαίοι έβαζαν ασπράδι αυγού, κάρβουνο και πιθανόν αραβικό κόμμι για να αντιμετωπίσουν το θόλωμα. Κύρια περιοχή παραγωγής ήταν η Πομπηία. Όπως και για τους αρχαίους Έλληνες, η κατανάλωση οίνου δεν γινόταν ποτέ χωρίς αραίωση με νερό και λάμβανε χώρα σε καθημερινή βάση.

Μετά το τέλος της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας επήλθε η άνοδος του Βυζαντίου (330-1453 μ.Χ). Αξιοποιώντας όλες τις γνώσεις από το παρελθόν, οι Βυζαντινοί κατάφεραν να εξελιχθούν τεχνικά. Η Κωνσταντινούπολη θεωρούταν η «Πόλη του οίνου» και το εμπόριο άνθιζε. Πλέον, υπήρχαν νομικοί περιορισμοί τόσο για το εμπόριο όσο και για την παραγωγική διαδικασία. Κάθε προϊόν έπαιρνε το όνομα της περιοχής όπου παραγόταν. Οι Βυζαντινοί έπιναν ζεστό οίνο με συνοδεία τροφής συχνά, στα καπηλεία, ενώ και οι Μοναχοί

του έδειχναν ιδιαίτερη προτίμηση. Όταν απαγορεύτηκε η κατανάλωση αλκοόλ από τους Μουσουλμάνους, ήταν η μόνη περιοχή στον κόσμο που παρήγαγε πλέον οίνο. Την περίοδο της Τουρκοκρατίας καταστράφηκαν οι περισσότεροι αμπελώνες και διατηρήθηκαν κάποιοι αποκλειστικά για εμπορικούς σκοπούς (Θεοδώρου,2021; Ταζογλίδου,2021).

Πλέον, η παραγωγή οίνου έχει γίνει επιστήμη. Πολυάριθμες έρευνες και πειράματα παγκοσμίως άνοιξαν το δρόμο σε εξελιγμένες, αξιόπιστες και αποδοτικές μεθόδους αμπελοκαλλιέργειας και οινοποίησης. Το σύγχρονο επίπεδο του οινικού κόσμου και των προϊόντων του είναι πολύ υψηλό όμως, δεν σταματάει να εκπλήσσει όσους τον περιλαμβάνουν. Από τα πρωτοποριακά μηχανήματα και τις καινοτόμες τεχνικές καλλιέργειας, μέχρι τις φρέσκιες ιδέες που «μπαίνουν» στην διαδικασία παραγωγής, δεν υπάρχει αμφιβολία πώς το μέλλον της οινοποιίας προβλέπεται λαμπρό.

2.2 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ

Η άρδευση του αμπελώνα είναι ένα θέμα γύρω από το οποίο οι απόψεις δίστανται. Παρόλο που πολλές άμεσες και έμμεσες λειτουργίες του φυτού εξαρτώνται από το νερό, υπάρχουν οινολόγοι, οι οποίοι, επιλέγουν να βασιστούν αποκλειστικά στις ετήσιες βροχοπτώσεις. Ειδικότερα, σε ιστορικές αμπελουργικές περιοχές διαφόρων Ευρωπαϊκών χωρών όπως η Ελλάδα, η Ιταλία, η Γαλλία και η Ισπανία, η παροχή αρδευτικού νερού θεωρούταν περιττή με αρνητικές επιπτώσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ράγας, όπου κυρίως επικεντρώνεται το οινολογικό ενδιαφέρον (Robinson, 2006). Μερικές χώρες διατήρησαν αυτή την τεχνική, με την Γαλλία να θεσπίζει το 1947 ειδική νομοθεσία για τα «εκλεκτά κρασιά»: Institut National de l'Origine et de la Qualité-INAO. Όπως θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο, το 2022 έφερε καινούργια δεδομένα (λόγω της κλιματικής αλλαγής) και ήταν η αιτία εφήμερης αναίρεσης και των πιο αυστηρών κανονισμών (Mileham, 2022; Hindle, 2022). Πλέον, σε πολλούς αμπελώνες εφαρμόζεται κάποιο σύστημα άρδευσης (περίπου στο 50% του παγκόσμιου αμπελώνα), προσαρμοσμένο στις ανάγκες των φυτών και σε άλλους, κυρίως περιβαλλοντικούς, παράγοντες (Ayuda *et al*, 2020).

Το νερό πέφτει στο χώμα, περνάει από τα εδαφικά μόρια και φτάνει στα ριζικά τριχίδια, στην κύρια ζώνη απορρόφησής του. Απορροφάται μέσω ώσμωσης και από εκεί, μέσω του ξυλώματος, μεταφέρεται σε όλο το φυτό από την συμπλαστική οδό (ενδοκυτταρικά), μαζί με διαλυμένα ιόντα. Έτσι, ξεκινά η συμβολή του στις φυσιολογικές διεργασίες. Αρχικά, φτάνοντας στα φύλλα, περνάει από τα στομάτιά τους και εξέρχεται σε αέρια μορφή. Έπειτα, ο ατμοσφαιρικός αέρας απορροφάται λόγω διαφοράς πίεσης και το φυτό λαμβάνει, το απαραίτητο για την φωτοσύνθεση (A), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Αυτή η ανταλλαγή αερίων στο φύλλο, συγχέεται με την στοματική αγωγιμότητα (gs), ενώ, ο ρυθμός με τον οποίο αποβάλλονται από το φύλλο οι υδρατμοί, αποτελεί την Διαπνοή (E) (Κύρκας, 2016). Η υδατική διαθεσιμότητα σχετίζεται με τη λειτουργία των στοματίων. Ανάλογα με το αν το νερό είναι σε έλλειψη ή σε επάρκεια, καθορίζεται το κλείσιμο ή το άνοιγμά τους αντίστοιχα, ως ένα μέτρο αυτοπροστασίας της αμπέλου. Η ανταλλαγή αερίων, σε περίπτωση έλλειψης, μειώνεται, αφού τα στομάτια κλείνουν για να μην υπάρχουν υδατικές απώλειες μέσω της διαπνοής, η οποία επίσης μειώνεται (Λεμπέση, 2019). Χωρίς CO₂, οι ρυθμοί της φωτοσύνθεσης παρουσιάζονται μειωμένοι καθώς, απουσιάζει ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της αντίδρασης όπως φαίνεται και στο σχήμα 1 ενώ, ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζεται είναι η Αποτελεσματικότητα Χρήσης του Νερού-AXN (Water Use Efficiency-WUE). Ορίζεται ως ο λόγος του νερού που αξιοποιείται από το φυτό προς το νερό που χάνεται μέσω

της διαπνοής ή ως η ποσότητα άνθρακα που αφομοιώνεται ως βιομάζα ή η απόδοση ανά μονάδα νερού που αξιοποιείται (Hatfield και Dold, 2019) . Υπάρχουν τρεις εκφράσεις, η ενδογενής, η στιγμιαία και η καλλιέργειας. Συνδυαστικά, αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στον εντοπισμό της φάσης όπου η απώλεια νερού επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στον αμπελώνα (Θεοδώρου, 2021). Οι ποικιλίες της αμπέλου διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά τον βαθμό απόκρισης στην υδατική έλλειψη ανάλογα με το αν παρουσιάζουν μια λιγότερο ή περισσότερο ισοϋδρική συμπεριφορά. Μέσω της συγκέντρωσης του Αμπισικού οξέος (φυτικής ορμόνης) στο ριζικό σύστημα, αντιλαμβάνονται αν υπάρχει περιορισμένο νερό ή όχι. Σε περίπτωση που το ABA είναι αυξημένο, ο αμυντικός μηχανισμός του φυτού δίνει σήμα πώς πρέπει να μειωθούν οι απώλειες υδρατμών και για αυτό κλείνουν τα στομάτια των φύλλων, σώζοντας νερό (Chen *et al*, 2020). Το πόσο γρήγορα και αποτελεσματικά θα γίνει η αμυντική αυτή τακτική, χωρίζει τις ποικιλίες σε δύο κατηγορίες. Οι ισοϋδρικές ποικιλίες, όπως π.χ η Monterpuciano (Poni *et al*, 2014) και η Grenache noir (Rosemary, 2022), είναι στοματικά ευαίσθητες στην έλλειψη νερού. Έχουν μικρότερα στομάτια, με αυξημένη πυκνότητα στο έλασμα, τα οποία ανταποκρίνονται και κλείνουν ταχύτατα. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις ABA καθώς και η ευαισθησία των στοματίων σε αυτό, είναι παράμετροι που επηρεάζουν την λειτουργία των στοματίων και μπορούν να ενεργοποιήσουν το κλείσιμό τους. Οι ποικιλίες αυτές είναι ιδανικές για θερμά και ξηρά κλίματα, σε αντίθεση με τις λιγότερο ισοϋδρικές ποικιλίες όπως οι Cabernet Sauvignon, Cabernet franc, Pinot noir, Sangiovese, Chardonnay και Syrah (Bou Harb και Keller, 2018). Η παραπάνω βέβαια διάκριση δεν είναι απόλυτη καθώς υπάρχουν διαφορετικές απόψεις μεταξύ των ερευνητών σχετικά με την συμπεριφορά των ποικιλιών κάτω από συνθήκες υδατικής έλλειψης όπως π.χ για την ποικιλία Syrah (Pou *et al*, 2012). Γενικότερα οι λιγότερο ισοϋδρικές ποικιλίες δεν έχουν την ίδια ταχύτητα ανταπόκρισης και τα στομάτια καθυστερούν να κλείσουν, αυξάνοντας τις υδατικές απώλειες του φύλλου μέσω της διαπνοής. Η διάμετρος των στοματίων είναι μεγαλύτερη και η παρουσία τους πάνω στο φύλλο πιο αραιή. Είναι κατανοητό, πώς σε παρατεταμένες συνθήκες ξηρασίας ενδεχομένως να παρατηρηθούν προβλήματα που αφορούν τόσο την λειτουργία των φυτών όσο και της ποιότητας της παραγωγής. Έχουν γίνει διάφορες μελέτες σχετικά με το ποια κατηγορία πλεονεκτεί υπό συνθήκες ελεγχόμενου υδατικού στρες, ένα θέμα που θα αναπτυχτεί σε άλλο σκέλος της εργασίας.

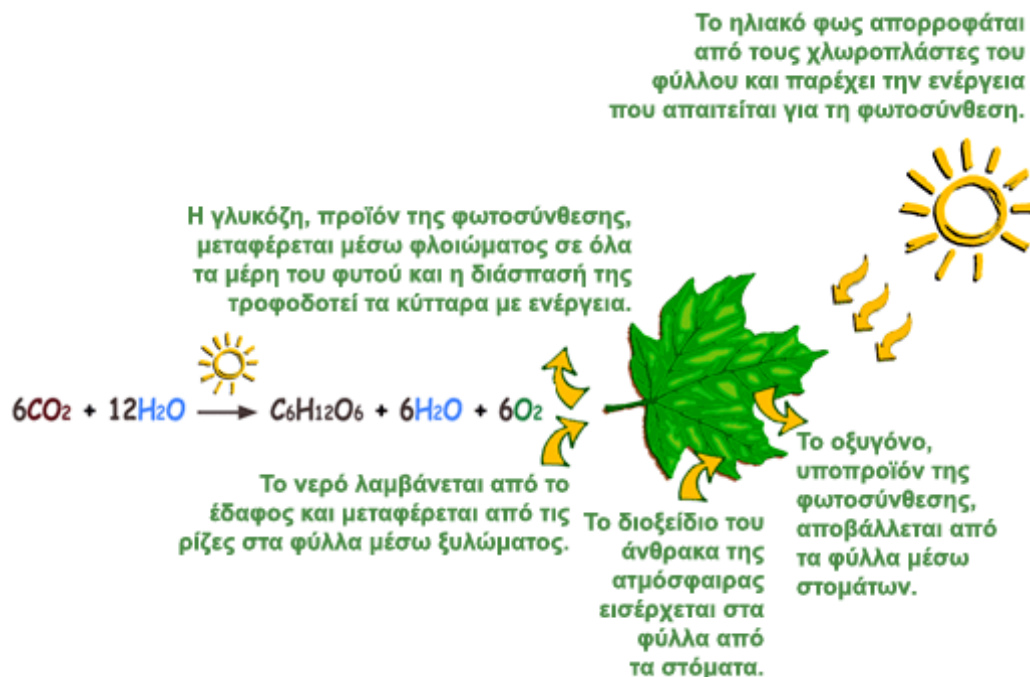
Ένας άλλος όρος που θα απασχολήσει προσεχή κεφάλαια, είναι το Υδατικό Δυναμικό-Ψ. Χρησιμοποιείται για την «μετάφραση» της δυνατότητας του νερού να κινείται αυθόρμητα από υψηλό σε χαμηλό δυναμικό ή, για να εκφράσει το πόσο διαφέρει το χημικό δυναμικό του νερού σε δεδομένη κατάσταση, σε σχέση με το απιονισμένο νερό, υπό φυσιολογική

ατμοσφαιρική πίεση. Μετριέται σε μονάδες πίεσης MPa, όπου 1MPaείναι ίσο με 1.000.000 Pa ή 1Newton/mm²ή 10Bar. Το Ψ είναι αποτέλεσμα συμβολής διαφόρων παραγόντων φυσιολογίας και φυσικής καθώς και της χρονικής στιγμής μέτρησής του.

Συμπερασματικά, όλοι οι παραπάνω παράγοντες της φυσιολογίας επηρεάζουν το φυτό διαφορετικά και είναι καθοριστικοί για την σύσταση του σταφυλιού. Έχουν ως κοινό παρανομαστή την διαθεσιμότητα του νερού, αλλά, αλληλεπιδρούν και μεταξύ τους, κάνοντας την κατανόηση του καθενός ξεχωριστά πολύ σημαντική για την σωστή διαχείριση του αμπελώνα με κύριο στόχο τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ράγας. Η επιλογή της κατάλληλης ποικιλίας, η γνώση των φυσιολογικών λειτουργιών και των τρόπων μεταβολής τους αμπελουργικά, είναι το «κλειδί» για έναν επιτυχημένο αμπελώνα, που θα μπορεί να προσαρμοστεί στις κλιματικές δυσκολίες του μέλλοντος και να παράγει εξαιρετική πρώτη ύλη.

2.2.1 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ

Η φωτοσύνθεση είναι μία διαδικασία που πραγματοποιείται από τους αυτότροφους οργανισμούς ή παραγωγούς, δηλαδή εκείνους που έχουν την δυνατότητα να παράγουν μόνοι τους τις απαραίτητες οργανικές ουσίες για την ανάπτυξή τους (Παπαφώτης, 2014). Σκοπός είναι η μετατροπή ανόργανων στοιχείων, του νερού και του διοξειδίου του άνθρακα, σε υδατάνθρακες-σάκχαρα όπως η γλυκόζη, με την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας και την παράλληλη απελευθέρωση οξυγόνου στην ατμόσφαιρα, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 1 (Πετρίκης, 2020).

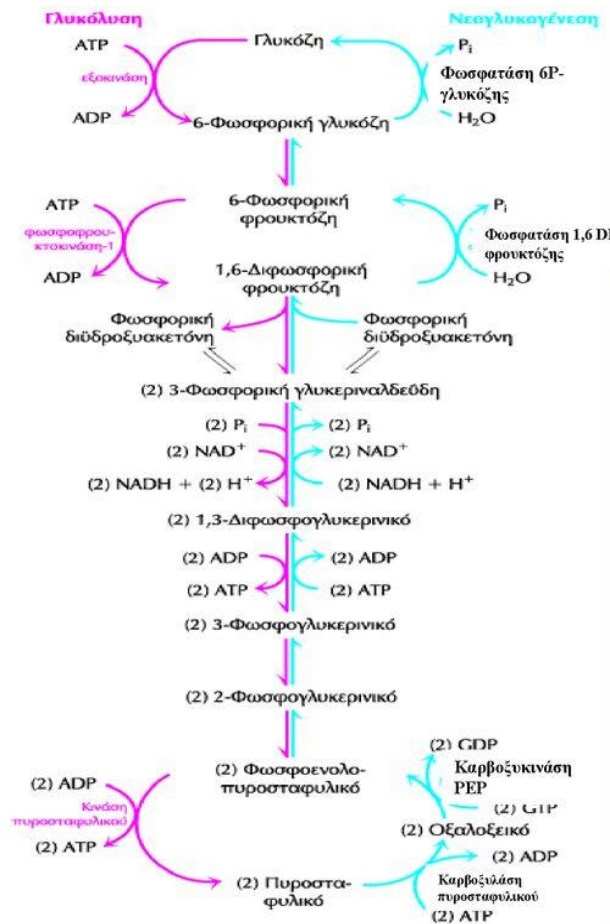


Σχήμα 1. Στοιχειομετρική αντίδραση φωτοσύνθεσης
(Ντισπυράκη, 2019)

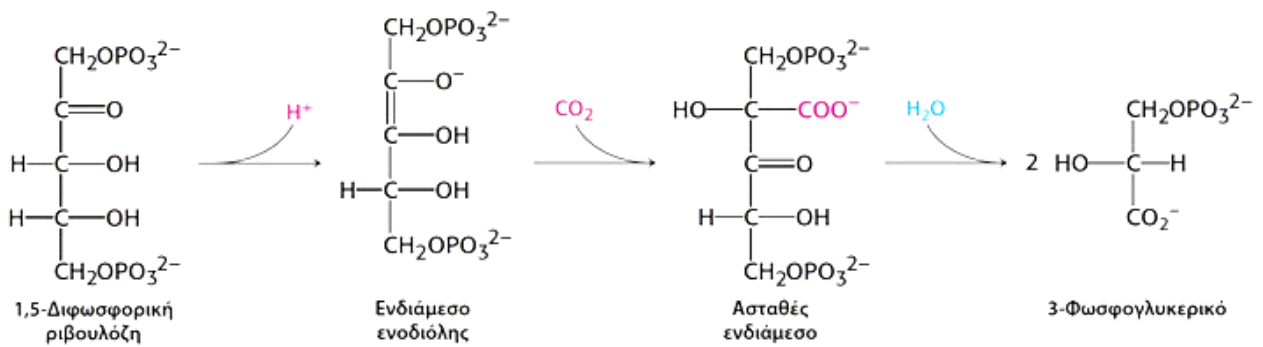
Όπως όλα τα φυτά, έτσι και η άμπελος, πραγματοποιεί αυτή τη λειτουργία στα φύλλα της, ώστε να μπορέσει να τραφεί. Συγκεκριμένα, η φωτοσύνθεση λαμβάνει χώρα στα οργανίδια του φύλλου που ονομάζονται χλωροπλάστες. Αυτοί, αποτελούνται από μία εξωτερική μεμβράνη, μία εσωτερική, το στρώμα και τα θυλακοειδή. Σχηματισμοί 10 ως 20 θυλακοειδών ονομάζονται grana ή granum. Τα θυλακοειδή είναι ιδιαίτερης σημασίας μεμβρανικές δομές, φακοειδούς σχήματος, που περιέχουν χλωροφύλλη και εντός αυτών πραγματοποιείται η φωτοσύνθεση. Η χλωροφύλλη είναι η κύρια χρωστική ουσία των χλωροπλάστων μαζί με τις βοηθητικές χρωστικές όπως οι ξανθοφύλλες και τα καροτενοειδή. Το ηλιακό φως που πέφτει στα φύλλα απορροφάται σε ένα ποσοστό και διεγείρει τα μόρια των βοηθητικών χρωστικών,

που με την σειρά τους μεταβιβάζουν την ενέργεια στο κέντρο αντίδρασης των φωτοσυστημάτων, ένα σύμπλοκο που αποτελείται από πρωτεΐνη και χλωροφύλλη. Παράλληλα, το νερό διασπάται σε πρωτόνια (H^+) και μοριακό οξυγόνο (O_2). Αυτή είναι η αφητηρία της πρώτης φάσης της φωτοσύνθεσης, αυτής των φωτεινών Αντιδράσεων. Πραγματοποιείται κατά την διάρκεια της ημέρας στα θυλακοειδή. Η ηλιακή ενέργεια που συγκεντρώνεται στο φωτοσυλλεκτικό σύμπλοκο, μετατρέπεται σε χημική, δηλαδή σε τριφωσφορική αδενοσίνη-ATP και σε φωσφορικό δινουκλεοτίδιο νικοτιναμίδης αδενίνης-NADPH₂. Τα δύο αυτά παράγωγα μεταβαίνουν στη συνέχεια στο στρώμα του χλωροπλάστη, όπου θα ξεκινήσει η δευτερογενής φάση, εκείνη των Σκοτεινών Αντιδράσεων-Κύκλος του Calvin. Παρά την ανάλογη ονομασία, το φως απαιτείται έμμεσα και για αυτές, καθώς επηρεάζει την ενζυμική λειτουργία, την ενεργειακή διέγερση μορίων και την στοματική αγωγιμότητα (Παπαφώτης, 2014) . Σε αυτό το σημείο το φυτό αποβάλλει το οξυγόνο του νερού και συλλέγει το διοξείδιο του άνθρακα από τον ατμοσφαιρικό αέρα, το οποίο μαζί με το ATP, NADPH₂ θα συμβάλλουν στις μελλοντικές αντιδράσεις. Το πρώτο στάδιο του κύκλου περιλαμβάνει την καρβοξυλίωση της 1,5 διφωσφορικής ριβουλόζης-RuBP με ενσωμάτωση του CO₂ και την ταυτόχρονη δράση του ενζύμου Rubisco, προς παραγωγή του ενδιάμεσου ενοδιόλης, ενός ασταθούς ενδιάμεσου υδροϋπεροξειδίου και έπειτα 3-φωσφογλυκερικού ή αλλιώς 3-φωσφογλυκερινικού οξέος-3PG. Στο δεύτερο στάδιο της αναγωγής, 6 μόρια ATP ανάγονται προς ADP. Μαζί με το 3-φωσφογλυκερινικό, δίνουν το 1,3-διφωσφογλυκερικό / γλυκερινικό οξύ-BPG και αυτό με την σειρά του, μέσω αναγωγής του NADPH σε NADP⁺ παράγει 3-φωσφορική γλυκεραλδεΐδη / γλυκεριναλδεΐδη-GAP. Μεταγενέστερα, παράγεται η επιθυμητή γλυκόζη και ανασχηματίζεται η 5-φωσφορική ριβουλόζη-Ru5P μέσω των αντιδράσεων των σχημάτων 2, 3, 4 και 8. Συγκεκριμένα, η 3-φωσφορική γλυκεριναλδεΐδη μετατρέπεται σε φωσφορική διυδροακετόνη-DHAP, έπειτα σε 1,6-διφωσφορική φρουκτόζη-FBP, σε 6-φωσφορική φρουκτόζη-F6P και τέλος, σε 1-φωσφορική γλυκόζη-G1P που αποτελεί τη βάση για την παραγωγή του αμύλου. Η διαδικασία αυτή, ξεκινάει με την αντίδραση μορίου ATP με την G1P προς δημιουργία της ADP-γλυκόζης. Η τελευταία, ενώνεται στη συνέχεια με ένα μόριο α-αμυλόζης (πολυσακχαρίτης, βάση για το άμυλο) με γλυκοζιτικό δεσμό (Σχήμα 6). Επίσης, από την 1-φωσφορική γλυκόζη προκύπτει η UDP-γλυκόζη μέσω ενεργοποίησης από την UTP. Στη συνέχεια, παράγεται 6-φωσφορική σουκρόζη και μέσω υδρόλυσης αυτής, προκύπτει η σουκρόζη (Σχήμα 7). Με τις δυο αυτές μεταβολικές οδούς παράγονται το άμυλο και η σουκρόζη που θα αποτελέσουν αντίστοιχα, αποθήκη ενέργειας και άμεση τροφή για το φυτό. Μία ακόμη ένωση που έχει ιδιαίτερη σημασία είναι η κυτταρίνη. Είναι ένας πολυσακχαρίτης ο οποίος απαρτίζεται από

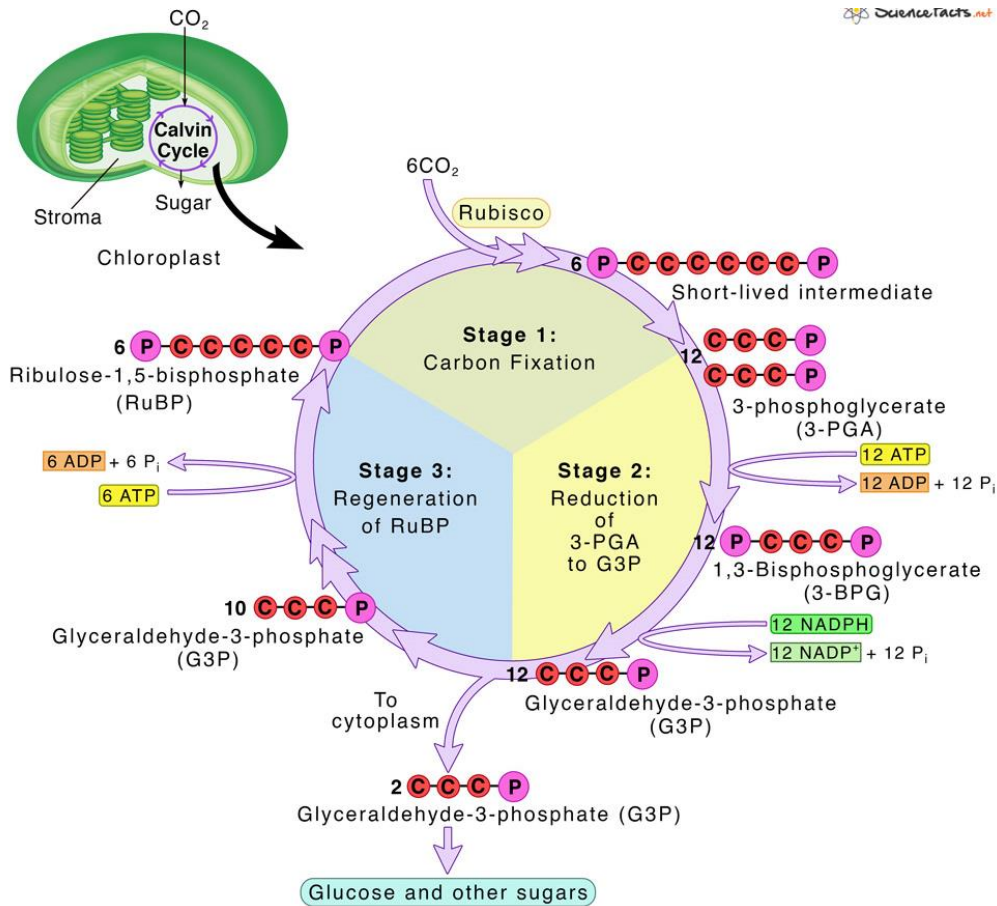
πολλά μόρια γλυκόζης και αποτελεί παραπροϊόν της UDP-γλυκόζης. Συντίθεται στην πλασματική μεμβράνη των φυτικών κυττάρων με συμβολή πολλών ενζύμων και είναι δομική μονάδα των κυτταρικών τοιχωμάτων. (Voet *et al*, 2018).



Σχήμα 2. Κύκλος Γλυκόλυσης και Γλυκονεογένεσης (Σαλώμη, 2020)

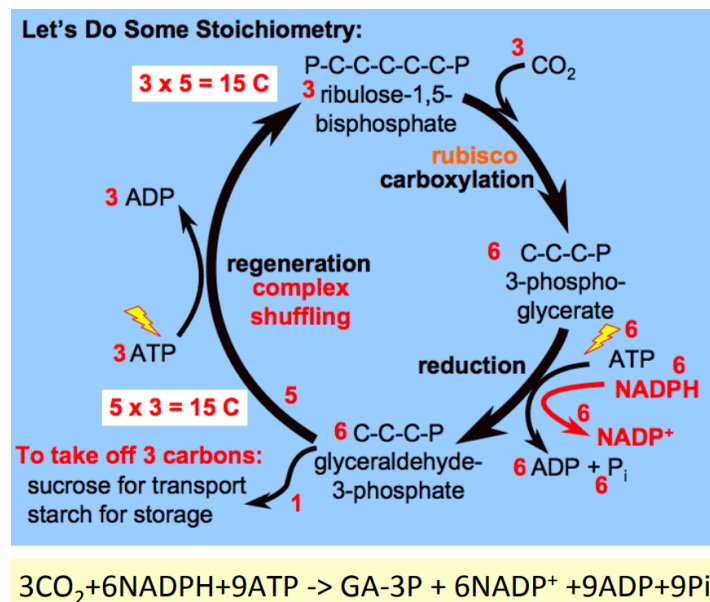


Σχήμα 3. Κύκλος Calvin ενδιάμεσα προϊόντα (Σαλώμη, 2020)



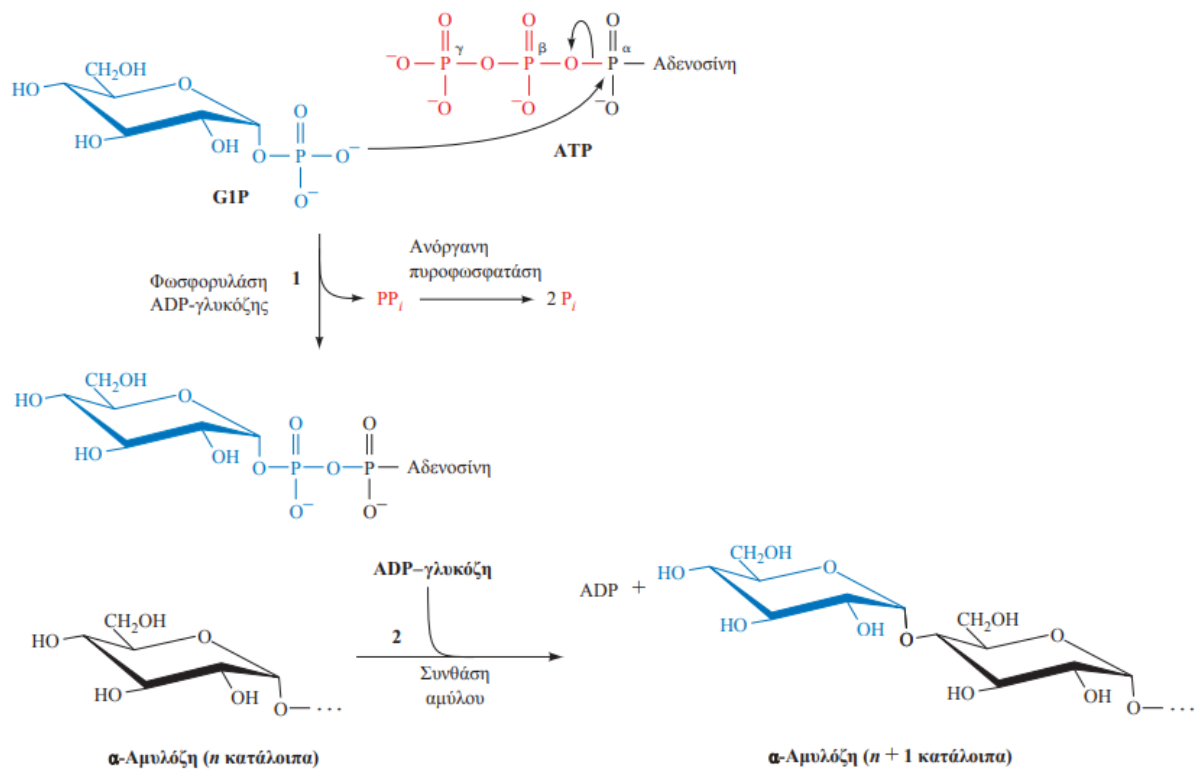
Σχήμα 4. Κύκλος Calvin (διπλή στοιχειομετρία)

<https://www.sciencefacts.net/calvin-cycle.html>

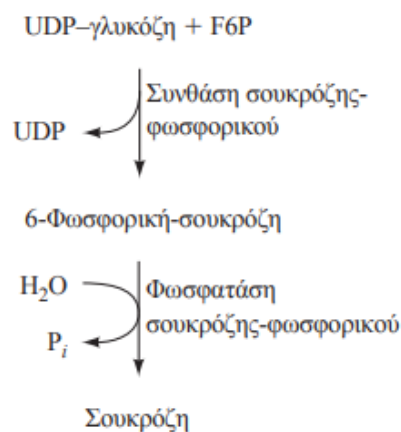


Σχήμα 5. Στοιχειομετρία κύκλου Calvin

<http://archive.eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXD162/Carbon%20fixation-photorespiration%202018.pdf>



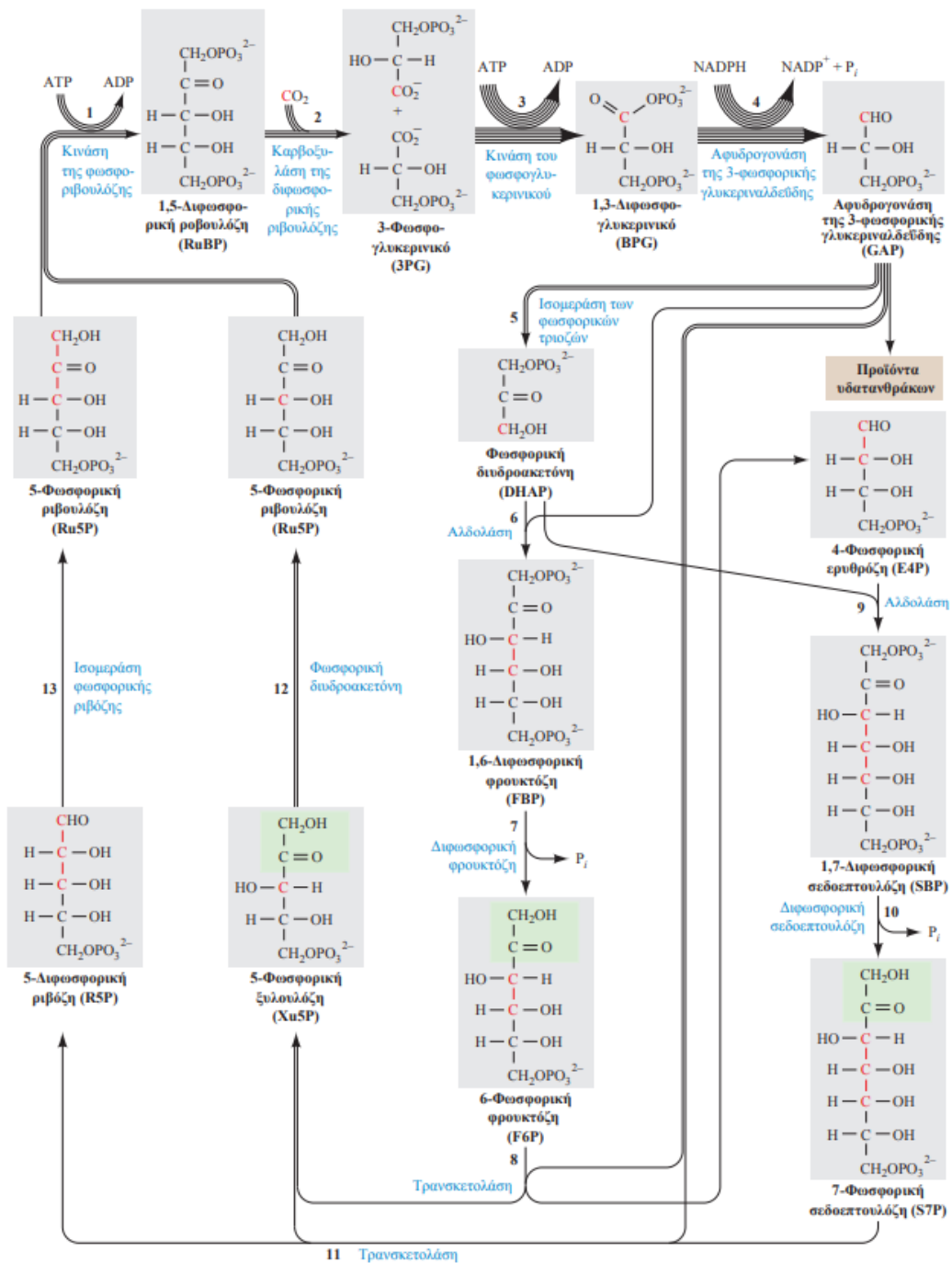
Σχήμα 6. Στάδιο σύνθεσης του αμύλου
(Voet *et al*, 2018)



Σχήμα 7. Στάδια παραγωγής της Σουκρόζης
(Voet *et al*, 2018)

Το τρίτο και τελευταίο στάδιο του κύκλου είναι η αναγέννηση της 1,5-διφωσφορικής ριβουλόζης, του δέκτη αλλιώς του CO₂. Εδώ, συμμετέχουν 5 μόρια της 3-φωσφορικής γλυκεριναλδεύδης, μόρια που δεν έλαβαν χώρα στην παραγωγή γλυκόζης, τα οποία ενώνονται με 3 μόρια CO₂ και αξιοποιούν την ενέργεια από αναγωγή 3 ATP για να

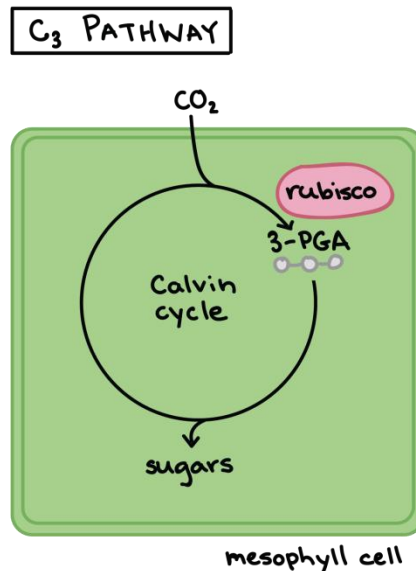
ολοκληρώσουν τον κύκλο. Η στοιχειομετρία των αντιδράσεων παρουσιάζεται στο σχήμα 5 ενώ, στο σχήμα 8 απεικονίζεται πλήρως η όλη πορεία του κύκλου Calvin.



Σχήμα 8. Η πορεία των σκοτεινών αντιδράσεων
(Voet et al, 2018)

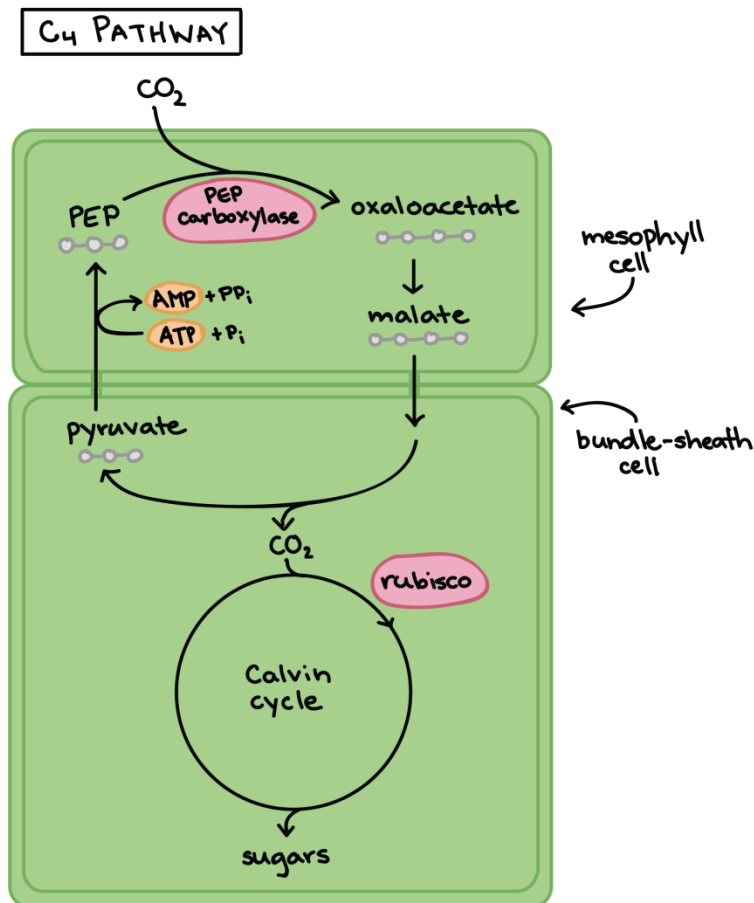
Τα φυτά κατατάσσονται ανάλογα με τον τρόπο που πραγματοποιούν την φωτοσύνθεση σε τρεις κατηγορίες. Συγκεκριμένα, το κομμάτι της φωτοσύνθεσης που επικεντρώνεται η κατάταξη είναι ο Κύκλος του Calvin. Στην πρώτη κατηγορία, στην οποία ανήκει και η

άμπελος, σε περίπτωση που κλείσουν τα στομάτια των φύλλων και δεν υπάρχει πλέον παροχή CO_2 , η 1,5-διφωσφορική ριβουλόζη αξιοποιεί το διαθέσιμο οξυγόνο και γίνεται η λεγόμενη φωτοαναπνοή. Καταναλώνεται O_2 και ενέργεια και εκλύεται CO_2 στην ατμόσφαιρα ενώ, δεν υπάρχει πια άνθρακας για να συνεχιστεί η φωτοσύνθεση. Αυτά τα φυτά ονομάζονται C_3 . Η ονομασία πηγάζει από τους τρεις άνθρακες που περιέχονται στην 3-φωσφορική γλυκεριναλδεΐδη-GAP. Αναπτύσσονται σε δροσερά, υγρά κλίματα.



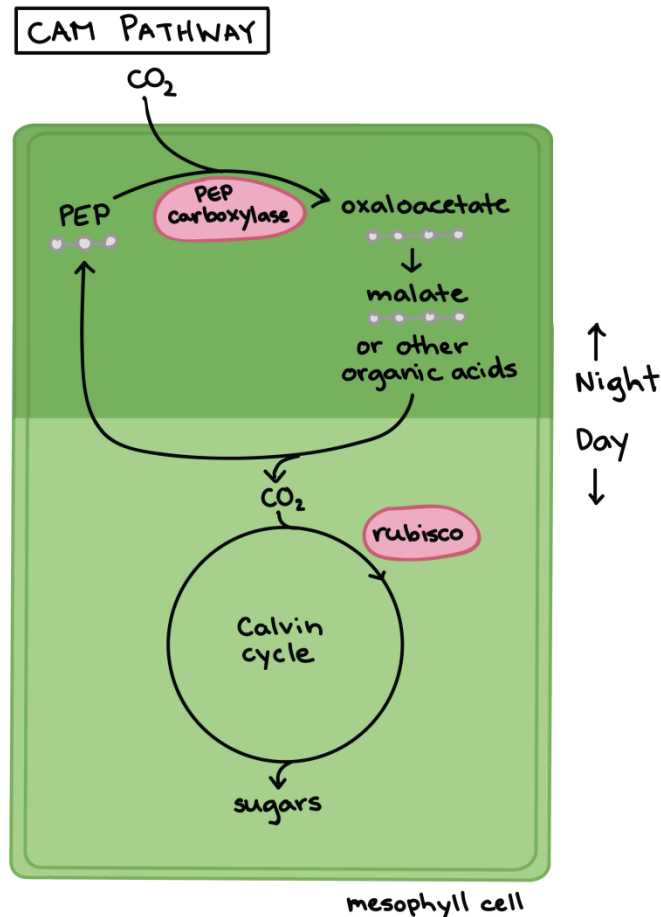
Σχήμα 9. Οδός για φυτά C_3

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει C_4 φυτά όπως το καλαμπόκι και το ζαχαροκάλαμο, τα οποία φυτρώνουν σε περιοχές με ξηρό και θερμό κλίμα. Διαφέρουν από τα φυτά της πρώτης κατηγορίας τόσο στην κυτταρική τους δομή, όσο και στον τρόπο που λειτουργούν. Οι αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα σε άλλους τύπους κυττάρων από τα C_3 και δεν χρησιμοποιούν αρχικά την Rubisco, αλλά ένα άλλο ένζυμο το PEPc (φωσφο-ενολο-πυροσταφυλική καρβοξυλάση) το οποία αντιδρά επιλεκτικά με όσο CO_2 έχει μείνει στους μεσοκυττάρους χώρους. Η ένωση αυτή, έχει τρία άτομα άνθρακα και αντιδρώντας με το CO_2 , δημιουργείται οξαλοοξικό άλας (oxaloacetate), μία ένωση με τέσσερις άνθρακες. Για αυτό και η κατηγορία ονομάστηκε C_4 . Από αυτό, παράγεται έπειτα μηλικό οξύ. Η διάσπασή του, απελευθερώνει ένα CO_2 το οποίο αντιδρά με την 1,5-διφωσφορική ριβουλόζη και ο κύκλος Calvin συνεχίζεται κανονικά. Απελευθερώνεται επίσης πυροσταφυλικό (Pyruvate) το οποίο με κατανάλωση ATP μετατρέπεται ξανά στο PEPc. Τα φυτά της κατηγορίας αυτής έχουν την δυνατότητα να πραγματοποιήσουν όποια από τις δύο οδούς είναι ευνοϊκότερη ανά περίπτωση.



Σχήμα 10. Οδός για φυτά C4

Η τελευταία κατηγορία αφορά τα φυτά CAM- Crassulacean acid metabolism. Είναι φυτά με δυνατότητα συγκράτησης νερού για μεγάλο διάστημα και επιβίωσης σε πολύ ξηροθερμικές συνθήκες. Ο κάκτος, ο ανανάς και η αγαύη είναι μερικά από αυτά. Η τακτική εξοικονόμησης νερού είναι το κλείσιμο των στομάτων μέσα στην ημέρα και το άνοιγμά τους το βράδυ όμως, δεν υπάρχει δυνατότητα φωτοσύνθεσης αφού δεν υπάρχει ηλιακό φως. Αυτό που κάνουν τα φυτά στην προκειμένη είναι να ξεκινήσουν με την ίδια οδό όπως και τα C4. Προσροφούν το CO₂ από τα ανοιχτά στομάτια και φτάνουν στην παραγωγή του μηλικού, όπου και σταματούν μέχρι να βγει το φως του ήλιου. Έπειτα, από την διάσπασή του, απελευθερώνεται CO₂ και ξεκινάει ο Κύκλος Calvin με ταυτόχρονη «ανακύκλωση» του πυροσταφυλικού σε PEPc.



Σχήμα 11. Οδός για φυτά CAM

(Διαμαντίδης, 2018 και <https://www.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/photorespiration--c3-c4-cam-plants/a/c3-c4-and-cam-plants-agriculture>)

Υπάρχει η έννοια της «καθαρής φωτοσύνθεσης», δηλαδή το ποσό ενέργειας που προκύπτει όταν από την συνολική φωτοσύνθεση αφαιρείται το ποσό εκείνης που αξιοποιείται από την αναπνοή του φυτού. Όσο νεότερο το φύλλο, τόσο πιο έντονη η αναπνοή και τόσο λιγότερο CO₂ απορροφάται κατά την φωτοσύνθεση, δίνοντας χαμηλές αποδόσεις (Schultz, 1991). Υπό σκιά, τόσο η φωτοσύνθεση όσο και η αναπνοή περιορίζονται. Γενικότερα, οι παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο είναι κλιματολογικοί. Η θερμοκρασία ιδανικά πρέπει να κυμαίνεται από 24°-28°C, η συγκέντρωση του CO₂ και η υγρασία της ατμόσφαιρας να είναι επαρκείς, 350μL/L και 60-70% αντίστοιχα και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας όσο το δυνατό περισσότερη, με όριο τα 1000μmol/m²/s. Από εκεί και πέρα η θέση των φύλλων, η συνολική φωτοσυνθετική επιφάνεια και ο προσανατολισμός του αμπελώνα είναι τα μορφολογικά, αμπελουργικά στοιχεία που πρέπει να απασχολούν (Θεοδώρου, 2021).

Αυτό που καθορίζει το πόσο έντονη και αποδοτική θα είναι η φωτοσύνθεση είναι η διαθεσιμότητα του CO₂. Όπως αναφέρθηκε, συμμετέχει στο στάδιο των Σκοτεινών Αντιδράσεων και η τροφοδοσία του στο φυτό πραγματοποιείται από τα στομάτια του ελάσματος. Όταν τα στομάτια είναι ανοιχτά, επιτρέπεται η ανταλλαγή αερίων και η απόδοση της φωτοσύνθεσης είναι υψηλή. Για την διατήρηση της συνθήκης αυτής, χρειάζεται να μην υπάρχει έντονο υδατικό στρες αφού, θα ενεργοποιήσει το μηχανισμό άμυνας του φυτού και τα στομάτια θα κλείσουν. Αυτό, πέρα από όσα αναφέρθηκαν, θα επηρεάσει την βλαστική ανάπτυξη, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των σταφυλιών, την απόδοση και την φυσιολογική εξέλιξη του αμπελώνα (Urban *et al*, 2017). Σε περίπτωση υδατικής έλλειψης οι φυσιολογικές τιμές φωτοσύνθεσης είναι 8-12 $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ για ήπια καταπόνηση, για έντονη είναι 1-5 $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ και υπό κανονική άρδευση 15-25 $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$. Σε άρθρο των Beadle και Sands, που δημοσιεύτηκε το 2004, αναφέρεται η ηλικία των φύλλων και συσχετίζεται με την φωτοσυνθετική λειτουργία. Συγκεκριμένα, όσο η ηλικία των φύλλων αυξάνεται, τόσο φαίνεται να μειώνεται και η φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα. Βέβαια, παίζουν ρόλο και άλλοι φυσιολογικοί παράγοντες για αυτό το φαινόμενο.

Η πορεία της φωτοσύνθεσης συνεπώς, δεν είναι απλή, αλλά αντιθέτως περιέχει πολλά βιοχημικά μονοπάτια και συνεργασία ποικίλων ενώσεων και παραγόντων, ως ότου φτάσει στην δημιουργία γλυκόζης και άλλων υδατανθράκων, όπως το άμυλο. Η λειτουργία της είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ποιοτική σύσταση των ραγών, καθώς επηρεάζει τον σχηματισμό πρωτεϊνών, οξέων, φαινολικών ουσιών και ποικιλιακών αρωμάτων. Επιπρόσθετα, η σύνθεση βασικών δομικών ενώσεων, που συμμετέχουν στην ανάπτυξη, όπως η κυτταρίνη και οι πηκτίνες και η παρουσία γλυκοζιτών και λιπιδίων, είναι απόρροια της ομαλής φωτοσυνθετικής λειτουργίας.

2.2.2 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΣΤΟΜΑΤΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Η στοματική αγωγιμότητα συμβολίζεται ως g_s και αποτελεί δείκτη της λειτουργίας των στοματίων (Θεοδώρου, 2021). Τα στομάτια είναι μορφολογικοί σχηματισμοί που εντοπίζονται στα φύλλα των φυτών και στις δύο επιφάνειες (αμφιστοματικά), είτε μόνο στην κάτω πλευρά του ελάσματος (υποστοματικά) ή όπως στα υδρόβια φυτά, μόνο στην πάνω (επιστοματικά). Στην άμπελο συναντώνται κατά κύριο λόγο στην κάτω επιφάνεια, με εξαιρέσεις να υπάρχουν και στην άνω και στο φλοιό των ραγών. Έχουν νεφροειδές σχήμα και περιβάλλονται από ένα ζεύγος καταφρακτικών κυττάρων, εντός των οποίων υπάρχουν χλωροπλάστες. Κάτω από κάθε στομάτιο βρίσκεται ένας κενός χώρος που λέγεται υποστομάτιος θάλαμος, ο οποίος καταλήγει στον στοματικό πόρο. Σε ακριβώς αυτό το σημείο λαμβάνει χώρα η απορρόφηση του απαραίτητου CO_2 για την λειτουργία της φωτοσύνθεσης, καθώς και η αποβολή νερού με την μορφή υδρατμών από το φύλλο. Ανάλογα με το κλίμα και την θέση τους στο φύλλο, χωρίζονται σε διαφορετικά ενεργούμενες ομάδες-patches, ενώ το μέγεθός τους εξαρτάται από την ανάπτυξη του ελάσματος. Τα πιο νέα φύλλα έχουν μεγαλύτερη αναλογία στοματίων ανά μονάδα επιφάνειας- mm^2 . Αυτό, βέβαια δεν ισχύει πάντα καθώς σε έρευνα των Woodward και Kelly το 1995, παρατηρήθηκε πώς σε 74 από 100 είδη φυτών, με αύξηση του CO_2 και της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας μειώθηκε η πυκνότητα των στοματίων του φύλλου. Υπάρχουν ώριμα και μη ώριμα στομάτια. Τα μη ώριμα λαμβάνουν μέρος στη φυσιολογία αλλά, δεν έχουν ολοκληρωμένη δομή και μπορεί να παρουσιάζουν συχνά προβλήματα που αφορούν την λειτουργία τους. Κάτω από συνθήκες έλλειψης νερού, η ανάπτυξη του φυτού επιβραδύνεται και για αυτό, δεν συναντώνται πολλά μη ώριμα στομάτια στα νεότερα φύλλα στη συγκεκριμένη περίπτωση (Λεμπέση, 2019; Θεοδώρου, 2021; Kirkham, 2014; Landsberg και Sands, 2011).

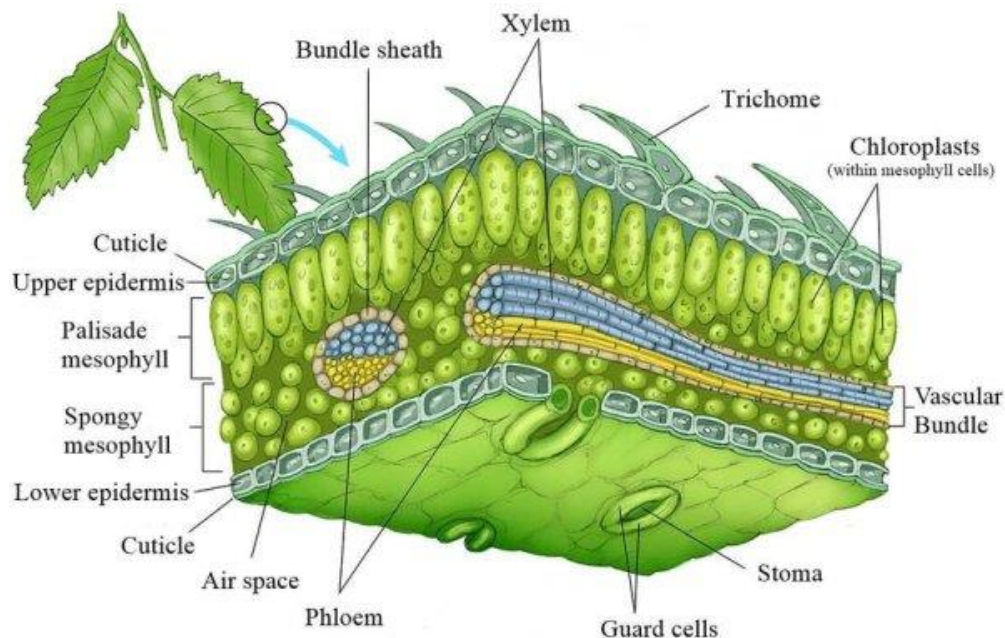


Σχήμα 12,13. Στομάτια φύλλων

<https://sites.google.com/site/basikesleitourgistouphytou/diapnoe/diapnoe-apo-ta-stomatia>

<http://ekfe-n-smyrn.att.sch.gr/old/biol/stomata.pdf>

Το νερό του εδάφους απορροφάται από τις ρίζες και μέσω του ξυλώματος φτάνει στα φύλλα. Εκεί, καθώς κατευθύνεται προς τα στομάτια, περνάει από τον υποστοματίο θάλαμο. Εξαιτίας της ιδιαίτερα μικρής διαμέτρου του θαλάμου, που μοιάζει με σωλήνα, η πίεση τοπικά αυξάνεται και προκαλεί την εξάτμιση του νερού των τοιχωμάτων από γειτονικά κύτταρα του μεσόφυλλου. Το νερό πλέον υπό μορφή υδρατμών, εξέρχεται από τον στοματικό πόρο στην ατμόσφαιρα, γίνεται δηλαδή διαπνοή, και λόγω δημιουργίας κενού, εισέρχεται ατμοσφαιρικός αέρας (Κοτζαμπάσης, 2015). Αυτή η ανταλλαγή αερίων εκφράζεται από την στοματική αγωγιμότητα και επηρεάζεται από ορισμένους παράγοντες. Πρωταρχικός, είναι το άνοιγμα-κλείσιμο των στοματίων. Είναι προφανές ότι όταν είναι κλειστά δεν υπάρχει οδός για τα αέρια, συνεπώς οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης, g_s και διαπνοής μειώνονται αισθητά. Το μέγεθος και ο πληθυσμός στοματίων ανά μονάδα επιφάνειας του φύλλου επηρεάζουν επίσης. Το πρώτο επηρεάζεται από το έλασμα του φύλλου και το δεύτερο από γενετικούς παράγοντες. Περισσότερα και μεγαλύτερα αυξάνουν, όντας ανοιχτά, την ανταλλαγή αερίων, συνεπώς και τις βασικές λειτουργίες που προαναφέρθηκαν. Από την άλλη, αν το φυτό βρεθεί σε θέση να πρέπει να περιορίσει άμεσα τις υδατικές του απώλειες, μικρής διαμέτρου στομάτια χρησιμεύουν καλύτερα, καθώς θα μπορέσουν να κλείσουν πιο γρήγορα (Beadle και Sands, 2004; Θεοδώρου, 2021).

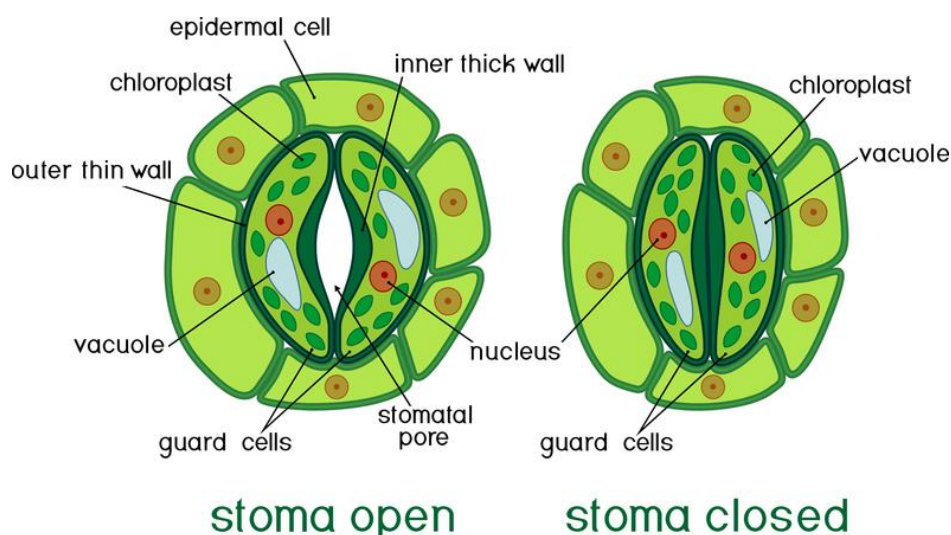


Σχήμα 14. Δομή ενός φύλλου φυτού και ονομασία διαφόρων οργάνων

<https://www.yoair.com/el/blog/examining-natural-plant-defense-mechanisms-and-pesticide-use/>

Πολύ σημαντικοί παράγοντες, που καθορίζουν το πότε θα ανοίξουν και θα κλείσουν τα στομάτια είναι η θερμοκρασία, το διαθέσιμο διοξείδιο του άνθρακα, η αξιοποιήσιμη ηλιακή

ακτινοβολία, η άρδευση, η οσμωτική πίεση-πίεση σπαργής και η συγκέντρωση του Αμπσισικού οξέος-ABA. Το ABA, είναι μια φυτοορμόνη μεγάλης σημασίας που σχετίζεται με τις αντιδράσεις του φυτού όταν αυτό στρεσάρεται. Υπό ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες υπάρχει σε χαμηλή συγκέντρωση στα κύτταρα και στους ιστούς και προωθεί την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, του φυλλώματος και την απόδοση (Chen *et al*, 2019). Η έλλειψη νερού, η έντονη αλατότητα του εδάφους, οι ακραίες θερμοκρασίες, που αποτελούν αβιοτικούς παράγοντες, η προσβολή από παθογόνα (βιοτικός) και η δημιουργία πληγών είναι κάποιες από τις πιθανές αιτίες στρες (Srivastava, 2002; Bharath, 2021). Μέσω της αναλογίας του ABA στη ρίζα, το αμπέλι αντιλαμβάνεται την υδατική του κατάσταση και μπορεί να δράσει άμεσα για να αυτοπροστατευτεί. Παράγεται στα ακραία μεριστώματα και μέσω του φλοιώματος φτάνει στα φύλλα. Άλλες έρευνες, έδειξαν ότι συντίθεται στα φύλλα και από εκεί μεταφέρεται στα υπόλοιπα όργανα (Zhang *et al*, 2018). Συνεπώς, μπορεί να προέρχεται είτε από τις ρίζες, είτε από τα φύλλα ή από τα ακραία μεριστώματα και ανάλογα μεταφέρεται μέσω του ξυλώματος και του φλοιώματος (Καραμπουρνιώτης και Λιακόπουλος, 2014). Υπό συνθήκες υδατικής έλλειψης η συγκέντρωσή του στις ρίζες αυξάνεται, πάει στα φύλλα και τα στομάτια κλείνουν για να μην υπάρχουν απώλειες μέσω διαπνοής, ενώ, το ανάποδο συμβαίνει όταν υπάρχει υδατική επάρκεια, με ταυτόχρονη διάσπασή του. Η αύξηση αυτή, συνδέεται με αντίστοιχη αύξηση του φυλλικού ABA (Bharath *et al*, 2021). Επιπρόσθετα, ελέγχει τη ροή ιόντων των καταφρακτικών κυττάρων και όταν το νερό είναι άφθονο, πάει εντός αυτών και μεταβάλλει το σχήμα και το μέγεθος του πόρου με τη συμβολή ή όχι του Ca^{+2} (Chen *et al*, 2019). Τα στομάτια έχουν μεγάλο βαθμό ευαισθησίας στην εδαφική, στην «ατομική» υγρασία εντός του πρέμνου και συνεπώς, στην άρδευση. Υδατικές ελλείψεις για μικρό χρονικό διάστημα αυξάνουν την AXN των φυτών, μέσω μείωσης του ανοίγματος των στοματίων και της διαπνοής. Σε μακροχρόνιες υδατικές ελλείψεις τα νέα φύλλα εμφανίζουν πιο χαμηλή μέγιστη στοματική αγωγιμότητα-gsmax, εξαιτίας μεταβολών πυκνότητας ή/και μεγέθους των στοματίων. Όταν η άρδευση είναι ελλειμματική, οι τιμές gsπου συναντώνται για μέτριο και έντονο στρες αντίστοιχα είναι 0,05-0,15 mol H₂O/m²/s και 0,01-0,05 mol H₂O/m²/s. Πέρα από αυτές, δεν θα πρέπει να βγαίνουν εκτός του 0,15-0,1 mol H₂O/m²/s (Θεοδώρου, 2021; Beadle και Sands, 2004; Bhattacharya, 2019). Προσβολή από παθογόνα γίνεται μέσω των στοματίων και σε αρχικό στάδιο, αυξάνει το ABA προς προστασία του φυτού ενώ, σε μεταγενέστερα στάδια, αποτελεί ευαισθησία του. Ανεβασμένα επίπεδα ABA προωθούν μεταφορά σακχάρων στους μύκητες, ενισχύοντας την μόλυνση (Bharath *et al*, 2021).



Σχήμα 15. Εικόνα ανοιχτού και κλειστού στοματίου

<https://cid-inc.com/blog/stomatal-conductance-functions-measurement-and-applications/>

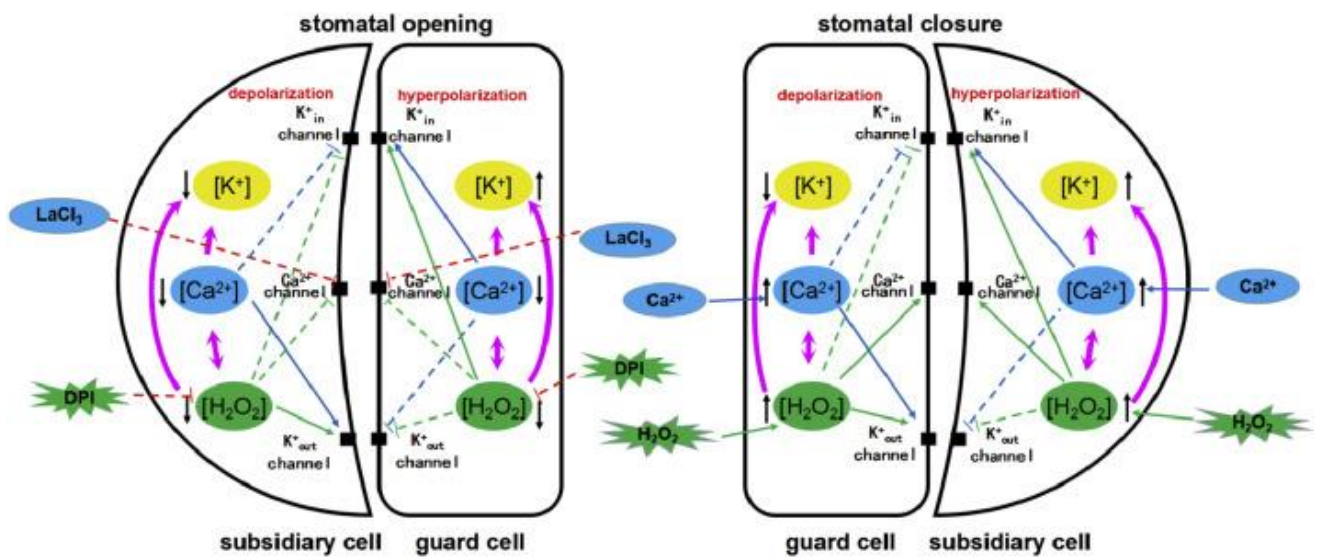
Εκτός του ABA, υπάρχουν και άλλες ενώσεις-ορμόνες οι οποίες αλληλεπιδρούν μαζί του και προωθούν το κλείσιμο των στοματίων. Όπως φαίνεται στο σχήμα 16, για κάθε περίπτωση, η αιτία που κλείνουν τα στομάτια είναι διαφορετική. Από την άλλη, αυτόνομες ενώσεις μεταβάλλονται επίσης όσον αφορά την συγκέντρωσή τους, όταν το φυτό βρίσκεται υπό στρες και η εξέλιξη είναι η ίδια. Αυτό, αποκαλύπτει το πόσο περίπλοκη είναι η σηματοδότηση του κλεισίματος, καθώς αποτελείται από συνδυασμό τόσο του είδους στρες, όσο και της εκάστοτε ουσίας που εμπλέκεται (Bharath *et al*, 2021). Μία νέα, ενδιαφέρουσα προσέγγιση στο κομμάτι αυτό, είναι η συμβολή ιόντων K^+ , Ca^{2+} και του H_2O_2 . Η μελέτη των Zhang *et al* το 2020, περιλάμβανε ένα πείραμα στο οποίο έγινε εφαρμογή H_2O_2 και κάποιων άλλων χημικών σε φύλλα καλαμποκιού. Με την επέμβαση αυτή, στα καταφρακτικά κύτταρα τα ιόντα ασβεστίου- Ca^{2+} αυξήθηκαν ενώ, του καλίου- K^+ μειώθηκαν και τα στομάτια έκλεισαν. Σε κατώτερα κύτταρα, αμφότερα (K^+ , Ca^{2+}) αυξήθηκαν, προκαλώντας την ίδια αντίδραση. Αυτό, έγινε λόγω του ότι το υπεροξείδιο του υδρογόνου- H_2O_2 έχει αναλογική σχέση με το ασβέστιο και τα δύο, προωθούσαν την εισροή του καλίου και ως απόρροια το κλείσιμο των στοματίων όπως φαίνεται στο σχήμα 18. Αντιθέτως, με απουσία H_2O_2 το ασβέστιο μειώνεται και πραγματοποιείται άνοιγμα των στοματικών πόρων. Γενικότερα, υπάρχουν περισσότερες γνώσεις επί του ρόλου και της συμπεριφοράς των καταφρακτικών κυττάρων, από ότι για τα δευτερογενή κύτταρα κάτι, που δεν καθιστά εφικτή την πλήρη κατανόηση της ανταπόκρισης των φυτών στο αβιοτικό στρες (Zhang *et al*, 2020). Το σίγουρο είναι, πώς τα ιόντα καλίου και ασβεστίου παίζουν σημαντικό ρόλο στην συμπεριφορά του φυτού υπό στρες, στη στοματική λειτουργία και έμμεσα, στην φωτοσύνθεση και στην ανάπτυξη (Mak *et al*, 2014).

Hormone/ compound	Type of stress	References	Reason of closure
ABA	Drought, cold, salinity and heat	Nakashima et al., 2014	Increased ABA levels
Allyl isothiocyanate (AITC)	Wounding, insect, herbivore (biotic)	Khokon M.A. et al., 2011	Production of ROS and NO. elevated Ca ²⁺ levels
Ethylene (ET)	Drought, ozone	Wilkinson and Davies, 2010	Mediated H ₂ O ₂ production in ABA signaling
Hydrogen sulfide (H ₂ S)	Drought	Jin et al., 2013	H ₂ S affected ABA responses and ABA increased H ₂ S levels
Inositol 1,4,5-trisphosphate (IP ₃)	Drought and salt stress	Jia et al., 2019	Stimulated Ca ²⁺ release in the cell and ABA responses
Methyl jasmonate (MJ)	Wounding (biotic)	Förster et al., 2019	Signaling events overlap with ABA action
	Pathogen, insects (biotic)	Verma et al., 2016	Marked interaction with ABA and SA
Phosphatidic acid (PA)	Heavy metal (Arsenic) stress	Armendariz et al., 2016	Induced accumulation of PLD and PA, are due to ABA
Polyamines (PAs)	Drought	Adamipour et al., 2020	ROS and NO production. ABA caused accumulation of PAs
	PEG-induced osmotic stress, chilling	Pál et al., 2018	Increased PAs stimulated ABA accumulation
Proline and G-substances	Drought	Raghavendra and Reddy, 1987	Decreased proton efflux and K ⁺ content, as in case of ABA
Salicylic acid (SA)	Bacterial invasion (biotic)	Melotto et al., 2006	SA-action overlapped with ABA signaling
Sphingosine-1-phosphate (S1P)	Drought	Ng et al., 2001	Mobilized Ca ²⁺ and mediated stomatal closure by ABA
Strigolactone (SL)	Drought and salt stress	Ha et al., 2014	ABA and SL cross-talk positively regulated stomatal closure
Sulfate (in xylem sap)	Drought	Malcheska et al., 2017	Promoted ABA synthesis in guard cell

Σχήμα 16. Άλλες ενώσεις που μαζί με το ABA προκαλούν το κλείσιμο των στοματίων υπό στρες
(Bharath *et al.*, 2021)

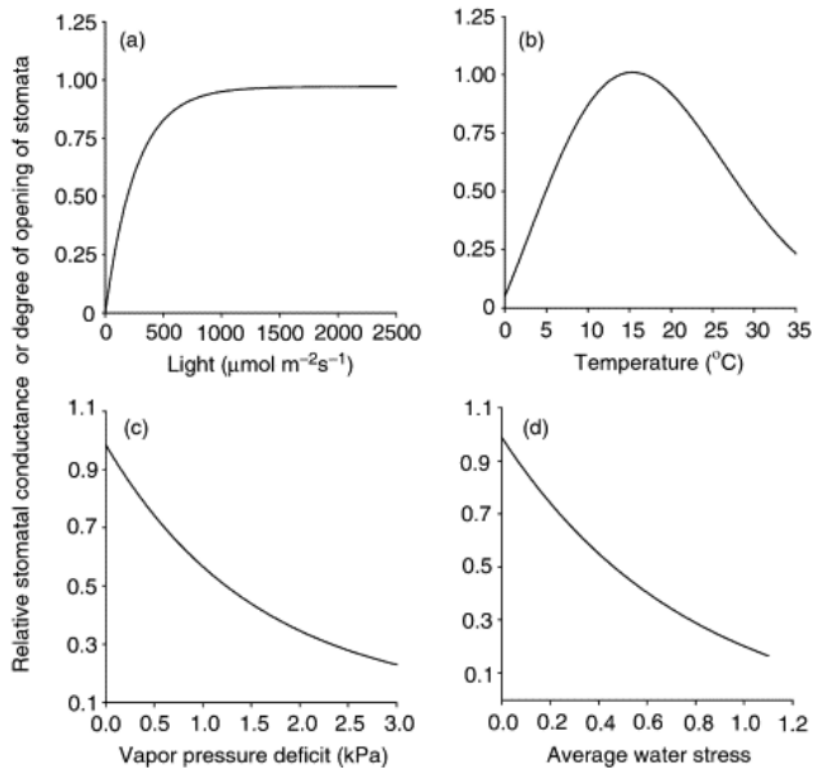
Compound	Effect on stomata	Plant	References
Allyl isothiocyanate (AITC)	Produces ROS and NO and elevates of cytosolic Ca ²⁺	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Khokon M.A. et al., 2011
β-aminobutyric acid (BABA)	Triggers ABA accumulation under drought	<i>Triticum aestivum</i>	Du et al., 2012
Cerato-platanin (CP)	Produces ROS and closes stomata	<i>A. thaliana</i>	Bacelli et al., 2014
Chitin oligosaccharide (CTOS)	Elevates Ca ²⁺ and activates SLAC1	<i>A. thaliana</i>	Ye et al., 2020b
Chitosan	Mediates the production of NO, ROS and Ca ²⁺ levels	<i>Pisum sativum</i>	Srivastava et al., 2009
Cryptogein	Increases the levels of ROS and NO	<i>A. thaliana</i>	Gayatri et al., 2017
γ-aminobutyric acid (GABA)	Represses 14-3-3 proteins and influx of anions into the vacuole	<i>A. thaliana</i>	Mekonnen et al., 2016
Flagellin22 (flg22)	Accumulates ROS and activates SLAC	<i>A. thaliana</i>	Deger et al., 2015
Harpin	Increases the levels of ROS and NO	<i>A. thaliana</i>	Gayatri et al., 2017
Lipopolysaccharide (LPS)	Activates NOS and produces NO in guard cells	<i>A. thaliana</i>	Melotto et al., 2006
Methyl jasmonate (MJ)	Promotes H ₂ O ₂ production and cytosolic alkalinization	<i>A. thaliana</i>	Suhita et al., 2004
Oligogalacturonic acid (OGA)	Increases cytosolic Ca ²⁺ and ROS levels	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Lee et al., 1999
PAMP induced peptide 1 (PIP1)	Activates Ca ²⁺ channels and S-type anion channels	<i>A. thaliana</i>	Shen et al., 2020
Salicylic acid (SA)	Induce production of ROS, NO and cytosolic Ca ²⁺	<i>A. thaliana</i>	Khokon M.A. et al., 2011
Yeast elicitor (YEL)	Produces ROS and NO production	<i>A. thaliana</i>	Khokon et al., 2010

Σχήμα 17. Αυτόνομες ενώσεις που σηματοδοτούν το κλείσιμο των στοματίων.
(Bharath *et al*,2021)



Σχήμα 18. Διάγραμμα αλληλεπίδρασης H_2O_2 , K^+ , Ca^{2+} και στοματική ανταπόκριση (Zhang *et al*, 2020)

Όσον αφορά το ηλιακό φως και το διοξείδιο του άνθρακα, αυτά είναι επίσης, κάπως αλληλένδετα. Κατά την διάρκεια της ημέρας, πραγματοποιείται η φωτοσύνθεση. Αξιοποιεί το CO_2 του μεσόφυλλου και τα στομάτια είναι ανοιχτά προκειμένου να συνεχίζεται η τροφοδοσία του. Τη νύχτα, πραγματοποιείται η αναπνοή του φυτού και το CO_2 που αξιοποιείται είναι πολύ λιγότερο, με αποτέλεσμα να «περισσεύει» και να έχει αυξημένη συγκέντρωση στο μεσόφυλλο και τα στομάτια να κλείνουν. Γενικότερα, η αύξηση της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα πάνω από ένα σημείο, προκαλεί μείωση του αριθμού και μεγέθους των στοματίων (Chen *et al*, 2019) και κορεσμό του ενζύμου της φωτοσύνθεσης Rubisco, εκείνου που συμμετέχει στην καρβοξυλίωση της 1-5-διφωσφορικής ριβουλόζης, στην αρχή του κύκλου Calvin. Με άλλα λόγια, όταν η στοματική αγωγιμότητα είναι υπερβολική, σταματά η φωτοσύνθεση. Για τον λόγο αυτό είναι λανθασμένη η υπόθεση ότι με αύξηση της g_s π.χ. μέσω άρδευσης, θα ακολουθήσει και διαδοχική αύξηση της φωτοσυνθετικής λειτουργίας (Θεοδώρου, 2021).



Σχήμα 19. Ανταπόκριση των στοματίων στο περιβάλλον τους.
(Beadle και Sands, 2004)

Το εάν το κλείσιμο των στοματίων λόγω CO_2 συσχετίζεται με κάποιο τρόπο με το ABA, υποστηρίζεται και καταρρίπτεται παράλληλα από διάφορους ερευνητές. Είναι προφανές, πώς χρειάζεται περισσότερη μελέτη επί του θέματος ώστε, να προκύψει μία πιο ξεκάθαρη εικόνα του τι ακριβώς συμβαίνει (Chen *et al*, 2019). Σε πολύ ζεστή ατμόσφαιρα το φυτό διαπνέει πιο έντονα προκειμένου να ρυθμίσει την θερμοκρασία του, αποβάλλοντας θερμότητα (Gates, 1964). Εντονότερη διαπνοή συνεπάγεται περισσότερες υδατικές απώλειες. Εάν η υδατική διαθεσιμότητα είναι περιορισμένη, τα στομάτια κλείνουν ως μέτρο άμυνας. Όσον αφορά την οσμωτική πίεση, όταν αυτή αυξάνεται, με παράλληλη μείωση του Ψ , πραγματοποιείται άνοιγμα των στοματίων. Αυτό, επηρεάζεται από την συγκέντρωση ιόντων καλίου K^+ και χλωρίου Cl^- στα χυμοτόπια των φυτικών κυττάρων και επιπλέον, από τα σάκχαρα (Srivastava, 2002).

Πέρα από όσα αναφέρθηκαν ως τώρα, η υδατική διαθεσιμότητα έχει και έμμεσους τρόπους επίδρασης στην στοματική αγωγιμότητα. Το αποτέλεσμα της λειψυδρίας στο μικροκλίμα της αμπέλου, ασχέτως ποικιλίας, εκφράζεται μέσω μειωμένης ανάπτυξης των πρέμων (μείωση των κυτοκινινών που είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη και την κυτταρική διαίρεση), μικρότερη φυλλική επιφάνεια εξαιτίας ελαττωμένου μεγέθους αλλά και φυλλόπτωσης και

καρούλιασμα-συστροφή των ελασμάτων. Επίσης, προβλήματα ξυλοποίησης του βλαστού, εμφάνιση εμβολών στο ξύλο λόγω φυσαλίδων αέρα από μεταβολές τάσης, μικρότερη βιομάζα, λεπτές κληματίδες και μικρότερα διαμετρικά αγγεία ξύλου είναι αναμενόμενο να εμφανιστούν. Το ριζικό σύστημα δεν δέχεται την ίδια καταπόνηση. Όσον αφορά τις εμβολές, τα αγγεία των βλαστών σε σχέση με αυτά των ριζών, των νευρώσεων του ελάσματος και του μίσχου, είναι λιγότερο πιθανό να τις εμφανίσουν καθώς περιέχουν διαλυμένα συστατικά.

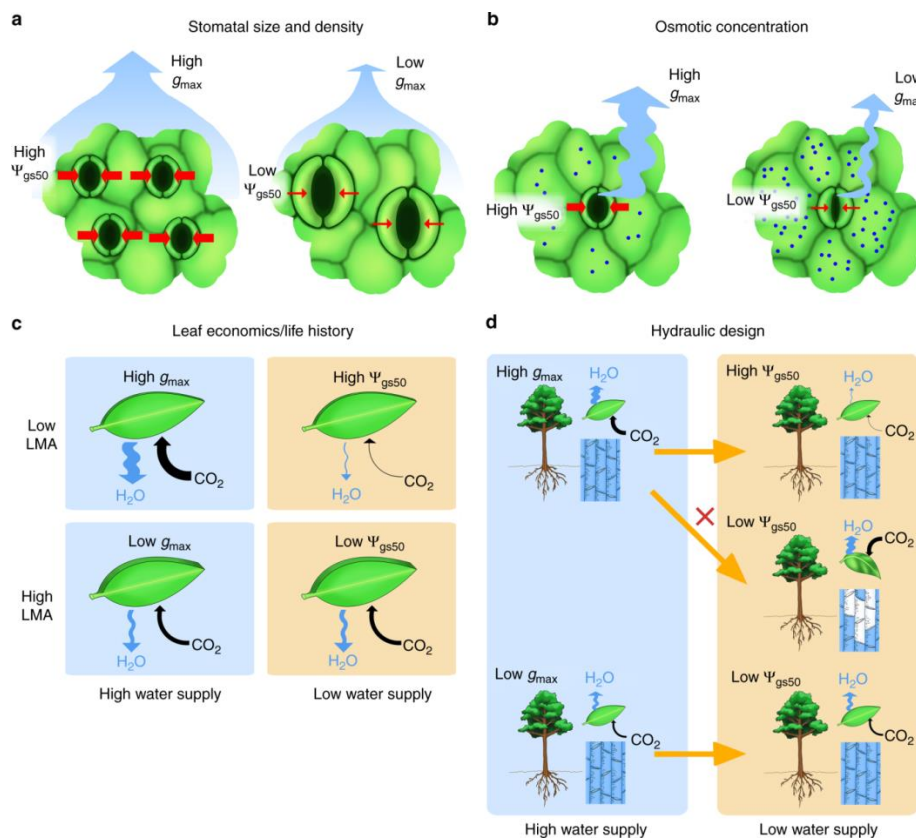
Μειωμένη επιφάνεια ελάσματος συνεπάγεται θεωρητικά και λιγότερα στομάτια, όμως, εξαιτίας της έλλειψης νερού τα στομάτια μειώνονται διαμετρικά και αυξάνεται η πυκνότητά τους. Με τον τρόπο αυτό περιορίζονται οι υδατικές απώλειες. Το έλασμα αυξάνει το πάχος του μέσω της κάτω επιδερμίδας και του δρυφακτοειδούς παρεγχύματος ή αντίθετα, το μειώνει μέσω του σπογγόδους παρεγχύματος. Τα μη ώριμα στομάτια, που συμβάλλουν στις φυσιολογικές διεργασίες του φυτού, μειώνονται αριθμητικά και δεν δημιουργούνται νέα κύτταρα με τον ίδιο ρυθμό (Θεοδώρου, 2021).

Με αυτά τα δεδομένα υπόψη, είναι ξεκάθαρη η σημασία της κατανόησης του τρόπου που λειτουργεί το φυτό και πώς αλληλεπιδρούν μεταξύ τους όλοι οι παράγοντες, πριν ληφθεί η οποιαδήποτε καλλιεργητική απόφαση.

2.2.3 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΔΙΑΠΝΟΗ

Ως διαπνοή ορίζεται ο ρυθμός με τον οποίο αποβάλλονται οι υδρατμοί από τον στοματικό πόρο. Κυρίως, επηρεάζεται από το εύρος ανοίγματος του στοματίου, ενώ επιπλέον, από την θερμοκρασία, την υγρασία, την ηλιακή ακτινοβολία, την άρδευση και τον άνεμο. Η υγρασία του αέρα έχει περισσότερο αντίκτυπο στη λειτουργία της διαπνοής από ότι η εδαφική.

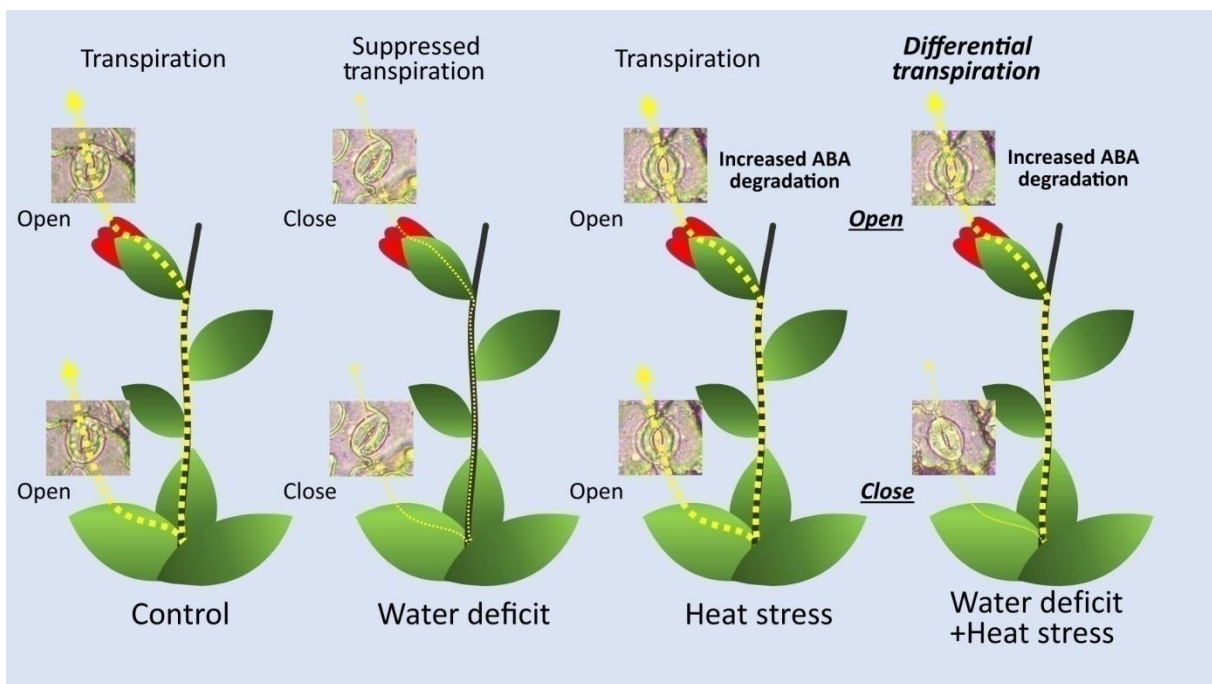
Η μέγιστη διαπνοή πραγματοποιείται μέσα στην ημέρα, συμβάλλοντας στην αφομοίωση άνθρακα και το βράδυ διακόπτεται εντελώς, μειώνοντας τις υδατικές απώλειες και έτσι, επαναφέρει το υδατικό δυναμικό των φύλλων. Έχει επιρροή πάνω στην φωτοσυνθετική λειτουργία, αλληλεπιδρά με την στοματική αγωγιμότητα και βοηθά στην πτώση της θερμοκρασίας των φύλλων. Υπό υδατική έλλειψη, η E μειώνεται μαζί με την g_{sen} , αν επικρατούν και ξηροθερμικές, συνθήκες, μετά από άρδευση, οι απώλειες νερού και ο κίνδυνος θύλωσης, αυξάνονται. Επιπρόσθετα, η διαπνοή αποτελεί έναν «ρυθμιστή» της ανοδικής πορείας του εδαφικού νερού, πρώτα στη ρίζα και από εκεί, στο υπόλοιπο αμπέλι και για αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί για την παρακολούθηση της υδατικής κατάστασης του φυτού.



Σχήμα 20. Απεικόνιση τεσσάρων υποθέσεων: α) Στομάτια με βάση το μέγεθος και την πυκνότητά τους επηρεάζουν το υδατικό δυναμικό και την στοματική αγωγιμότητα β) Η οσμωτική πίεση όταν αυξάνεται μειώνει το Ψ_{gs} αντίστροφα γ) Η πυκνότητα του φύλλου-

LMA: lower leaf mass per area, συνδυαστικά με παροχή νερού (μπλε στήλη) ή όχι, επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση και την στοματική αγωγιμότητα δ) Φυτά με διαφορετική άρδευση, στοματική αγωγιμότητα και η φωτοσυνθετική τους λειτουργία. Υπό μεγάλη παροχή νερού τα φυτά με υψηλή g_s , έχουν καλύτερη A από αυτά με χαμηλότερη. Χωρίς πολύ νερό, τα φυτά με υψηλή σ_a , κλείνουν τα ευαίσθητα στομάτιά τους προκειμένου να αποφύγουν υδατικές απώλειες, προβλήματα στα φύλλα και εμβολές. Συνεπώς, μειώνεται η A . Αντίθετα, αυτά με χαμηλή σ_a μπορούν να συνεχίσουν τις λειτουργίες τους, παρά την απουσία υγρασίας.

(Henry *et al*, 2019)



Σχήμα 21. Διάφορες περιπτώσεις διαπνοής υπό υδατικό στρες, θερμικό ή συνδυαστικά (Sinha *et al*, 2022)

Κατά την διάρκεια της διαπνοής, λαμβάνει χώρα ο διαχωρισμός των ισοτόπων οξυγόνου που έρχονται μέσω του εδαφικού νερού: ^{16}O και ^{18}O . Παρόλο που το ραδιενεργό ^{18}O συναντάται σε μικρότερες ποσότητες στη φύση, στην περίπτωση που η υγρασία είναι αρκετή για τα αμπέλια και παρέχεται νερό συχνά, βρίσκεται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από το ^{16}O επειδή είναι πιο βαρύ και δεν αποβάλλεται τόσο με την διαπνοή. Υπό στρες, κλείνουν τα στομάτια και η διαπνοή μειώνεται. Αξιοποιείται λοιπόν, ο αέρας που ήταν ήδη στους χώρους ανάμεσα στα κύτταρα και το ^{16}O αυξάνεται.

Οι αναμενόμενες τιμές ανάλογα με την διαθεσιμότητα του νερού κυμαίνονται από 0,1-2 mmol/m²/s για έντονο στρες, 2-5 mmol/m²/s για ενδιάμεσες συνθήκες και 5-9 mmol/m²/s για καμία επιβάρυνση.

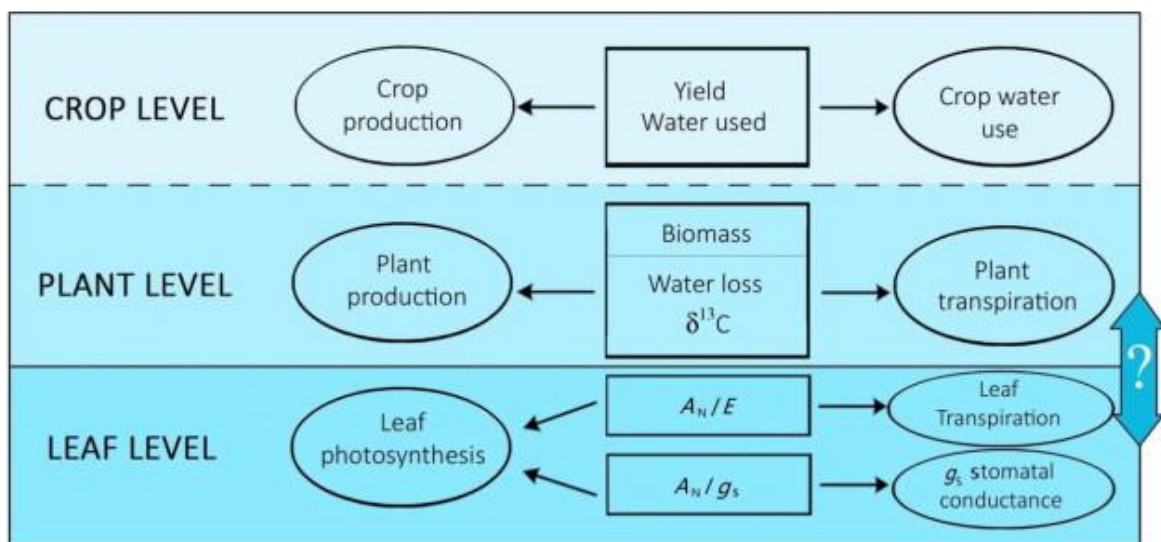
Η Ισοϋδρική συμπεριφορά μεταφράζεται ως μία γρήγορη και ακριβής λειτουργία ελέγχου των υδατικών απωλειών μέσω έγκαιρης ανταπόκρισης των στοματίων. Στις ποικιλίες που κατατάσσονται στην παραπάνω κατηγορία, τα αγγεία έχουν μεγαλύτερη διάμετρο και είναι πιο επιρρεπή σε εμβολές. Τα στομάτια αντιθέτως, έχουν πιο μικρές διαστάσεις αλλά μεγαλύτερη πυκνότητα πάνω στο φύλλο. Όταν επικρατούν συνθήκες έλλειψης υγρασίας οι ποικιλίες κλείνουν τα στοματιά τους άμεσα, εμποδίζοντας επιπλέον νερό να «φύγει» μέσω της διαπνοής αλλά, ως συνέπεια η φωτοσύνθεση και η απορρόφηση CO₂ εμποδίζονται επίσης. Θετική επίδραση δέχεται η ενδογενής AXN η οποία αυξάνεται για αρκετό χρόνο και η άμυνα κατά των εμβολών. Οι τιμές του υδατικού δυναμικού των φύλλων παραμένουν υψηλές. Γενικότερα, τα αμπέλια με αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν και αντέχουν στην ξηρασία περισσότερο. Στις Ανισοϋδρικές, η στιγμιαία AXN είναι αυτή που επωφελείται από το υδατικό στρες καθώς, τα πιο αραιά και μεγαλύτερα στομάτια δεν είναι το ίδιο ανταποκρίσιμα και δεν σταματάει άμεσα η αφομοίωση άνθρακα, η διαπνοή και η φωτοσύνθεση. Αυτό όμως, για ένα μικρό χρονικό διάστημα. Το αρνητικό εδώ είναι ο αυξημένος κίνδυνος δημιουργίας εμβολών, παρά την μικρότερη διάμετρο των αγγείων. Συμπληρωματικά με όλα τα παραπάνω, σύμφωνα με την ισο-υδρο-δυναμική θεώρηση η άμπελος ανάλογα με το επίπεδο καταπόνησης, τη συχνότητα και την χρονική περίοδο, έχει την ικανότητα να τροποποιεί διεργασίες του μεταβολισμού και της φυσιολογίας και να επιβιώνει και στις πιο αντίξοες συνθήκες.

Οι απώλειες νερού σχετίζονται με την εξατμισοδιαπνοή-ET δηλαδή, το πόση υγρασία χάνεται συνδυαστικά από τις διεργασίες της εξάτμισης των φύλλων ή της επιφάνειας του εδάφους και της διαπνοής των στοματίων. Η εδαφική σύσταση έχει σημασία καθώς, σε αμμώδη εδάφη, το νερό απομακρύνεται γρήγορα προς κατώτερα στρώματα και μένει μικρό ποσοστό διαθέσιμου-τριχοειδούς νερού για τα αμπέλια, σε αντίθεση με τα βαριά, αργιλώδη εδάφη. Το κλίμα επίσης, παίζει ρόλο καθώς και η φάση ανάπτυξης και η ηλικία του φυτού. Στο κομμάτι της ελεγχόμενης άρδευσης σημαντικός παράγοντας είναι η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας-ETc δηλαδή, ο όγκος νερού που αξιοποιείται από έναν αμπελώνα υγιή, μεγάλης έκτασης, δίχως υδατικές ελλείψεις ή περιορισμένα θρεπτικά, οποίος θα δίνει την μέγιστη δυνατή απόδοση (Sinha *et al*, 2022; Henry *et al*, 2019; Θεοδώρου, 2021).

2.2.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ως Αποτελεσματικότητα Χρήσης του νερού ορίζεται η ποσότητα που αξιοποιεί το φυτό για να επιτελέσει διάφορες λειτουργίες, προς αυτή που αποβάλλεται μέσω της διαπνοής των στοματιών των φύλλων. Υπάρχουν τρεις εκφράσεις : η Στιγμαϊαία= A/E , η Ενδογενής= A/g_s και η Καλλιέργειας= βιομάζα που παράχθηκε/ E η οποία λαμβάνεται υπόψη, ως επί το πλείστον, στις πειραματικές έρευνες. Η AXN έχει τη δυνατότητα να βοηθήσει στον εντοπισμό της φάσης όπου το υδατικό στρες γίνεται υπερβολικά έντονο και πλέον δεν ωφελεί την καλλιέργεια αλλά, την επιβαρύνει. Σε τέτοιες συνθήκες μειωμένης υγρασίας για μεγάλο χρονικό διάστημα, η στιγμιαία AXN ελαττώνεται σε αντίθεση με την ενδογενή, από 6-10 $\mu\text{molCO}_2/\text{mmolH}_2\text{O}$ σε 2-7 ή 1-4 $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmolH}_2\text{O}$ για ακραίες ελλείψεις.. Η αύξηση της ενδογενούς από 50-75 μέχρι και 80-95 $\mu\text{molCO}_2/\text{molH}_2\text{O}$, συμβαίνει διότι η στοματική αγωγιμότητα επηρεάζεται νωρίτερα από την φωτοσύνθεση και μειώνει πρώτη το ρυθμό της. Αφού, λοιπόν η g_s ελαττώνεται πιο γρήγορα από ότι η A , το κλάσμα που ορίζει την ενδογενή AXN θα συνεχίζει να μεγαλώνει μακροπρόθεσμα και έτσι, γίνεται καλύτερη αξιοποίηση του νερού των βαθύτερων στρωμάτων του εδάφους.

MEASUREMENT LEVELS OF GRAPEVINE WATER USE EFFICIENCY



Σχήμα22. Διάφορα επίπεδα μέτρησης της AXN. Τα βέλη εκφράζουν την δυσκολία μετάβασης από το επίπεδο του φύλλου, στον υπόλοιπο φυτού.

(Medrano *et al*, 2015)

Γενικότερα, στόχος των οινοπαραγωγών είναι να αυξήσουν την AXN μέσω περιορισμού του διαθέσιμου νερού, δηλαδή να αυξηθεί η απόδοση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της ράγας

ανά μονάδα νερού. Η εξοικονόμηση νερού με ταυτόχρονη διατήρηση ή και βελτίωση της ποιότητας της πρώτης ύλης θα φανεί εξαιρετικά χρήσιμη στον κόσμο της αμπελουργίας, καθώς τα προβλήματα της κλιματικής αλλαγής γίνονται όλο και πιο αισθητά. Με την ελλειμματική άρδευση-DIή με την μερική ξήρανση του ριζικού-PRD, τα στομάτια των φύλλων κλείνουν μερικώς και όπως αναφέρθηκενωρίτερα, λόγω δευτερεύουσας επιρροής της φωτοσύνθεσης, η AXN αυξάνεται. Αν και το αποτέλεσμα επετεύχθη, πάντα υπάρχει ο κίνδυνος μείωσης του φωτοσυνθετικού ρυθμού και ως απόρροια, περιορισμού της απόδοσης. Πολλές μελέτες διεξάγονται παγκοσμίως προσπαθώντας να βρουν τη «χρυσή τομή» μέσω καλλιεργητικών τεχνικών, βιοτεχνολογίας, γενετικής μηχανικής και άλλων τεχνασμάτων. Δύο πιθανές προσεγγίσεις είναι, είτε το ένζυμο Rubisco της αμπέλου να αποκτήσει μεγαλύτερη απόδοση ή να γίνεται καλύτερη διάχυση του διοξειδίου στις θέσεις καρβοξυλίωσης, χωρίς όμως να αυξηθεί η στοματική αγωγιμότητα (Flexas *et al*, 2010). Μία άλλη μελέτη, που έγινε στην ποικιλία Cabernet Sauvignon, εξέτασε τις διαφορές στη φυσιολογία ανάμεσα στην στάγδην άρδευση και στην άμεση άρδευση του ριζικού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με άμεση παροχή νερού στο ριζικό σύστημα, η απόδοση και η AXN βελτιώθηκαν δίχως να μεταβάλλουν πολύ την σύσταση των ραγών. Το βάρος, το μέγεθος και η πυκνότητα των ραγών μειώθηκε με την ελλειμματική άρδευση, συνεπώς η μορφολογία έχει άμεση σχέση με την άρδευση (Ma *et al*, 2020).

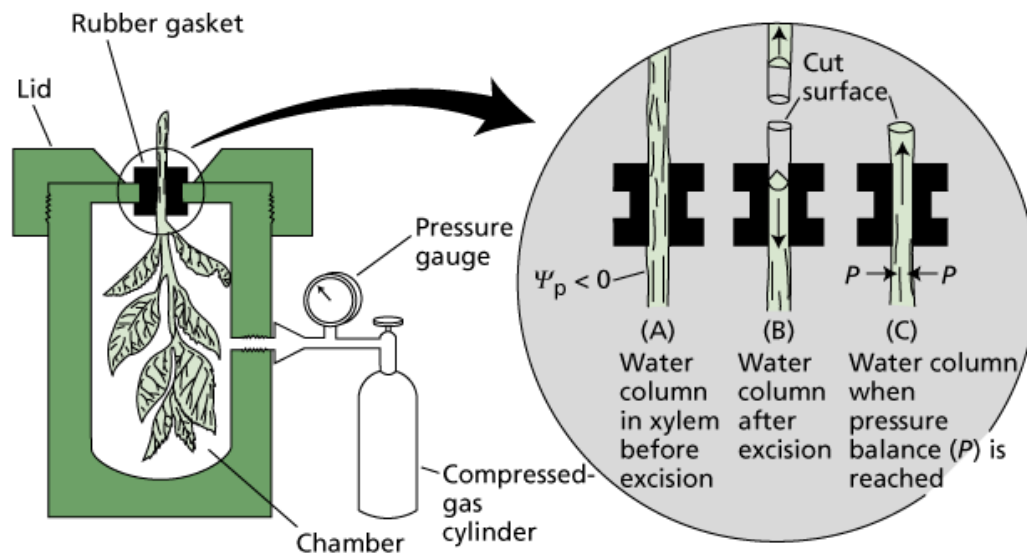
Συμπερασματικά, υπάρχουν πολλές παράμετροι που αξίζει να μελετηθούν και που μπορούν να δώσουν λύσεις στα προσεχή ή και ήδη υπάρχοντα προβλήματα της καλλιέργειας. Η επιρροή της άρδευσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ράγας, στην φυσιολογία και στην ανάπτυξη, το αν το μειωμένο διαθέσιμο νερό είναι η λύση στο πρόβλημα της ξηρασίας λόγω αλλαγής κλίματος, ποιες αμπελουργικές τεχνικές δίνουν τα καλύτερα οργανοληπτικά αποτελέσματα στο σταφύλι, πόσο λειτουργικά είναι τα γενετικά τροποποιημένα φυτά, πώς μπορούν να μειωθούν οι προσβολές από εχθρούς χωρίς την πλεονάζουσα χημική επιβάρυνση των φυτών-οίνωνκαι πολλά ακόμη ερωτήματα, αναμένουν τις κατάλληλες έρευνες για να απαντηθούν, μία και καλή. Σίγουρα έχουν αποκομιστεί πολύτιμες γνώσεις μέσα από τις πολυάριθμες μελέτες των τελευταίων ετών αλλά, δυστυχώς χρειάζονται πολλά παραπάνω βήματα ώστε να είναι ξεκάθαρη η ανταπόκριση των φυτών τόσο στις εναλλασσόμενες κλιματολογικές συνθήκες, όσο και στις τεχνικές καλλιέργειας.

2.2.5 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ Ψ

Το υδατικό δυναμικό είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να εκφράσει την ελευθερία μετακίνησης του νερού αυθόρμητα από υψηλό σε χαμηλό δυναμικό ή αλλιώς, την δυνατότητα παραγωγής έργου. Ορίζεται όπως η πίεση, από το πόση δύναμη ασκείται ανά όγκο επιφάνειας και μπορεί να πάρει μόνο αρνητικό πρόσημο. Επηρεάζεται κυρίως, από τα διαλυμένα μόρια εντός του αρδευτικού νερού, δηλαδή την συγκέντρωσή του και την οσμωτική πίεση-π, από την πίεση σπαργής-P δηλαδή, την υδροστατική πίεση όταν εισέρχεται νερό εντός του κυττάρου και το κυτταρικό τοίχωμα αντιστέκεται στην επιπλέον διόγκωση και από την βαρύτητα. Υπολογίζεται από τον εξής τύπο: $\Psi = \Psi_s(\text{solute/osmotic}) + \Psi_p(\text{pressure})$. Το οσμωτικό δυναμικό έχει αρνητικές τιμές ενώ, το δυναμικό πίεσης παίρνει θετικές λόγω σπαργής και αρνητικές υπό πίεση του ξυλώματος. Η θετική πίεση σπαργής είναι αυτή που ευθύνεται για την διατήρηση του σχήματος των φυτικών οργάνων δίχως σκληρέγχυμα (στηρικτικός ιστός) ή ξύλο. Στο απιονισμένο νερό, το υδατικό δυναμικό είναι μηδέν. Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, μετριέται σε μονάδες πίεσης MPa, όπου 1MPa είναι ίσο με 1.000.000 Pa ή 1Newton/mm² ή 10Bar. Το υδατικό δυναμικό είναι δείκτης του πόσο έχει στρεσαριστεί υδατικά το φυτό. Μία σαφής και αξιόπιστη μέτρηση του Ψ αρκεί για να διαπιστωθεί αν υπάρχει πρόβλημα, χωρίς να χρειάζονται οι έλεγχοι του φωτοσυνθετικού ρυθμού, της διαπνοής και άλλων φυσιολογικών παραμέτρων. Κάτω από ένα όριο Ψ, σταματούν οι βιολογικές λειτουργίες, για αυτό και έχει μεγάλη σημασία η παρακολούθησή του ειδικά όταν εφαρμόζεται ελλειμματική άρδευση. Υπάρχει το υδατικό δυναμικό των φύλλων-Ψ_{leaf}, το Ψ_{stem} για τον βλαστό, το Ψ_{pre-dawn} το οποίο μετριέται στα φύλλα 1-2 ώρες πριν την αυγή και είναι το πιο αξιόπιστο και το Ψ_{midday} για τις μεσημεριανές μετρήσεις. Το Ψ_{midday}, αξιοποιείται για ωριαίες μετρήσεις και μόνο καθώς, δέχεται έντονη επιρροή από το μικροκλίμα των φύλλων.

Η μέτρηση του Ψ, γίνεται με διάφορους τρόπους. Μία ταχεία και ακριβής μέθοδος είναι η χρήση θαλάμου πίεσης(**Pressure Chamber**) όπου εντός του, ασκείται πίεση στο φυτικό όργανο (συνήθως φύλλο ή μικρός βλαστός)με αδρανές-ουδέτερο αέριο. Ανάλογα με το πόση πίεση χρειάστηκε για να βγει το υγρό του ξυλώματος από τα κύτταρα του μεσόφυλλου στην άκρη του μίσχου, υπολογίζεται το Ψ (Εικόνα 1, Σχήμα 23).Αυτή, λέγεται πίεση ισορροπίας και όσο αυξάνεται, τόσο πιο αρνητικές τιμές παίρνει το υδατικό δυναμικό. Επιπλέον, προκαλεί την μεταφορά του νερού εντός των αγγείων του ξυλώματος, όπως ήταν πριν τη δειγματοληψία και για αυτό γίνεται ορατό στην άκρη του μίσχου. Χρησιμοποιείται ευρέως σε

μετρήσεις στο χωράφι, αφού δεν επηρεάζεται από την θερμοκρασία ούτε έχει περίπλοκη εφαρμογή.



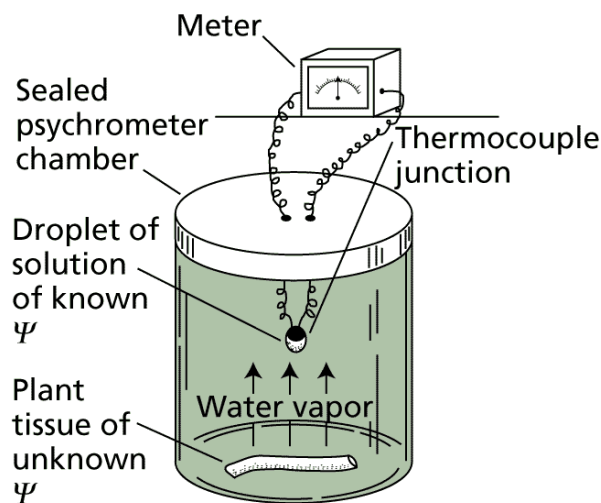
Σχήμα 23. Η μέθοδος του θαλάμου πίεσης για υπολογισμό του Ψ

(<https://iws.oupssupport.com/access/content/taiz-plant-physiology-6e-student-resources/taiz-plant-physiology-6e-topic-3-6-measuring-water-potential>)

Η μέθοδος σταθερού όγκου (**Constant Volume Method**) υπολογίζει χωρίς ακρίβεια το Ψ, με τη βοήθεια διαλυμάτων με ήδη γνωστό υδατικό δυναμικό. Σε ανοιχτούς δοκιμαστικούς σωλήνες ($P_{υδρ.}=0$) μπαίνουν διαλύματα της ίδιας ένωσης με διαφορετικές συγκεντρώσεις. Σε κάθε σωλήνα τοποθετείται ένα κομμάτι του φύλλου ζυγισμένο, ώστε να έχουν όλα το ίδιο βάρος και αφήνονται για μία ώρα. Μετά το πέρας της ώρας ξαναζυγίζονται τα φυλλικά τμήματα και όποιου δεν μεταβλήθηκε το βάρος, μπορεί να θεωρηθεί πως έχει ίδιο Ψ με αυτό του διαλύματος όπου είχε βυθιστεί. Αν το βάρος είχε μεταβληθεί, σημαίνει πως το νερό μετακινήθηκε από υψηλότερο σε πιο χαμηλό Ψ. Δηλαδή, αν το φύλλο είχε πάρει βάρος το νερό μετακινήθηκε από το διάλυμα σε αυτό, άρα το Ψ του διαλύματος ήταν μεγαλύτερο από του φύλλου και αντίθετα. Με τον τρόπο αυτό, υπολογίζεται το εύρος των πιθανών τιμών του Ψ και όχι η ακριβής τιμή του. Η ευκολία και η δυνατότητα διεξαγωγής της μεθόδου αυτής δίχως εξοπλισμό, είναι τα μεγάλα της πλεονεκτήματα (Παπαδάκη,2015).

Η ψυχομετρία χρησιμοποιείται επίσης για υπολογισμό του Ψ. Βασίζεται στη θεωρία πως όσο μειώνεται το υδατικό δυναμικό, πέφτει και η τάση ατμών του νερού. Το όργανο μέτρησης ονομάζεται ψυχρόμετρο (**Psychrometer**) και λαμβάνει τιμές της τάσης ατμών ενός διαλύματος ή δείγματος φυτού, στηριζόμενο στο ότι η εξάτμιση του νερού από μία επιφάνεια, την ψύχει. Γνωστή τεχνική, είναι αυτή της ισοπιεστικής ψυχομετρίας. Εδώ, ένα μικρό

δείγμα φυτικού ιστού μπαίνει σε έναν σφραγισμένο θάλαμο. Εντός του, υπάρχει μία σταγόνα διαλύματος γνωστού Ψ σε επαφή με αισθητήρα θερμότητας. Αν ο ιστός έχει μικρότερο Ψ από την σταγόνα, τότε εξατμίζεται νερό από αυτή και απορροφάται από τον ιστό. Αυτή η μερική εξάτμιση νερού ψύχει την σταγόνα συνεπώς, όσο πιο χαμηλή η θερμοκρασία της, τόσο περισσότερο νερό εξατμίστηκε και τόσο μεγαλύτερη διαφορά Ψ υπήρχε. Το αντίστροφο συμβαίνει όταν το Ψ του ιστού είναι μεγαλύτερο από της σταγόνας, με το νερό να μεταβιβάζεται στη σταγόνα και να προκαλείται αύξηση της θερμοκρασίας. Αν και η σταγόνα και το διάλυμα έχουν ίδιο Ψ , τότε η κίνηση του νερού θα είναι ανύπαρκτη.



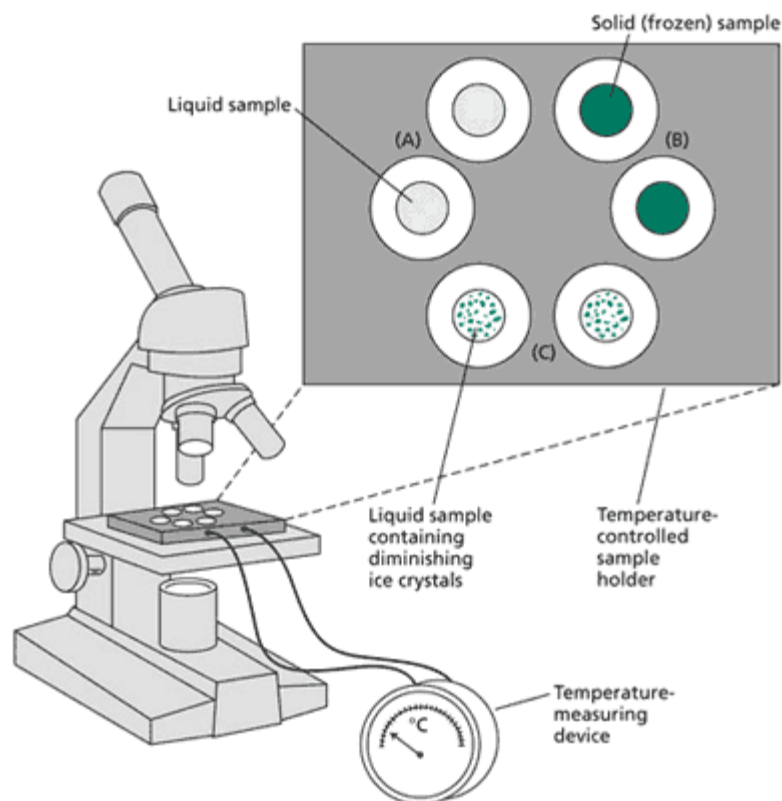
Σχήμα 24. Αναπαράσταση μέτρησης του υδατικού δυναμικού φυτικού ιστού μέσω ισοπνευστικής ψυχομετρίας

(<https://iws.oupssupport.com/access/content/taiz-plant-physiology-6e-student-resources/taiz-plant-physiology-6e-topic-3-6-measuring-water-potential>)

Η μέθοδος της ψυχομετρίας μπορεί να αξιοποιηθεί σε κομμένα ή όχι φυτικά μέρη, σε διαλύματα και επίσης για τον υπολογισμό της πίεσης σπαργής. Έχει πολύ μεγάλη ευαισθησία σε μεταβολές της θερμοκρασίας, συγκεκριμένα, για $0,01^{\circ}\text{C}$ το Ψ αλλάζει κατά $0,1\text{MPa}$, οπότε πρέπει πάντα η μέτρηση να γίνεται σε ελεγχόμενες συνθήκες.

Το κρυοσκοπικό ωσμόμετρο (**Cryoscopic Osmometer**) υπολογίζει το Ψ s διαλύματος μέσω του σημείου ψύξεώς του. Τα διαλύματα έχουν κάποιες ιδιότητες που εξαρτώνται μόνο από την συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας και ονομάζονται προσθετικές. Αποτελούνται από την ελάττωση της τάσης ατμών του διαλύτη, την ανύψωση του σημείου ζέσεως του διαλύτη, την μείωση του σημείου πήξεως του διαλύτη και την ωσμωτική πίεση του διαλύματος (Χατζηκάκου, 2013). Όσο η συγκέντρωση του διαλύματος αυξάνεται, τόσο μειώνεται το

σημείο πήξεως. Εξαιρετικά μικρό δείγμα από το διάλυμα (10^{-9}L) τοποθετείται σε ειδική θέση ελεγχόμενης θερμοκρασίας σε μικροσκόπιο πάνω σε ασημένια βάση, που έχει μεγάλη θερμική αγωγιμότητα και καλύπτεται από έλαιο ώστε να εμποδιστεί η εξάτμισή του. Αρχικά, γίνεται απότομη πτώση στους -30°C και το δείγμα παγώνει. Έπειτα, με πολύ αργούς ρυθμούς αρχίζει να ανεβαίνει και παράλληλα παρακολουθείται η διαδικασία τήξης από το μικροσκόπιο. Μόλις λιώσει και ο τελευταίος κρύσταλλος πάγου στο δείγμα, σημειώνεται η θερμοκρασία. Το Ψ_s υπολογίζεται από τον τύπο $-RTcs$, όπου $R = 0,082 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K}$ σταθερά των αερίων, T η θερμοκρασία τήξης και c_s η συγκέντρωση του δείγματος.

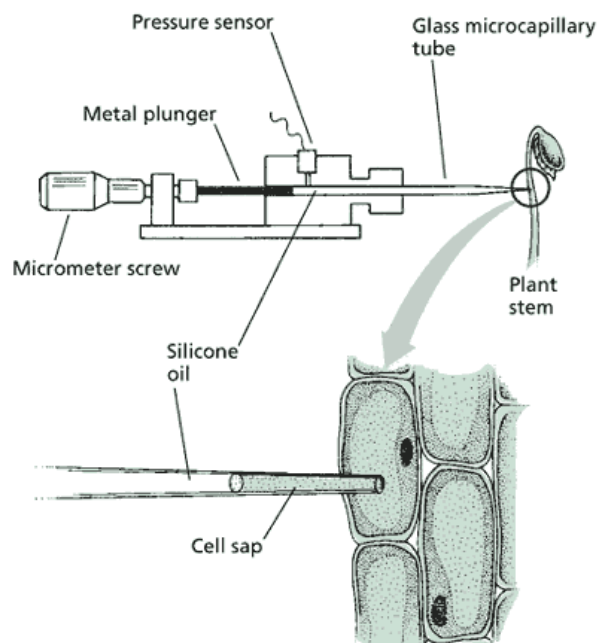


Σχήμα 25. Λειτουργία κρυοσκοπικού ωσμόμετρου

(<https://iws.oupssupport.com/access/content/taiz-plant-physiology-6e-student-resources/taiz-plant-physiology-6e-topic-3-6-measuring-water-potential>)

Το τελευταίο όργανο μέτρησης, αφορά την πίεση σπαργής Ψ_p και λέγεται καθετήρας πίεσης (**Pressure Probe**). Μοιάζει με μία πολύ μικρή, γυάλινη σύριγγα η οποία εισέρχεται εντός του φυτικού κυττάρου. Ο γυάλινος σωλήνας-πιπέτα γεμίζεται με έλαιο σιλικόνης, που είναι ασυμπίεστο και διαφέρει από τα κυτταρικά υγρά στην μικροσκοπική παρακολούθηση. Τα υγρά αυτά, με την εισχώρηση της πιπέτας λόγω διαφοράς πίεσης (υψηλή στο κύτταρο-χαμηλή στο όργανο), περνάνε μέσα στο σωλήνα και σπρώχνουν το έλαιο, με το οποίο όμως

έχουν μια κενή απόσταση. Ο επιστήμονας που πραγματοποιεί την μέτρηση πιέζει το έμβολο της συσκευής και το σύμπλεγμα έλαιο-κενό-υγρό μεταφέρεται προς την άκρη της πιπέτας μέχρι τα υγρά να μπουν πάλι μέσα στο κύτταρο. Σε αυτό το σημείο, η αρχική πίεση σπαργής του κυττάρου έχει αποκατασταθεί και είναι ίση με την πίεση εντός του σωλήνα. Η μέτρηση καταγράφεται μέσω ενσωματωμένου αισθητήρα. Η τεχνική αυτή, εξυπηρετεί τις μετρήσεις υδατικών παραμέτρων μικρών κυττάρων τόσο σε ξεχωριστό δείγμα, όσο και σε ιστό πάνω στο φυτό, δίχως να μεταβάλλει τον όγκο τους. Δυστυχώς, κάποια κύτταρα είναι υπερβολικά μικρά για να μετρηθούν, άλλα έχουν απώλειες υγρών μετά το τρύπημα της πιπέτας και άλλα, βουλώνουν την μύτη του οργάνου.



Σχήμα 26. Απεικόνιση εισχώρησης του σωλήνα στο φυτικό κύτταρο

<https://iws.oupupport.com/access/content/taiz-plant-physiology-6e-student-resources/taiz-plant-physiology-6e-topic-3-6-measuring-water-potential>

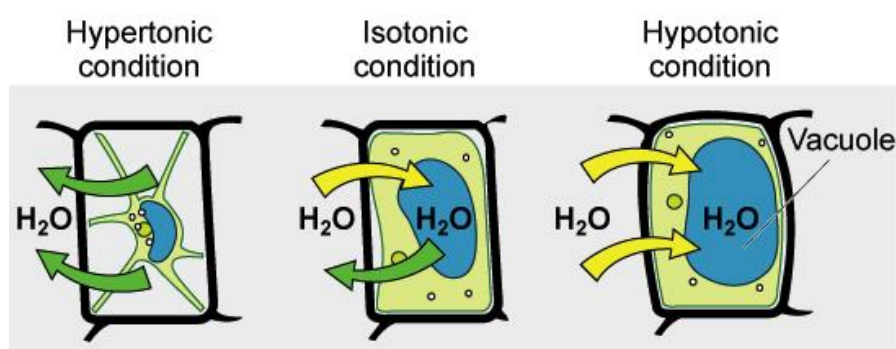
Το υδατικό δυναμικό του βλαστού έχει μία λεπτομέρεια στη διαδικασία μέτρησης. Τα φύλλα καλύπτονται με πλαστικό και αλουμινόχαρτο για τουλάχιστον μισή ώρα πριν την μέτρηση, ώστε να εμποδιστεί η διαπνοή και να εξισωθούν τα Ψ_{leaf} και Ψ_{stem} . Επηρεάζεται από το κλίμα, τις μικρές αλλαγές στην άρδευση και το ρυθμό διαπνοής. Η μέτρηση γίνεται μεταξύ 13:30 και 15:30 και τα αποτελέσματα είναι γενικότερα πιο σταθερά από το Ψ_{midday} . Τα Ψ_{rd} , leaf και stem έχουν πάντα αρνητικό πρόσημο. Το Ψ_{leaf} , εξαιτίας της διαπνοής κατά την διάρκεια της ημέρας και της απώλειας υγρασίας από τα φύλλα, μειώνεται σταδιακά και με διακυμάνσεις. Αντιθέτως, τη νύχτα δεν πραγματοποιείται η διαπνοή και τα Ψ φύλλων και βάσης του φυτού

εξισώνονται, δίνοντας μέγιστες τιμές για το Ψ βάσης τις πρωινές ώρες. Γενικότερα, το υδατικό δυναμικό μειώνεται σε περίπτωση ξηρών συνθηκών. Κατά την περίοδο ανάπτυξης του φυτού, όταν επικρατούν βροχές είναι αναμενόμενο να μην υπάρχει έλλειψη υγρασίας, άρα ούτε και μείωση στο Ψ. Μετά την άνθηση και την καρπόδεση, όταν πλησιάζει ο περκασμός, ξεκινάει μία τακτική άρδευσης ή μη στα φυτά, ανάλογα με το πλάνο του εκάστοτε οινοπαραγωγού. Προκειμένου η άμπελος να δώσει συμπυκνωμένες ράγες, στην ωρίμανση συνήθως επιδιώκεται το στρεσάρισμα του φυτού με κατάργηση-μείωση της άρδευσης. Ένας γνωστός τρόπος περιορισμού της υγρασίας, είναι η στάγδην άρδευση. Συγκεκριμένη ποσότητα νερού πέφτει απευθείας στο χώμα, μειώνοντας την άσκοπη χρήση νερού. Κάτι που αξίζει να σημειωθεί είναι πώς, οι μετρήσεις του $\Psi_{\text{pre-dawn}}$ υπό αυτό το σύστημα άρδευσης, είναι πιθανό να δώσουν παραπλανητική εικόνα της υδατικής κατάστασης του ριζικού, κυρίως, σε εδάφη που δεν συγκρατούν την υγρασία. Μετά από ελαφριά άρδευση, οι ενδείξεις της εδαφικής υγρασίας φαίνονται φυσιολογικές αλλά, το ριζικό υποφέρει από ξηρές συνθήκες. Αυτό, αν δεν ληφθεί υπόψη, θα οδηγήσει σε απρόσμενη και απότομη μείωση του υδατικού δυναμικού του φυτού. Οι επιπτώσεις του, αφορούν τόσο ενδοκυτταρικές λειτουργίες όσο και ευρύτερες ενέργειες του φυτού. Συγκεκριμένα στα κύτταρα, η πίεση σπαργής ελαττώνεται, η ανάπτυξή τους και η βιοσύνθεση μεταβολιτών περιορίζεται, το ABA αυξάνεται προκαλώντας κλείσιμο των στοματίων στα φύλλα κάτι, που στερεί από την φωτοσύνθεση το CO_2 και αυξάνει την φωτοαναπνοή (μεταβολισμός C3). Η ανάπτυξη νέων φύλλων σταματάει προσωρινά με σηματοδότηση του αιθυλενίου, του ABA και Γιββερελλινών (GAs). Όταν ξανά αρχίζει, το φυτό περιορίζει τα μεριστωματικά κύτταρα και παράγει μικρότερα φύλλα που θα καταναλώνουν λιγότερο νερό. Για να επιβιώσει, ρίχνει τα παλαιότερα φύλλα. Η ρίζα επηρεάζεται το λιγότερο καθώς έχει την δυνατότητα να φτάνει το Ψ της σε πιο χαμηλές τιμές από του εδαφικού νερού (ενεργητική οσμωτική εξισορρόπηση των ριζών). Σε πιο έντονο στρες, ο κίνδυνος εμφάνισης εμβολών στα αγγεία του ξύλου είναι μεγάλος, δεν υπάρχουν ανόργανα στοιχεία για να αξιοποιήσει το φυτό και αν δεν γίνει κάποια επέμβαση άμεσα, ο μαρασμός είναι αναπόφευκτος (Καραμπουρνιώτης και Λιακόπουλος, 2014).

Οι αναμενόμενες τιμές ανάλογα με την υδατική διαθεσιμότητα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

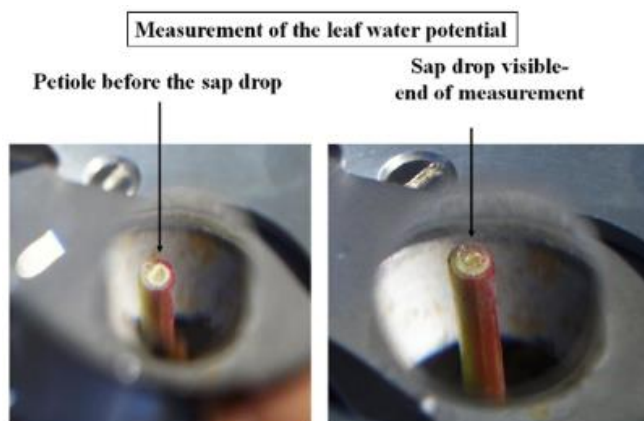
Πίνακας 1. Αναμενόμενες τιμές υδατικού δυναμικού Ψ για διάφορες περιπτώσεις υδατικής διαθεσιμότητας
(Θεοδώρου, 2021)

Υ.Δ.	Ψ_{leaf} (φύλλο)	Ψ_{stem} (βλαστός)	Ψ_{dawn} (φύλλο)
Έντονο στρες	< -1,4	< -1,4	< -0,8
Μέτριο στρες	-1,3 με -1,4	-1,1 με -1,4	-0,5 με -0,8
Ήπιο στρες	-1,1 με -1,3	-0,9 με -1,1	-0,3 με -0,5
Μικρή υδατική έλλειψη	-0,9 με -1,1	-0,6 με -0,9	-0,2 με -0,3
Επαρκής υδατική διαθεσιμότητα	> -0,9	> -0,6	> -0,2



Σχήμα 27. Η πίεση σπαργής εντός του κυττάρου εξαρτάται από το διάλυμα στο οποίο βυθίζεται

(Clark *et al*, 2018)



Εικόνα 1. Μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων με θάλαμο πίεσης. Όταν η σταγόνα είναι ορατή, η μέτρηση τελειώνει και λαμβάνεται η πίεση

(Deloire *et al*, 2020)

Συμπερασματικά, το υδατικό δυναμικό καθιστά εφικτή την μεταφορά νερού από το χώμα στις ρίζες μέσω ώσμωσης και έπειτα, στα φωτοσυνθετικά μέρη. Είναι ένα χρήσιμο εργαλείο παρακολούθησης της υδατικής κατάστασης του φυτού και ρύθμισης της άρδευσης. Συμβάλλει στην εξοικονόμηση νερού, στην εύρεση της ιδανικής παροχής για κάθε ποικιλία και στην λειτουργία άλλων βοηθητικών συσκευών, όπως αισθητήρες ροής, θερμόμετρο υπερύθρου και άλλα. Παίζει καθοριστικό ρόλο στην κατανόηση της αλληλεπίδρασης της υδατικής διαθεσιμότητας με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των σταφυλιών και αποτελεί τον πιο χρήσιμο παράγοντα φυσιολογίας για τους ερευνητές (Θεοδώρου, 2021; Deloire *et al*, 2020; <https://iws.oupsupport.com/access/content/taiz-plant-physiology-6e-student-resources/taiz-plant-physiology-6e-topic-3-6-measuring-water-potential>; https://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Transport-of-Water-and-Solutes-in-Plants.pdf).

2.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΑΜΠΕΛΩΝΑΣ

Η κλιματική αλλαγή έχει ήδη, αφήσει έντονα το «στίγμα» της σε όλο τον πλανήτη, με ακραίες καιρικές συνθήκες να παρατηρούνται αμιγώς. Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα προς αντιμετώπιση είναι η συνεχής ύπαρξη καθαρού και διαθέσιμου, προς χρήση, νερού. Μία βασική αξιοποίησή του, είναι η άρδευση των καλλιεργειών όμως, με την επερχόμενη ξηρασία λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών, τα περιθώρια όσον αφορά μία ανεξέλεγκτη τεχνική άρδευσης στενεύουν. Μεγαλύτερο πρόβλημα εμφανίζεται σε χώρες της Ευρώπης όπως η Γαλλία, η Γερμανία, η Ισπανία, η Πορτογαλία και η Ιταλία καθώς και στην πολιτεία της Καλιφόρνια, στην Νότια Αμερική: Χιλή, Αργεντινή, στην Νότια Αφρική και την Αυστραλία. Συνεπώς, είναι αναγκαία η εύρεση εναλλακτικών μεθόδων, οι οποίες θα εξοικονομούν όσο το δυνατόν περισσότερο νερό. Μία ιδιαίτερα διαδεδομένη είναι η στάγδην άρδευση-Drip Irrigation. Το νερό παρέχεται στα φυτά υπό μορφή σταγόνων, που πέφτουν από έναν οριζόντιο σωλήνα ασφαλισμένο στους πασσάλους του αμπελώνα. Η ποσότητα και η συχνότητα της άρδευσης είναι ελεγχόμενες και προσαρμόζονται ανάλογα με την περίσταση. Για παράδειγμα, η παροχή αυξάνεται σε περιόδους χωρίς βροχές, όπου τα αμπέλια βιώνουν υδατικό στρες και κατά την ανάπτυξη. Έρευνες πραγματοποιούνται γύρω από συστήματα άρδευσης τα οποία θα βασίζονται στην οσμωτική πίεση. Συγκεκριμένα, θα παρακολουθείται η διαπνοή των φύλλων και ανάλογα με την ένταση θα παρέχεται η απαραίτητη υγρασία (1).



Εικόνα 2: Στάγδην άρδευση

[\(https://mazeros.com/wine-growing-in-a-changing-climate-irrigation-must-change-too/\)](https://mazeros.com/wine-growing-in-a-changing-climate-irrigation-must-change-too/)



Εικόνα 3: Αμπελώνας με σύστημα στάγδην άρδευσης

(<https://www.futurefarming.com/tech-in-focus/drip-irrigation-system-to-precisely-deliver-pesticides-to-crops/>)

Οι τεχνικές άρδευσης που βασίζονται σε περίσσεια νερού, όπως για παράδειγμα η κατάκλιση (Εικόνα 4) και ο ψεκασμός (Εικόνα 5), αντικαταστάθηκαν από ελεγχόμενες, οικονομικές και οικολογικές τεχνικές. Η Νότια Αυστραλία δείχνει έντονη προτίμηση στην στάγδην άρδευση, η οποία παρουσιάζει μειωμένη διαπνοή και απώλεια υδρατμών και πιο συγκεκριμένα, στην microεκδοχή της. Η MDI-Micro Drip Irrigation είναι μία ιδιαίτερα ακριβής μέθοδος παροχής νερού και θρεπτικών συστατικών κατευθείαν στο ριζικό σύστημα των φυτών. Εξασφαλίζει επαρκή παροχή νερού, βοηθάει στον έλεγχο της ανάπτυξης και μειώνει τις υδατικές απώλειες (<https://www.kayinga.com.au/water>). Παρά την υψηλότερη τιμή αγοράς και εγκατάστασης, τα αποτελέσματα απόδοσης, ποιότητας, εξοικονόμησης νερού, λιπάσματος και κόστους παραγωγής «εξαλείφουν» κάθε αμφιβολία και δίνουν κίνητρο και σε άλλους παραγωγούς να υιοθετήσουν αυτή την τεχνική (<https://www.thinkwater.com.au/enhanced-irrigation-systems-in-australian-vineyards-to-reduce-water-loss/>). Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα μέτρα που έχουν λάβει οι οινοπαραγωγοί της Νέας Ζηλανδίας. Με στόχο την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση νερού και την μείωση των απωλειών, το 98% των οινοποιών και αμπελουργών καταγράφει το συνολικό νερό που αξιοποιεί, το 92% εφαρμόζει τεχνικές εξοικονόμησης νερού, το 71% και 89% αντίστοιχα, έχει εξοπλιστεί με ανιχνευτές διαρροών ενώ, σχεδόν το 50% των οινοποιείων ανακυκλώνει το νερό που αξιοποιείται για τις ανάγκες καθαρισμού (<https://www.nzwine.com/en/sustainability/focus-areas/water/>).



Εικόνα 4. Κατάκλιση αμπελώνα την χειμερινή περίοδο στη Lujan de Cuyo, Αργεντινή
(<https://www.argentinawineguide.com/resources/irrigation.html>)



Εικόνα 5. Άρδευση αμπελιών με ψεκασμό στη Mendoza, Αργεντινή
(Goode, 2021)

Η βιομηχανία του κρασιού στην Αργεντινή βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην άρδευση. Στην Mendoza, μία από τις κυριότερες οινοπαραγωγικές περιοχές της χώρας, το κλίμα είναι ιδιαίτερα ξηρό, χωρίς βροχές, και με μέτρια υγρασία. Επιρροή ασκεί η έρημος (έντονη

εναλλαγή θερμοκρασίας, ξηρασία) η οροσειρά των Άνδεων (σκιά, υγρασία από λιώσιμο πάγων-χιονιού) καθώς και ο ποταμός Mendoza, από τον οποίο λαμβάνεται το αρδευτικό νερό. Έχουν φτιαχτεί εδώ και πολλά χρόνια, κανάλια άρδευσης και ειδικές πύλες που είτε συγκρατούν το νερό όταν είναι κλειστές, είτε τις ανοίγουν οι παραγωγοί όταν θέλουν να ποτίσουν τις καλλιέργειές τους. Μέχρι πρόσφατα, το «πλημμύρισμα» των αμπελιών αξιοποιόταν από όλους όμως, σιγά σιγά, εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής και της έλλειψης διαθέσιμου νερού, έχουν αρχίσει να υιοθετούν και εκεί, νέες αρδευτικές τεχνικές όπως η στάγδην άρδευση. Το μεγάλο πλεονέκτημα της περιοχής είναι το κλίμα με ζεστές, ξηρές ημέρες και δροσερές νύχτες. Αυτό, συνδυαστικά με ένα αποτελεσματικό πλάνο άρδευσης και την κατάλληλη ποικιλία (όπως η Malbec), είναι το κλειδί για ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα (<https://www.argentinawineguide.com/resources/irrigation.html>; Barth,2021).

Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι βασική απόρροια της κλιματικής αλλαγής. Σε βόρειες χώρες οι νέες αυτές συνθήκες, μεταβάλλουν έντονα τη φάση ανάπτυξης της αμπέλου. Στη Γερμανία η πιο γνωστή οινοπαραγωγική περιοχή είναι το Έσσεν. Εκεί, βρίσκεται ο δρόμος του κρασιού “Rheingau Riesling Route” όπου αμπελώνες με την ποικιλία Riesling εκτείνονται σε ακτίνα 50 χιλιομέτρων επί του ποταμού Ρήνου (Εικόνες 6,7). Έρευνες επιστημόνων έδειξαν, πώς μέχρι το 2050 η μέση θερμοκρασία στο Ρήνο μπορεί να έχει αυξηθεί κατά 2 βαθμούς Κελσίου και η τεχνολογική ωρίμανση των σταφυλιών να λαμβάνει χώρα 10-14 ημέρες νωρίτερα. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των σταφυλιών υπό τις νέες συνθήκες, επηρεάζονται αρνητικά κάτι, που στρέφει πολλούς παραγωγούς προς θερμόφιλες ποικιλίες όπως η Merlot, η Chardonnay και η Cabernet sauvignon (<https://magazine.wein.plus/steady-drop-for-the-good-glass-of-wine-an-irrigation-project-in-the-vineyards-of-the-rheingau-region>).



Εικόνα 6. Αμπελώνας του οινοποιείου Weingut Robert König



Εικόνα 7. Αμπελώνες στις πλαγιές του Ρήνου

(<https://www.winetourism.com/wine-region/rheingau/>)

Η Γαλλία είναι γνωστή ως η χώρα που ξεκίνησε και εφάρμοξε ως σήμερα με μεγάλη αυστηρότητα, τους κανονισμούς περί άρδευσης των αμπελώνων. Όπως έχει αναφερθεί, το 1947 έγινε η θέσπιση της νομοθεσίας από το Institut National de l'Origine et de la Qualité- INAO που αφορούσε οίνους ποιότητας. Το 2007-2008, οι κανονισμοί «χαλάρωσαν» με το INAO να επιτρέπει την άρδευση ως λύση έκτακτης ανάγκης πιθανότατα, λόγω της έντονης ξηρασίας του καλοκαιριού του 2003. Η άρδευση συνεχίζει να απαγορεύεται για την περίοδο

από 1η Μαΐου ως τον τρύγο με δυνατότητα όμως, λήψης αδειάς υπό αυστηρή παρακολούθηση και μόνο ως 15 Αυγούστου. Επίσης, το 2017 επετράπη η υπόγεια άρδευση και καθορίστηκαν όρια σχετικά με την απόδοση. Υπό άρδευση δεν επιτρέπεται να ξεπεραστεί η βασική απόδοση ενώ, το ανάποδο ισχύει σε μη αρδευόμενες περιοχές. Με τον τρόπο αυτό, περιορίζεται η αύξηση της απόδοσης μέσω άρδευσης. Οι κανονισμοί για τους επιτραπέζιους οίνους είναι πιο ελαστικοί. Οι οινοπαραγωγοί έπειτα από την απόφαση, αυτή χωρίστηκαν σε δύο μεριές, με τους μεν να ανακουφίζονται που μπορούν να αρδεύσουν και τους δε, να φοβούνται την αλλοίωση της ποιότητας των οίνων και του terroir της περιοχής (https://harpers.co.uk/news/fullstory.php/aid/1598/INAO_SIGNALS_RELAXATION_OF_A_OC_IRRIGATION_LAW.html; Karlsson, 2017). Το 2022 έγινε έκκληση στο INAO από τους παραγωγούς του Bordeaux, για προσωρινή άρση της απαγόρευσης της άρδευσης. Η άδεια δόθηκε και στις τρεις περιοχές (Pessac-Léognan, Pomerol, Saint-Emilion) εξαιτίας της έντονης ξηρασίας και του υδατικού στρες που είχαν υποστεί τα φυτά και ίσχυε μέχρι 15 Αυγούστου του 2022. Βέβαια, οι περιορισμοί και οι έλεγχοι δεν έλειπαν καθώς, τουλάχιστον δύο ημέρες πριν την οποιαδήποτε επέμβαση έπρεπε να γίνει ενημέρωση του συνδικάτου της περιοχής με ακριβείς πληροφορίες για την τεχνική άρδευσης, την ποικιλία και την έκταση του αμπελώνα όπου θα εφαρμοστεί. Αν η αίτηση γινόταν δεκτή, τότε προχωρούσαν στην άρδευση. Αύξηση απόδοσης με άρδευση απαγορευόταν αυστηρά και οι παραβάτες θα δέχονταν πρόστιμο 3.750 ευρώ (Hindle, 2022; Mileham, 2022).

Στην Νότια Αφρική έρευνα του SAWIS-South Africa Wine Industry Information and Systems το 2018, παρουσίασε δεδομένα πολύ έντονης ξηρασίας, αδυναμίας άρδευσης και μείωσης της απόδοσης σχεδόν στο 50%. Τα περισσότερα οινοποιεία αντιμετώπισαν μεγάλες δυσκολίες αλλά, υπήρχαν και άλλα που κατάφεραν και αύξησαν τις αποδόσεις τους με λίγη αλλά σωστά εφαρμοζόμενη άρδευση (Lowe, 2018). Το 2021, άλλη έρευνα του SAWIS, έδειξε πώς σε διάρκεια ενός χρόνου, μειώθηκε η συνολική έκταση των αμπελώνων κατά 1.493 εκτάρια, με το Chenin blanc και το Colombard να έχουν κυρίως ξηλωθεί. Παρόλα αυτά, την μεγαλύτερη έκταση αμπελιών την έχουν αυτές οι δύο και ακολουθεί η Sauvignon blanc, η Cabernet sauvignon, η Syrah και η Pinotage. Τα περισσότερα αμπέλια αρδεύονται με στάγδην άρδευση ή με κατάκλιση όμως, ένα καλό ποσοστό (24%) των αμπελώνων δεν δέχεται καμία άρδευση (Karlsson, 2022).

Τα τελευταία 10 χρόνια στην Χιλή εμφανίζεται πολύ έντονη ξηρασία. Το γεγονός αυτό, προκαλεί την ανησυχία των καλλιεργητών καθώς, το 70% της υδατικής κατανάλωσης της χώρας αφορά την γεωργία. Ήδη, αρκετοί έχουν εγκαταλείψει τις εκτάσεις τους και όσοι

μένουν, ψάχνουν απεγνωσμένα μία λύση (<https://www.bnamericas.com/en/features/drought-casts-lengthening-shadow-over-chiles-wineries>).

Στην Αμερική και συγκεκριμένα στην πολιτεία της Καλιφόρνια, βρίσκεται μία από τις σημαντικότερες οινοπαραγωγικές περιοχές του κόσμου, η κοιλάδα της Νάπα. Φυσικά, οι νέες κλιματολογικές συνθήκες δεν άργησαν να αφήσουν και εκεί το στίγμα τους, καθιστώντας αναγκαία την αναπροσαρμογή των καλλιεργητικών τεχνικών. Το 2021 ήταν μία εξαιρετικά ξηρή χρονιά, με την μέγιστη δυνατή άρδευση να μην «προλαβαίνει» την ξηρασία και τα θρεπτικά συστατικά να μην μπορούν να φτάσουν ως το ριζικό λόγω περιορισμένου νερού (<https://wineindustryadvisor.com/2022/03/07/californias-megadrought-to-hit-the-wine-industry-hard-new-2021-irrigation-report>). Το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια εξέδωσε ένα πλάνο άρδευσης υπό περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού για να βοηθήσει τους καλλιεργητές και η Περιφέρεια Διατήρησης των Πόρων της Κομητείας της Νάπα-NapaCountyResourceConservationDistrict (Napa RCD) προσφέρθηκε να διεξάγει τις αξιολογήσεις της άρδευσης για τους αμπελώνες. Μέσω αυτών, μπορεί να βελτιωθεί η AXN και η απόδοση των αρδευτικών συστημάτων και ως απόρροια, των φυτών. Οι έλεγχοι αυτοί, φτάνουν τα 2.000 δολάρια (περίπου 1.858 ευρώ) σε κόστος. Η NapaRCD προσφέρεται να κάνει την πρώτη αξιολόγηση δωρεάν, με την προϋπόθεση πώς οι καλλιεργητές θα παρέχουν για 2-4 ώρες βοήθεια στα χωράφια μέχρι την ολοκλήρωσή της. Μέσω της διαδικασίας αυτής, οι οινοπαραγωγοί αποκτούν πολλές γνώσεις πάνω στο κομμάτι της «έξυπνης» άρδευσης και του πώς αξιοποιείται προς όφελός τους, πιθανά ερωτήματά τους απαντώνται από το προσωπικό της RCD ενώ, η ίδια η αναφορά εν τέλει, παρέχει τόσο ενημερωτικό υλικό, όσο και μέτρα βελτίωσης (<https://naparcd.org/irrigation/>).



Εικόνα 8. Αμπελώνες στην Κοιλάδα της Νάπα

(Ψιλιώτη, 2022)

Το Ισραήλ είναι μία από τις χώρες που υποφέρουν από ξηρασία και η καλλιέργεια αμπελιών καταναλώνει μεγάλο όγκο νερού, επιδεινώνοντας το πρόβλημα. Μέσω της επινόησης «έξυπνων» αρδευτικών συστημάτων αυτό διορθώνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό καθώς, δεν ξοδεύεται παρά το εντελώς απαραίτητο νερό για την φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών και την εξασφάλιση μίας αποδοτικής παραγωγής. Συγκεκριμένα, μία αγρονομική ερευνητική ομάδα της χώρας κατάφερε να φτιάξει ένα σύστημα παρακολούθησης για επιτραπέζια και οινοποιήσιμα σταφύλια. Με χρήση αρκετών αισθητήρων που εστιάζουν στην παροχή του νερού, την υγρασία, την ταχύτητα του αέρα και την ακτινοβολία θα υπολογίζεται η διαπνοή και έπειτα η υδατική ανάγκη του κάθε φυτού. Έτσι, θα εξοικονομούνται υδατικοί πόροι, κάτι που ωφελεί το περιβάλλον αλλά και τους παραγωγούς, αφού θα μειωθούν τα έξοδα άρδευσης. Επιπρόσθετα, οι οίνοι που προέρχονται από υδατικό στρες δηλαδή, όχι από περίσσεια αλλά μειωμένη άρδευση των αμπελιών, έχουν βελτιωμένο προφίλ και ποιότητα άρα, η τιμή τους θα είναι αυξημένη. Βασικές οινολογικές περιοχές διατηρούν τις παραδοσιακές μεθόδους καλλιέργειας, προσπαθώντας να «αντισταθούν» στην κλιματική αλλαγή, είναι αβέβαιο όμως, για πόσο ακόμη θα μπορούν να ρισκάρουν τις παραγωγές τους, πριν αναγκαστούν να προσαρμοστούν και αυτοί στις νέες συνθήκες (2).

2.4 ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΡΑΓΑΣ

2.4.1 ΣΤΑΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Το νερό είναι αναπόσπαστο κομμάτι της καλλιέργειας φυτών, είτε προέρχεται από άρδευση είτε, από το κλίμα. Για την άμπελο, κάποια από τα στάδια ανάπτυξής της είναι πολύ σημαντικό να συνοδεύονται από παροχή νερού. Αρχικά, σε νέες φυτεύσεις όπου τα φυτά είναι νεαρά, πρωταρχικός στόχος είναι η ανάπτυξη ενός εκτενούς ριζικού συστήματος και η έντονη ζωηρότητα. Η τελευταία, θα επιφέρει τη δημιουργία μεγάλης φυλλικής επιφάνειας και ως απόρροια, θα πραγματοποιείται έντονη φωτοσύνθεση και ανάπτυξη του φυτού. Συνεπώς, οποιαδήποτε απόπειρα στρεσαρίσματος της αμπέλου σε μικρή ηλικία, θα έχει αρνητικές συνέπειες περιορισμένης ανάπτυξης. Επειδή η άρδευση σχετίζεται έντονα με το στάδιο στο οποίο εφαρμόζεται, θα γίνει πρωτίστως μία εισαγωγή στα στάδια ανάπτυξης της αμπέλου.

Η φύτευση νέου αμπελώνα συνήθως πραγματοποιείται την περίοδο Ιανουάριο-Μάρτιο. Τα πρώτα 1-3 χρόνια αφιερώνονται στην σωστή διαμόρφωση του φυτού και στην ενδυνάμωσή του. Ο πρώτος τρύγος γίνεται συνήθως στα 3-5 χρόνια ενώ, μετά από 30-40 χρόνια η παραγωγικότητα μειώνεται. Ο κύκλος ανάπτυξης της αμπέλου περιλαμβάνει δύο βασικά κομμάτια: την βλαστική περίοδο (Μάρτιος-Νοέμβριος) και την χειμερινή ανάπαυση (Μέσα Νοεμβρίου-Μάρτιο). Τα στάδια και η χρονική στιγμή που λαμβάνει χώρα το καθένα εξαρτώνται από παράγοντες όπως η ποικιλία, το κλίμα , το έδαφος και οι καλλιεργητικές τεχνικές. Με το ξεκίνημα της άνοιξης, τα αμπέλια «ξυπνούν» από το χειμερινό λήθαργο κάτι, που σηματοδοτείται από την δακρύρροια στα σημεία κλαδέματος. Ακολουθεί η έκπτυξη των ταχυφύων οφθαλμών ως τις αρχές Απριλίου. Στο σημείο αυτό, χρειάζεται πολλή προσοχή στα κρυοπαγήματα που μπορεί να προκληθούν και να καταστρέψουν τα μάτια. Σε αυτές τις περιπτώσεις βλασταίνουν οι λανθάνοντες οφθαλμοί. Περίπου τον Μάιο, αρχίζουν να αναπτύσσονται οι νεαροί βλαστοί και τα πρώτα φύλλα. Τον Ιούνιο, είναι η περίοδος σχηματισμού των ταξιανθιών. Τα λευκά άνθη αναπτύσσονται σε βοτρυώδη ταξιανθία-φόβη. Αυτό, κρατάει περίπου 10 ημέρες. Τα ερμαφρόδιτα άνθη μετά την γονιμοποίηση μέσω του αέρα και την ανθόρροια, αποτελούν την αφετηρία της σταφυλής-στάδιο του μπιζελιού. Η καρπόδεση λαμβάνει χώρα όταν έχει πλέον σχηματιστεί η ράγα, η οποία έχει υψηλή οξύτητα. Τα φαινολογικά αυτά στάδια, παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 9. Φαινολογικά στάδια αμπέλου

(Vincent *et al*, 2012)

Στην ανάπτυξη των ραγών πρέπει να δίνεται προσοχή στις καιρικές συνθήκες καθώς, χαμηλές θερμοκρασίες και βροχοπτώσεις μπορούν να αναστέλλουν την ανάπτυξη, ενώ από την άλλη, τυχόν πολύ ψηλές θερμοκρασίες μπορούν να οδηγήσουν το αμπέλι στην αποπληξία, ακόμη και στο να ξεραθεί. Ακολουθεί ο περκασμός-γυάλισμα. Διαρκεί περίπου 15-20 ημέρες. Εδώ, οι ράγες είναι σκληρές, πράσινου χρώματος και ανάλογα με την ποικιλία εξελίσσονται εντός μίας ημέρας, σε ημιδιαφανές και χρυσό-κίτρινο-πράσινο για τις λευκές και σε κόκκινο, σκούρο μπλε ή μωβ για τις ερυθρές. Σε αυτό το στάδιο μπορεί να γίνει ο «πράσινος τρύγος» όπου περίσσεια τσαμπιών κόβεται από το φυτό για να ενισχυθούν περισσότερο ποιοτικά, τα

εναπομείναντα σταφύλια. Επίσης, γίνονται αλλαγές στη χημική σύσταση, το μέγεθος και στην υφή. Οι ράγες πλέον είναι πιο μαλακές, το βάρος διπλάσιο και το ποσοστό των σακχάρων έχει αυξηθεί εις βάρος των οξέων. Τους καλοκαιρινούς μήνες Ιούλιο-Αύγουστο γίνεται η ωρίμανση των σταφυλιών, η διαμόρφωση των αρωμάτων και των λοιπών οργανοληπτικών. Τα σάκχαρα αυξάνονται και η οξύτητα πέφτει όσο περισσότερο μένουν τα σταφύλια στο φυτό. Το σταφύλι παρακολουθείται στενά ώστε να καθοριστεί η ημέρα του τρύγου. Αν δεν γίνει τρύγος, μετά το στάδιο της ωρίμανσης ακολουθεί το στάδιο της υπερωρίμανσης, κατά τη διάρκεια του οποίου το σταφύλι δεν μεταβάλλεται όσον αφορά την σύσταση και ξεκινάει η εξάτμιση του νερού με τη διαπνοή. Με αυτή τη μέθοδο παράγονται κρασιά μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε σάκχαρα. Μετά το πέρας του υπερώριμου τρύγου (αν γίνει), πλησιάζει η χειμερινή ανάπαυση. Η περίοδος λήθαργου ξεκινά αμέσως μετά την πτώση των φύλλων και τα αμπέλια δεν πραγματοποιούν σχεδόν δραστηριότητα, εκτός της επιμήκυνσης του ριζικού και της αποθήκευσης ενέργειας, η οποία θα αξιοποιηθεί για την επόμενη έκπτυξη των οφθαλμών. Σε περιοχές με τροπικό κλίμα αυτό το στάδιο δεν υπάρχει καθώς οι θερμοκρασίες δεν πέφτουν κάτω από τους 10-12°C και η βλαστική περίοδος επιμηκύνεται και διαρκεί έως και 100-130 ημέρες. Την περίοδο Δεκέμβριο - Φεβρουάριο γίνονται τα χειμερινά κλαδέματα. Το κλάδεμα διαμορφώνει τον αμπελώνα και την απόδοση που θα έχει την επόμενη χρονιά(<https://wikifarmer.com/el/%CF%84%CE%BF-%CF%86%CF%85%CF%84%CF%8C-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B1%CE%BC%CF%80%CE%AD%CE%BB%CE%BF%CF%85-%CF%8C%CE%BB%CE%B1-%CF%8C%CF%83%CE%B1-%CF%80%CF%81%CE%AD%CF%80%CE%B5%CE%B9-%CE%BD%CE%B1-%CE%B3/>;<https://www.bourrasse.com/en/the-lifecycle-of-a-vine/>;<https://theonlinewinecourse.com/life-cycle-of-a-vine/>;<https://wineplus.gr/el/wine-school/%CE%9F-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CE%BA%CF%8D%CE%BA%CE%BB%CE%BF%CF%82-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%B1%CE%BC%CF%80%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CF%8D.9/>)

Όσον αφορά την άρδευση, πέρα από την νέα φύτευση που, όπως αναφέρθηκε, απαιτείται συνεχής παροχή, πολύ σημαντική περίοδος είναι αυτή από την άνθηση ως την καρπόδεση. Τα μικρά, λευκά άνθη έχουν μεγάλη ευαισθησία στις καιρικές συνθήκες και στις καταπονήσεις του φυτού γι' αυτό, δεν πρέπει να προκληθεί έντονο υδατικό στρες καθώς, μπορεί να επιφέρει

την πτώση των ανθέων και την μείωση της παραγωγής. Μία μικρή ως ήπια έλλειψη είναι αποδεκτή. Από την καρπόδεση ως τον περκασμό, υδατική έλλειψη θα μειώσει το μέγεθος της ράγας σε μη αντιστρεπτό βαθμό. Τα κύτταρα θα μειώσουν την δραστηριότητά τους και τον αριθμό τους και μειωμένη δράση θα έχουν και οι ορμόνες ανάπτυξης (γιββερελλίνες, κυτοκινίνες). Μετά τον περκασμό, έντονη υδατική έλλειψη οδηγεί σε συρρίκνωση της ράγας αλλά εδώ είναι αντιστρεπτή η μεταβολή του μεγέθους. Με σταδιακή μείωση της άρδευσης το μέγεθος μειώνεται και παράλληλα οι συγκεντρώσεις των ενώσεων εντός της μεγαλώνουν, δηλαδή βελτιώνεται ποιοτικά η σύσταση της ράγας (Τσαγγαράτος, 2020). Στην ωρίμανση, μικρές, συχνές αρδεύσεις μπορούν να βοηθήσουν ποιοτικά το σταφύλι αλλά συνήθως δεν γίνεται κάποια επέμβαση καθώς, περίσσεια υγρασίας θα δημιουργήσει επιπλοκές στην ωρίμανση και στην σύσταση των ραγών. Αυτός είναι και ο λόγος που σε περίπτωση βροχής λίγο πριν τον τρύγο, οι παραγωγοί καθυστερούν το μάζεμα για κάποιες μέρες μέχρι να «στραγγίξουν» τα σταφύλια και να επανέλθει η επιθυμητή σύστασή τους. Μετά τον τρύγο, στόχος είναι η άμπελος να ξυλοποιηθεί σωστά, να αποθηκεύσει ενέργεια και να ανταποκριθεί στις δυσμενείς χειμερινές συνθήκες. Για να συνεχίσει να αναπτύσσεται για όσο το δυνατόν περισσότερο καιρό, χρειάζεται την φυλλική επιφάνεια η οποία, με άρδευση καθυστερεί να χάσει τα φύλλα της. Για αυτό, αναπληρώνεται πλήρως η υγρασία που χάνει το φυτό ή φτάνει μέχρι ένα πολύ ήπιο στρες. Σε οίνους ταχείας κατανάλωσης, όπου δεν δίνεται πολλή προσοχή στη σύσταση των καρπών, η άρδευση μπορεί να εφαρμοστεί πλήρως σε όλα τα στάδια ανάπτυξης, με μία μικρή μείωση από τον περκασμό ως τον τρύγο. Σε οίνους που προορίζονται για παλαίωση από την άνθηση και μετά ξεκινάει η σταδιακή μείωση της άρδευσης μέχρι το σημείο του μέτριου-έντονου στρες. Σε ποιοτικούς οίνους είναι περιορισμένη ή και απαγορευμένη η άρδευση από την νομοθεσία, όπως στην περίπτωση της Γαλλίας.

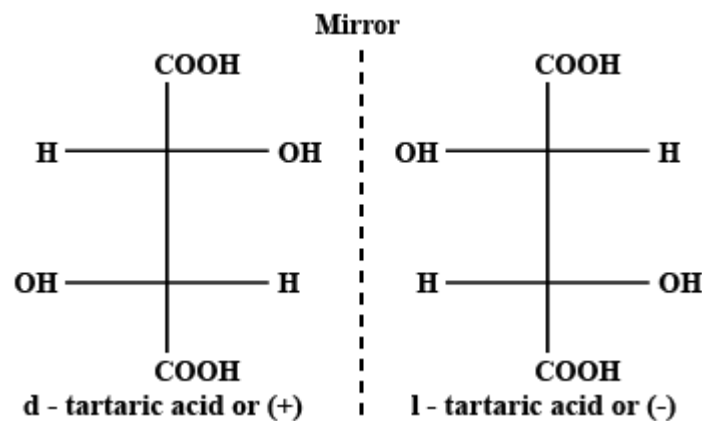
Γενικότερα, μέσω της τεχνολογίας έχει καταστεί εφικτή η παρακολούθηση των αναγκών των φυτών και η ακριβής παροχή νερού που πρέπει να εφαρμόζεται. Μετριέται το υδατικό δυναμικό, το ανοδικό ρεύμα- ξύλωμα, η διαπνοή, η εδαφική υγρασία, η φωτοσύνθεση, η απόδοση των φωτοσυστημάτων και άλλες παράμετροι. Υπάρχουν όργανα άμεσης μέτρησης, καταγραφικές συσκευές που είναι πιο χρονοβόρες, καινοτόμες μέθοδοι όπως της υπέρυθρης θερμομετρίας για την διαπνοή και την στοματική αγωγιμότητα, οι τεχνικές μέτρησης του υδατικού δυναμικού, της πίεσης σπαργής και των ισοτόπων $\delta^{13}\text{C}$. Τα τελευταία, υπό υδατική έλλειψη ενσωματώνονται στο φυτό από τον αέρα των μεσοκυττάρων χώρων, έναντι των ^{12}C λόγω κλεισίματος των στοματίων και δίνουν μία αξιόπιστη εικόνα της υδατικής κατάστασης για όλη την καλλιεργητική περίοδο. Ακριβώς το ίδιο συμβαίνει με τα ισότοπα του οξυγόνου.

Υπό στρες, αυξάνεται το $\delta^{16}\text{O}$ έναντι του $\delta^{18}\text{O}$. Η συνδυαστική μέτρηση των $\delta^{13}\text{C}$ και $\delta^{18}\text{O}$ βοηθά στην κατανόηση των μηχανισμών της διάχυσης και της καρβοξυλίωσης του CO_2 κατά τη φωτοσύνθεση, υπό συνθήκες έλλειψης νερού, καθώς η τιμή του $\delta^{13}\text{C}$ επηρεάζεται και από τους δύο μηχανισμούς ενώ αυτή του $\delta^{18}\text{O}$ μόνο από τον πρώτο (<https://wikifarmer.com/grapes-irrigation-and-water-management/>; Θεοδώρου, 2021).

2.4.2 ΥΔΑΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΟΞΥΤΗΤΑ

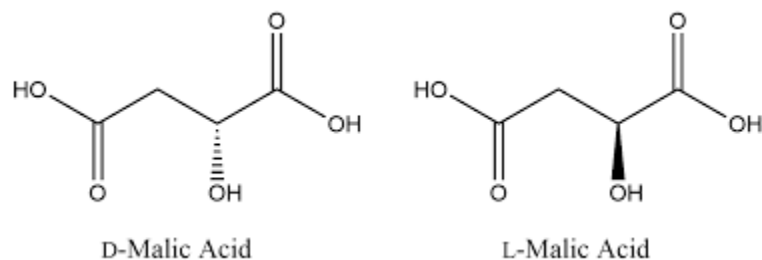
Τα οξέα που συναντώνται στους οίνους κατατάσσονται στα οργανικά (ενώσεις που περιέχουν άνθρακα) και υπάρχουν είτε φυσικά στο σταφύλι, μπορούν να παραχθούν κατά την πορεία της ζύμωσης ή κατά την δράση άλλων μικροοργανισμών, συνήθως ανεπιθύμητων. Το D(-) τρυγικό (2,3-διυδροξυ-ηλεκτρικό οξύ), το κιτρικό και το L (-) μηλικό (υδροξυ-βουτανοδιοϊκό οξύ) είναι τα βασικά οξέα του οίνου. Μεταφέρονται από τα σταφύλια στο γλεύκος και έπειτα στο προϊόν. Το τρυγικό, ως το πιο ισχυρό του οίνου, έχει την μεγαλύτερη επιρροή στο pH. Το κιτρικό οξύ δεν έχει τόσο μεγάλη συγκέντρωση όσο το τρυγικό και το μηλικό. Γενικότερα, τα οξέα περιορίζονται όταν τα σάκχαρα είναι αυξημένα. Επίσης, η παραγωγή αιθανόλης κατά την ζύμωση μειώνει την διαλυτότητα του μούστου. Έτσι, επέρχεται ο σχηματισμός αλάτων του τρυγικού οξέος, όξινο τρυγικό κάλιο και τρυγικό ασβέστιο (τρυγία), τα οποία δεσμεύουν οξύ και η συγκέντρωσή του μειώνεται. Άλλα οξέα των σταφυλιών είναι το οξαλικό (οξειδωση τρυγικού), το γλυκονικό (όταν έχει γίνει προσβολή από τον μύκητα της φαιάς σήψης-Μονίλια και από Βοτρύτη) και τα σακχαρικά/ουρονικά οξέα. Στο γλεύκος συναντώνται εκτός των τριών βασικών, το ηλεκτρικό, το οξαλικό HCOO-COOH, συνήθως μαζί με Fe³⁺ και το ασκορβικό (Βιταμίνη C). Το σύμπλοκο του οξαλικού οξέος μπορεί να προκαλέσει ίζημα του αντίστοιχου άλας ασβεστίου στον οίνο, αν δεν αποσιδηρωθεί σωστά. Όσον αφορά το ασκορβικό οξύ, πέρα από τις αντιοξειδωτικές του ιδιότητες (πάντα με την παρέα του θειώδη ανυδρίτη), αποτελεί τροφή για τις ζύμες και για αυτό δεν βρίσκεται φυσικά στα κρασιά. Κατά την ζύμωση, από τα σάκχαρα παράγεται ηλεκτρικό οξύ, που είναι πολύ ανθεκτικό στα βακτήρια και ιδιαίτερο γευστικά. Προσβολή από τα μηλογαλακτικά βακτήρια συνήθως τα *Oenococcus oeni*, μετατρέπει το μηλικό οξύ σε L (+) γαλακτικό, ένα πιο ήπιο οξύ, μειώνοντας έτσι την οξύτητα και καλύπτοντας το φυτικό του άρωμα. Αυτό, σε ορισμένες περιπτώσεις κυρίως ερυθρών οίνων, είναι επιθυμητό για το «μαλάκωμα», το σώμα και τα πτητικά συστατικά. Άλλα βακτήρια, που έχουν μεγάλη σημασία, είναι τα οξικά. Αυτά, οξειδώνουν την αιθανόλη σε οξικό οξύ- CH₃COOH (οσμή ξιδιού) προσβάλλουν το κιτρικό οξύ και αλλοιώνουν το αρωματικό και γευστικό προφίλ του οίνου ή του γλεύκους. Πυροσταφυλικό οξύ ανιχνεύεται λόγω της γλυκόλυσης (κύκλος διάσπασης γλυκόζης) και αξιοποιείται τόσο για τη δημιουργία αιθανόλης κατά τη ζύμωση όσο και από τα γαλακτικά βακτήρια σε περίπτωση προσβολής, προς σύνθεση D (-) γαλακτικού οξέος. Το γαλακτικό οξύ είναι το περισσότερο χημικώς και

βιολογικώς σταθερό οξύ του οίνου και γι' αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί, μαζί με το τρυγικό και το κιτρικό, για την αύξηση της οξύτητας ορισμένων οίνων. Όταν τα επίπεδά του είναι υψηλά, ελέγχεται η συγκέντρωση του μηλικού οξέος για μηλογαλακτική ζύμωση-MLF. Η γαλακτική προσβολή, όπως ονομάζεται η δράση των γαλακτικών βακτηρίων, «στοχεύει» τα σάκχαρα, το κιτρικό οξύ (μετατρέπεται σε διακετύλιο και έπειτα σε οξικό οξύ), την γλυκερίνη και το τρυγικό οξύ, παρόλο που είναι το πιο ανθεκτικό από τα οργανικά οξέα σε βακτηριακές προσβολές, συνεπώς, ελέγχονται και αυτά. (<https://www.enologylab.gr/%CE%B3%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%BF%CE%BE%CF%8D>). Σε περιπτώσεις αμφιβολίας ως προς την υγιεινή, η ύπαρξη βουτυρικού, προπιονικού, μυρμηκικού-μεθανικού και γλυκονικού οξέος «προδίδει» την ύπαρξη μόλυνσης από μηλογαλακτικά ή γαλακτικά βακτήρια, προσβολή από έντομα και φαιά, τεφρά σήψη αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, η αυξημένη συγκέντρωση κιτρικού οξέος στο σταφύλι (0,8-1 γρ./λίτρο) υποδεικνύει πώς έχει αναπαραχθεί ο μύκητας της τεφράς σήψης, *Botrytis cinerea*.



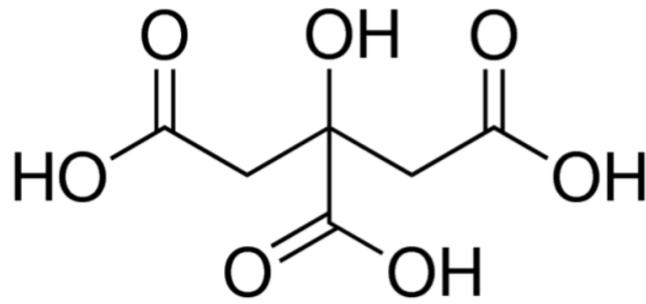
Σχήμα 28. Δομές τρυγικού οξέος

(<https://www.toppr.com/ask/en-bd/question/dtartaric-acid-and-ltartaric-acid-are-2/>)



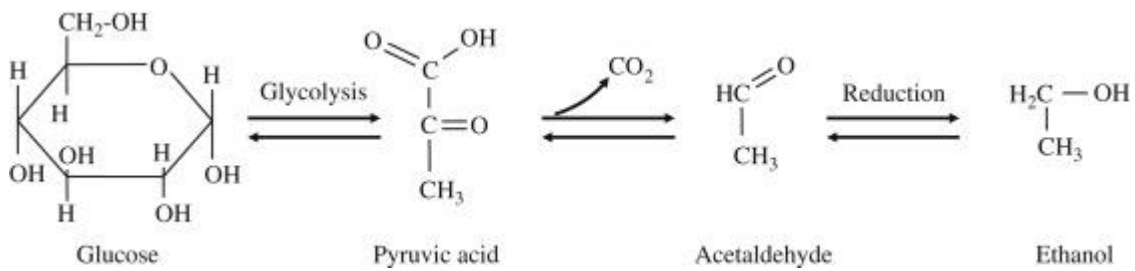
Σχήμα 29 . Δομές μηλικού οξέος

(Bergfeld *et al*, 2017)



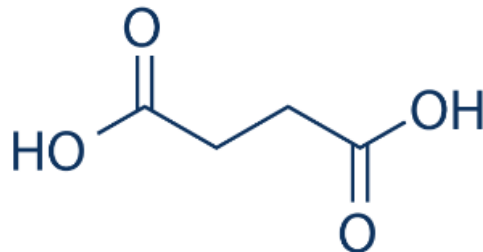
Σχήμα 30. Δομή του κίτρικού οξέος

(<https://www.scientificlabs.ie/product/C0759-500G>)



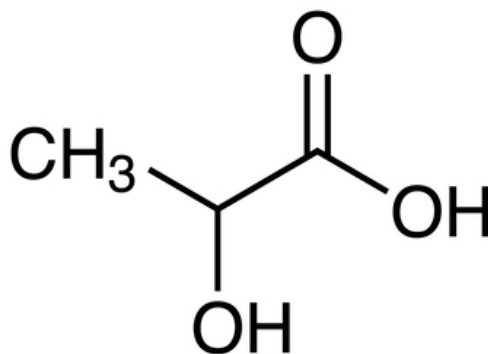
Σχήμα 31. Το πυροσταφυλικό οξύ στην πορεία παραγωγής αιθανόλης

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978012388438100011X>)



Σχήμα 32. Δομή του ηλεκτρικού οξέος

(<https://www.selleckchem.com/products/succinic-acid.html>)



Σχήμα 33. Δομή του γαλακτικού οξέος

(<https://www.tcichemicals.com/GB/en/p/L0226>)

Η οξύτητα είναι ένα από τα σημαντικότερα οργανοληπτικά στοιχεία ενός οίνου καθώς του προσδίδει ένταση, ενδιαφέρον, φρεσκάδα και πολυπλοκότητα στη γεύση. Έχει τρεις εκφράσεις:

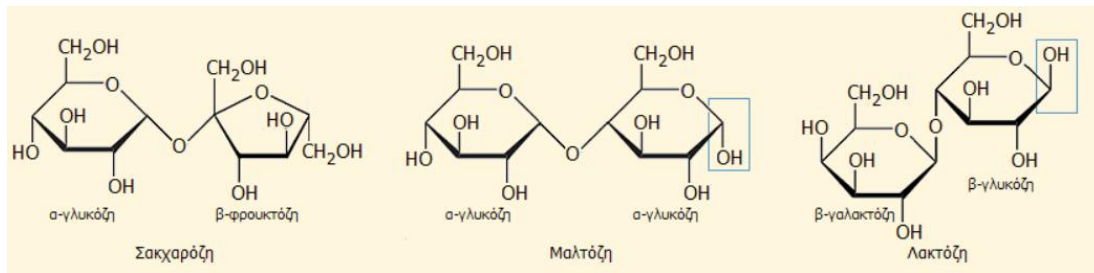
1. Ολική ή ογκομετρούμενη οξύτητα :Αποτελεί το σύνολο των ελεύθερων -COOH των οξέων σε διάσταση ή όχι. Το είδος των οξέων δεν μετράει, μόνο η συγκέντρωσή τους και συγκεκριμένα του τρυγικού και μηλικού και του όξινου τρυγικού καλίου.
2. Ενεργός οξύτητα -pH : Εδώ εκφράζονται οι ελεύθερες καρβοξυλομάδες σε διάσταση (H^+) και έχει σημασία για την μέτρηση η συγκέντρωση αλλά και το είδος των οξέων. Αυτό, διότι κάποια οξέα έχουν μεγαλύτερη ισχύ από άλλα, π.χ το τρυγικό το οποίο είναι το ισχυρότερο όλων άρα, επηρεάζει περισσότερο την γεύση. Βέβαια, πρέπει να είναι γνωστές και οι βιοχημικές ιδιότητες της κάθε ένωσης. Το τρυγικό όπως προαναφέρθηκε σχηματίζει άλατα και δεσμεύεται μειώνοντας την ογκ.οξύτητα και ανεβάζοντας το pH. Το μηλικό αποτελεί αντιδρών της MLF και προϊόν της, το γαλακτικό, που φέρει μία λιγότερη καρβοξυλομάδα και είναι ασθενέστερο. Άρα, η οξύτητα θα πέσει και εδώ κάτι, που συνήθως σε πολύ έντονα, ερυθρά κρασιά γίνεται εσκεμμένα. Τέλος, το μικρότερο ποσοτικά κιτρικό, φέρει κίνδυνο γαλακτικής προσβολής και παραγωγής οξικού οξέος.
3. Πτητική οξύτητα: Η πτητική οξύτητα εκφράζει τα πτητικά οξέα (έχουν την ικανότητα να εξατμίζονται) που παραλαμβάνονται με απόσταξη του οίνου, με βασικό το οξικό οξύ - CH_3COOH , σε γραμμάρια αυτού ανά λίτρο οίνου. Μονάδα μέτρησης είναι τα meq (χιλιοστοϊσοδύναμα) /L με meq= g οξ./ 0,060. Το CO_2, SO_2 δεν επηρεάζουν την μέτρηση αλλά, τα οξέα που προκύπτουν από αλλοιώσεις μικροοργανισμών την καθορίζουν. Συνεπώς, η πτητική οξύτητα αξιοποιείται ως εργαλείο παρακολούθησης της μικροβιολογίας του οίνου και ελέγχουν της ποιότητας. Οι ενώσεις που συμμετέχουν είναι το οξικό οξύ, το μυρμηκικό, το βουτυρικό - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$ και ισοβουτυρικό- $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOOH}$, το προπιονικό- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$, το καπροϊκό οξύ- $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ και άλλα. Γενικότερα, οξέα μικρού μοριακού βάρους. Σε φυσιολογικές συνθήκες, η πτητική οξύτητα του λευκού οίνου είναι 0,3-0,6 g οξικού οξέος ανά λίτρο και ενός ερυθρού 0,4-0,8 g/L. Ένα κρασί είναι κατάλληλο σύμφωνα με τη νομοθεσία, όταν η πτητική οξύτητά του δεν είναι μεγαλύτερη από 1,1 g/L (λευκά) και 1,2 g/L (ερυθρά). Η Π.Ο μπορεί να αυξηθεί και από δράσεις μικροοργανισμών ανάλογα με το είδος και το περιβάλλον με χαρακτηριστικό παράδειγμα την μηλογαλακτική ζύμωση η οποία ανεβάζει κατά 0,15-0,20 g/L την

μέτρηση (Σεχάντε και Νικολού, 2021; <https://www.oinoanalysis.gr/page/32/kitriko-oksy>).

Μη αρδευόμενα φυτά εμφάνισαν μειωμένη Ο.Ο. και μηλικό οξύ σε σχέση με τα αρδευόμενα, εξαιτίας της αυξημένης ηλιακής έκθεσης και της θερμοκρασίας στα σταφύλια, καθώς το φύλλωμα είχε υποχωρήσει. Άλλες έρευνες, δεν εντόπισαν διαφορές στην οξύτητα αρδευόμενων ή όχι αμπελιών (Zufferey *et al*, 2017). Πριν τον περκασμό το τρυγικό και μηλικό οξύ συσσωρεύονται στη ράγα η οποία είναι πράσινη, ξινή και σκληρή στην αφή. Στον περκασμό τα οξέα είναι στη μέγιστη συγκέντρωσή τους και από εκεί και μετά αρχίζουν να μειώνονται. Ήπιο με μέτριο υδατικό στρες πέρα του περκασμού, οδηγεί σε καταβολισμό του μηλικού οξέος με το τρυγικό να μην μεταβάλλεται, περιορισμό της βλαστικής ανάπτυξης και συνεπώς, καλύτερη ηλιακή έκθεση και ωρίμανση (Σεχάντε και Νικολού, 2021; <https://www.oinoanalysis.gr/page/32/kitriko-oksy>). Γενικότερα, όσον αφορά την οξύτητα οι απόψεις ποικίλουν. Η Ο.Ο στα φυτά με ήπια έλλειψη νερού παρουσίασε την πρώτη χρονιά μείωση και την δεύτερη αύξηση. Η κλιματική αλλαγή και οι αυξημένες θερμοκρασίες συμβάλλουν στην μείωση της οξύτητας, κυρίως μέσω του καταβολισμού του μηλικού οξέος, δημιουργώντας πρόβλημα στους οινοπαραγωγούς. Παρόλα αυτά, έρευνες εξάγουν διαφορετικά συμπεράσματα όπου είτε η οξύτητα δεν μεταβάλλεται είτε διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία και ανά περιοχή (Bianchi *et al*, 2023).

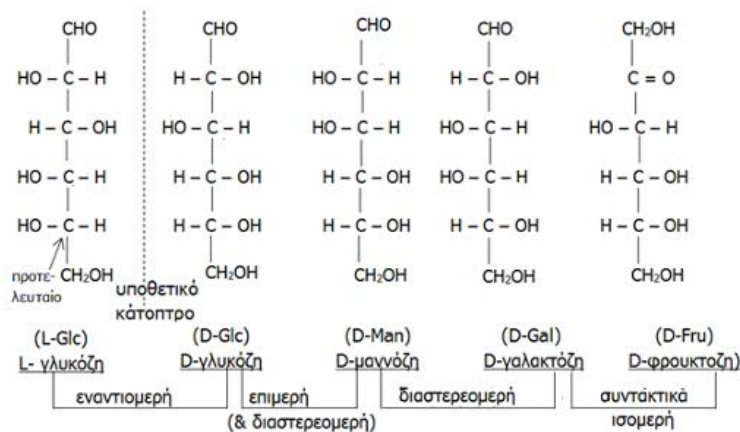
2.4.3 ΥΔΑΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΑΚΧΑΡΑ

Τα φυτά παράγουν υδατάνθρακες, συγκεκριμένα την γλυκόζη ($C_6H_{12}O_6$) ως προϊόντα της φωτοσύνθεσης. Τα αξιοποιούν ως πηγή ενέργειας για την εκτέλεση των βασικών, ζωτικών λειτουργιών τους και για δομικά υλικά των κυτταρικών τοιχωμάτων. Είναι επίσης, μέρη των βάσεων του γονιδιώματος και του ATP. Ανάλογα με το μοριακό βάρος ταξινομούνται σε μονο- (με πιο σημαντικές τις πεντόζες, εξόζες) ολιγο- (2-10 μονοσακχαρίτες) και πολυσακχαρίτες (χιλιάδες ίδια μόρια/ ομοπολυσακχαρίτες πχ άμυλο ή διαφορετικά/ ετεροπολυσακχαρίτες πχ πηκτίνες). Το άμυλο και η κυτταρίνη ανήκουν στους πολυσακχαρίτες. Οι υδατάνθρακες διακρίνονται σε αλδόζες που είναι πολυϋδρόξυ-αλδεϋδες, και κετόζες που είναι πολυϋδρόξυ-κετόνες. Οι αλδόζες έχουν χαρακτηριστική κατάληξη –οζη (π.χ. γλυκόζη) και οι κετόζες την κατάληξη –ουλόζη (π.χ. ριβουλόζη) εκτός από τις εξοκετόζες που διατηρούν την κατάληξη –οζη (π.χ. φρουκτόζη). Πηκτίνες και κόμμεα ανήκουν επίσης στους υδατάνθρακες. Τα βασικά σάκχαρα που συναντώνται στα γλεύκη είναι η D-γλυκόζη (D(+)
πυρανόζη, D(+)
φουρανόζη), η D-φρουκτόζη (μονοσακχαρίτης με 6 άνθρακες, επίσης συνήθως με την μορφή πυρανόζης και φουρανόζης), η σακχαρόζη (δισακχαρίτης που προκύπτει από ένωση γλυκόζης και φρουκτόζης με γλυκοζιτικό δεσμό), διάφορες πεντόζες και η D-γαλακτόζη. Στο γλεύκος, λόγω του ενζύμου ιμπερτάση, η σακχαρόζη υδρολύεται σε γλυκόζη και φρουκτόζη. Επομένως, δεν πρέπει να απαντάται στους οίνους, εκτός και αν έχει προστεθεί παράνομα για αύξηση του αλκοολικού βαθμού. Οι οίνοι ταξινομούνται ανάλογα με την συγκέντρωση αναγόντων σακχάρων δηλαδή, αυτών που φέρουν ελεύθερη ομάδα υδροξυλίου πχ α/β-Λακτόζη [α/β-γλυκόζη+β/α-γαλακτόζη, δεσμός β(1-4)] και α/β-Μαλτόζη [α-γλυκόζη+ α/β-γλυκόζη, δεσμός α(1-4)]. Η μαλτόζη είναι δομικό υλικό του αμύλου συγκεκριμένα, της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης (μαζί με την α(1-6) ισομαλτόζη). Κάτω από 2 γρ./λίτρο σακχάρων ο οίνος ονομάζεται ξηρός, από 2-18 γρ./λίτρο ημίξηρος, από 18-40γρ./λίτρο ημίγλυκος και πάνω από 40 γρ./λίτρο γλυκός. Η μέτρηση των σακχάρων γίνεται με αραιόμετρο Baumé, Gay-Lussac ή διαθλασίμετροβαθμών Brix ($1^\circ \text{Brix} = 1 \text{ g σακχάρων ανά } 100 \text{ g διαλύματος}$). Την γλυκύτητα του οίνου, την καθορίζει ιδιαίτερα η φρουκτόζη καθώς, έχει δύο φορές πιο γλυκιά γεύση από την γλυκόζη. Ενώσεις των σακχάρων με ένα άγλυκο υποκατάστατο μέσω του ημιακεταλικού –OH, ονομάζονται γλυκοζίτες.



Σχήμα 34. Δομές δισακχαριτών

(http://195.134.76.37/chemicals/chem_glucose.htm)



Σχήμα 35. Δομές σακχάρων

(Ανδρικόπουλος, 2015)

Πριν τον περκασμό η ράγα είναι άγουρη. Στο στάδιο αυτό, όση γλυκόζη υπάρχει, έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση από την φρουκτόζη ενώ, οι συγκεντρώσεις τους εξισώνονται κατά την ωρίμανση και μετά την ζύμωση υπερισχύει η φρουκτόζη. Η φρουκτόζη μεταβολίζεται πρώτη, σε περίπτωση που υπάρχουν πολλά σάκχαρα στο γλεύκος. Η γλυκόζη δίνει ενέργεια και η φρουκτόζη αξιοποιείται για την κυτταρική δόμηση. Η μαννόζη είναι επιμερές της γλυκόζης και επηρεάζει τη γεύση ανάλογα με την δομή. Η α-D-μαννόζη έχει γλυκεία γεύση, ενώ η β-D-, πικρή.

Μετά τον περκασμό, με ήπια έλλειψη νερού τα σάκχαρα αυξάνονται. Αυτό, λόγω μείωσης του μεγέθους της ράγας και καλύτερης τροφοδότησης από το φλοιώμα (Σεχάντε και Νικολού, 2021; Ανδρικόπουλος, 2015). Αντίθετη άποψη παρουσιάζεται από τους Zufferey *et al*, 2017 όπου το υδατικό στρες μετά τον περκασμό επέφερε μείωση του μεγέθους των ραγών, εξαιτίας του περιορισμού της φωτοσύνθεσης και ο περιορισμός αυτός, ελάττωσε την συσσώρευση


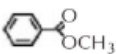

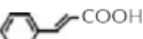


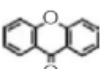
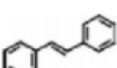
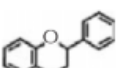
σακχάρων. Ελεγχόμενη υδατική έλλειψη προκαλεί στο φυτό την ανάγκη δημιουργίας των βέλτιστων καρπών, στέλνοντας τους υδατάνθρακες στις ράγες και επιταχύνοντας την ωρίμανση. Η ποικιλία, η φάση όπου εφαρμόζεται η έλλειψη και η διάρκειά της επηρεάζουν επίσης την σακχαροπεριεκτικότητα.

2.4.4 ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΝΕΡΟ

Τα φαινολικά συστατικά αποτελούνται από πλήθος χημικών ενώσεων που φέρουν τουλάχιστον μία φαινολική ομάδα στο μόριό τους. Η φαινολική ομάδα είναι ένας αρωματικός βενζολικός δακτύλιος -C₆H₅ με υποκαταστάτη ένα ή περισσότερα υδροξείλια-OH. Η ταξινόμηση των απλών φαινολικών, πολυφαινολικών (πάνω από έναν φαινολικό δακτύλιο) ενώσεων μπορεί να γίνει με βάση το πλήθος και την δομή των ατόμων άνθρακα τους (Σχήμα 28). Ξεκινάει από τα φαινολικά οξέα και καταλήγει στα φλαβονοειδή. Οι δύο ευρύτερες κατηγορίες διαχωρισμού όμως, είναι οι Φλαβονοειδείς και οι Μη-Φλαβονοειδείς φαινόλες. Τα φλαβονοειδή είναι πολυφαινόλες που αποτελούνται από 15 άτομα άνθρακα. Έχουν την μεγαλύτερη ποικιλία ενώσεων, βρίσκονται στην επιδερμίδα των φύλλων και στο εξωτερικό φρούτων και συμβάλλουν στο χρωματισμό, στην προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία και σε άλλες λειτουργίες. Στον άνθρωπο ενισχύουν την πρόληψη κατά του καρκίνου, των καρδιολογικών παθήσεων και της οστεοπόρωσης (Shi *et al*, 2022). Επιπρόσθετα, είναι πολύ σημαντικοί δευτερογενείς μεταβολίτες βιοχημικών οδών φυτών. Σε αυτά ανήκουν οι Φλαβονόλες, οι Φλαβόνες, οι Ισοφλαβόνες, οι Φλαβανονόλες (γλυκοζίτες φλοιών και βόστρυχων, διυδροκερκετίνη και διυδροκαιμπερόλη), οι Φλαβανοδιόλες 3,4, οι Φλαβανόνες (μόνο στο ξύλο), οι Ανθοκυάνες/Ανθοκυανιδίνες, οι Φλαβανόλες-3 (+,-κατεχίνη, +,-επικατεχίνη, γαλλοκατεχίνη, γαλλοεπικατεχίνη, προανθοκυανιδίνες-συμπυκνωμένες ταννίνες), η Κουμαρίνη, η Χαλκόνη και άλλες. Στα σταφύλια και στους οίνους θα βρεθούν κυρίως η (+) κατεχίνη και η (-) επικατεχίνη. Παρουσία κατεχίνης σε λευκούς οίνους είναι απαγορευτική καθώς, προκαλεί με οξειδωσή της καφέτιασμα.

Εντός των Μη-Φλαβονοειδών, περιέχονται τα Φαινολικά οξέα, κυρίως παράγωγα του Υδροξυκιναμωμικού οξέος (π-κουμαρικό, φερουλικό, καφεϊνικό οξύ) και του βενζοϊκού οξέος (βασικό το γαλλικό οξύ, πρόδρομος των υδρολυόμενων ταννινών, υπό την μορφή εστέρων των φλαβανολών-3/κατεχινών) και τα στιλβένια (πολυφαινολικές ενώσεις που παράγονται όταν προσβληθεί το φυτό από παθογόνο, με πιο γνωστό την *cis/trans*-Ρεσβερατρόλη). Η τελευταία, εντοπίζεται στους φλοιούς και για αυτό είναι πιο συχνή η εύρεσή της σε ερυθρούς οίνους αλλά, δεν προσδίδει κανένα οργανοληπτικό στοιχείο. Η πλειοψηφία των κινναμωμικών οξέων βρίσκεται ενωμένη με τρυγικό οξύ ή γλυκόζη. Οι εστέρες τρυγικού που δημιουργούνται είναι υπεύθυνοι για το καφέτιασμα των γλευκών λευκών σταφυλιών. Γενικότερα, τα φαινολικά οξέα με οξειδωση αποκτούν κίτρινο χρώμα. Επιπλέον, το π-κουμαρικό οξύ και το φερουλικό, μπορούν να διασπαστούν και να δώσουν πτητικές ενώσεις.

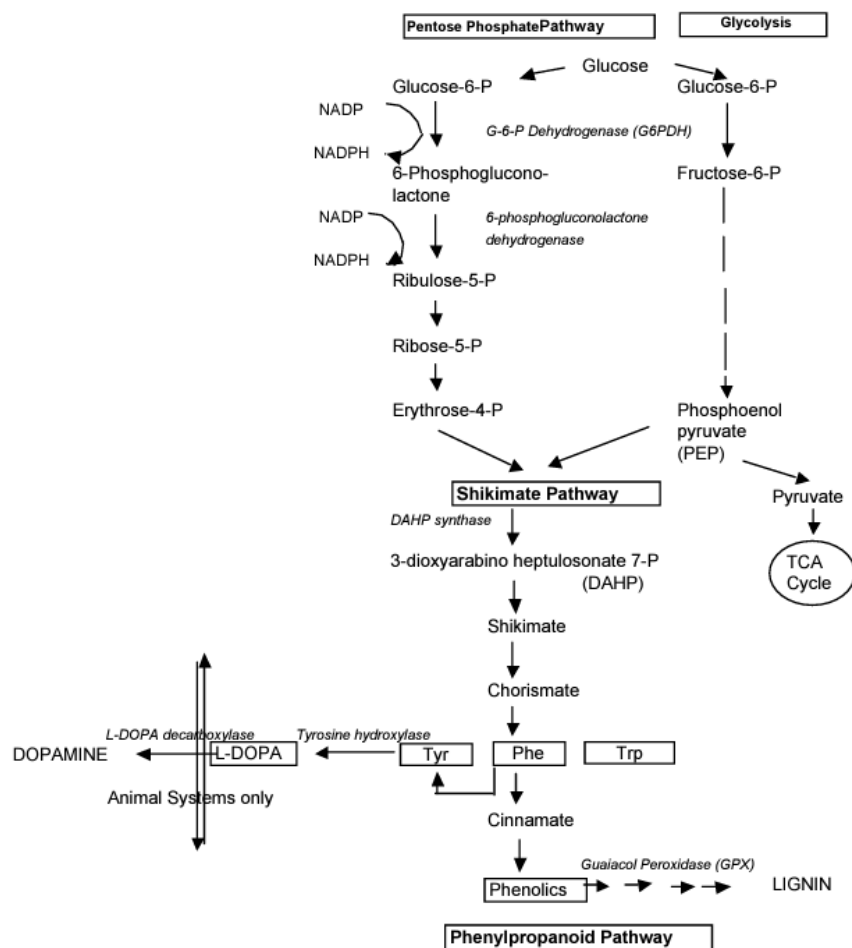
Για τους οίνους, τα φαινολικά είτε από το σταφύλι, από την φλούδα και την σάρκα, είτε από το ξύλο κατά την παλαίωση, έχουν μεγάλη οργανοληπτική σημασία καθώς καθορίζουν το χρώμα, την έντασή του, τις αποχρώσεις, την στυπτικότητα, την πικρή γεύση και το δυναμικό παλαίωσης. Επίσης, η μέτρησή τους βοηθά στον εντοπισμό της τεχνολογικής ωρίμανσης των σταφυλιών. Οι ερυθρές ποικιλίες έχουν περισσότερα φαινολικά συστατικά από ότι οι λευκές. Η δραστηρότητά τους οφείλεται στον όξινο χαρακτήρα της φαινολικής ομάδας και στον πυρηνόφιλο χαρακτήρα του βενζολικού δακτυλίου (Σεχάντε και Νικολού, 2021; Δημητρίου, 2015; Crozier et al, 2008).

Number of carbons	Skeleton	Classification	Example	Basic structure
7	C ₆ -C ₁	Phenolic acids	Gallic acid	
8	C ₆ -C ₂	Acetophenones	Gallacetophenone	
8	C ₆ -C ₂	Phenylacetic acid	p-Hydroxyphenyl-acetic acid	
9	C ₆ -C ₃	Hydroxycinnamic acids	p-Coumaric acid	
9	C ₆ -C ₃	Coumarins	Esculetin	
10	C ₆ -C ₄	Naphthoquinones	Juglone	
13	C ₆ -C ₁ -C ₆	Xanthones	Mangiferin	
14	C ₆ -C ₂ -C ₆	Stilbenes	Resveratrol	
15	C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonoids	Naringenin	

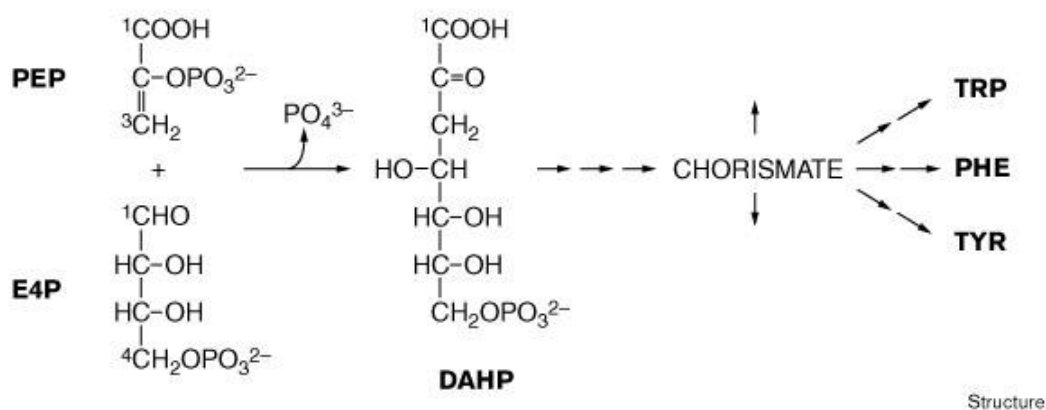
Σχήμα 36. Ταξινόμηση των φαινολικών ενώσεων με βάση τα άτομα άνθρακα. Δεν απεικονίζονται οι καρβοξυλομάδες.
(Crozier *et al*, 2008)

Η βιοσύνθεση των φαινολικών ενώσεων γίνεται μέσω του μονοπατιού των φωσφορικών πεντοζών (Pentose Phosphate Pathway), του σικιμικού οξέος και των φαινολοπροπανοειδών (Σχήματα 37,39). Αρχικά, μέσω του PPP από την γλυκόζη παράγεται 4-φωσφορική ερυθρόζη, ένα φωσφορικό άλας της τετρώζης ερυθρόζης. Αποτελεί πρόδρομο σχηματισμού αρωματικών αμινοξέων (τυροσίνη, φαινυλαλανίνη, τρυπτοφάνη), μεταβολίτη στον άνθρωπο, τα ποντίκια και στο βακτήριο *Escherichia coli* και αφετηρία της Σικιμικής οδού. Αντιδρά με τον φωσφο-

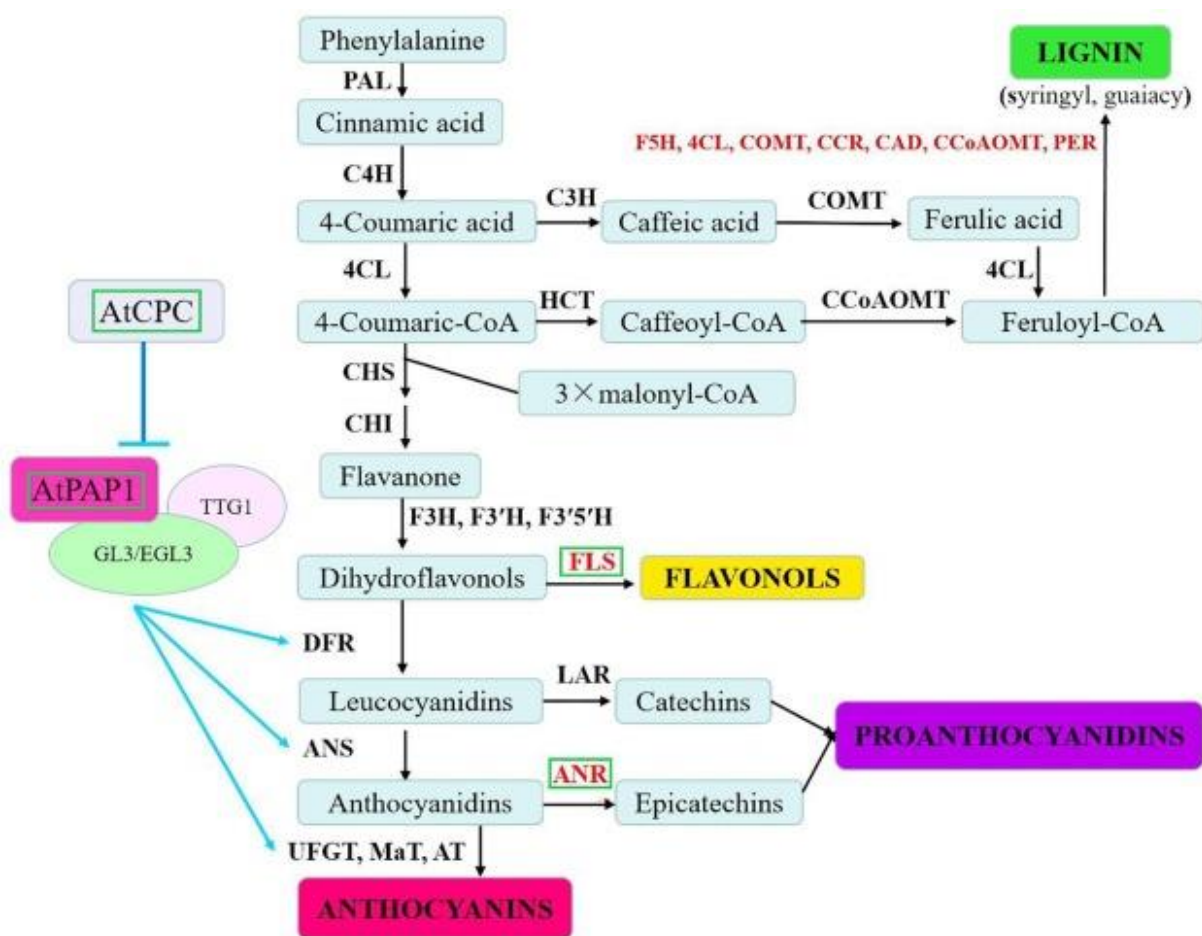
ενολο-πυροσταφυλικό εστέρα (PEP) προς δημιουργία DAHP. Έπειτα αυτό, μετατρέπεται σε σικιμικό και μετά, σε χορισμικό οξύ. Τα πτητικά αμινοξέα προκύπτουν από αυτό. Στη συνέχεια, ακολουθεί το μονοπάτι των φαινολοπροπανοειδών. Όπως φαίνεται στο σχήμα 39, η φαινυλαλανίνη είναι η εναρκτήρια ένωση του τρίτου σταδίου της φαινολικής βιοσύνθεσης. Μετατρέπεται σε κινναμωμικό οξύ, σε κουμαρικό, σε Φλαβανόνη, σε διυδροφλαβονόλη, Λευκοκυανιδίνη, ανθοκυανιδίνη και τέλος, σε ανθοκυάνη. Παραπροϊόντα της πορείας αυτής είναι η λιγνίνη (στοιχείο του ξύλου, σύμπλοκο με κυτταρίνη), οι Φλαβονόλες και οι προανθοκυανιδίνες κατεχίνη και επικατεχίνη. Η διαδικασία της βιοσύνθεσης των φαινολικών εξαρτάται από γενετικούς (δράση γονιδίων, ποικιλία) και εξωτερικούς παράγοντες όπως το κλίμα, η άρδευση, το έδαφος και οι καλλιεργητικές επεμβάσεις (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/D-Erythrose-4-phosphate> ; <https://www.ebi.ac.uk/chebi/searchId.do?chebiId=CHEBI:48153> ; Randhir *et al*, 2004 ; Shi *et al*, 2022).



Σχήμα 37. Μονοπάτι των φωσφορικών πεντοζών, του σικιμικού οξέος και των φαινολοπροπανοειδών (Randhir *et al*, 2004)



Σχήμα 38. Αντίδραση φωσφο-ενολο-πυροσταφυλικό εστέρα (PEP) με 4-φωσφορική ερυθρόζη (Shumilin *et al*, 1999)



Σχήμα 39. Μονοπάτι φαινολοπροπανοειδών (Shi *et al*, 2022)

2.4.4.1 ΥΔΑΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΥΑΝΕΣ

Οι ανθοκυάνες ανήκουν στις Φλαβονοειδείς φαινόλες. Είναι οι χημικές ενώσεις που ευθύνονται για το χρώμα των ερυθρών οίνων. Απαντώνται στα χυμοτόπια των κυττάρων στους φλοιούς, στα φύλλα αλλά και στη σάρκα σε περίπτωση συγκεκριμένων ποικιλιών «Teinturier» όπως η ποικιλία Alicante Bouschet(https://winefolly.com/tips/teinturier-grapes/?utm_source=pinterest&utm_medium=social). Αποτελούνται από ανθοκυανιδίνες ενωμένες με ένα ή περισσότερα σάκχαρα. Οι ανθοκυανιδίνες είναι η Πελαργονιδίνη, η Πεονιδίνη, η Πετουνιδίνη, η Μαλβιδίνη, η Κυανιδίνη και η Δελφινιδίνη. Οι τελευταίες δύο, είναι οι πιο ασταθείς λόγω θέσης των -OH. Επίσης, αποτελούν τους προδρόμους των υπολοίπων. Όσα περισσότερα -OH υπάρχουν στις ανθοκυανιδίνες, τόσο ενισχύεται το κυανό χρώμα ενώ, το ερυθρό σχετίζεται με τις μεθόξυ-ομάδες (R-O-CH₃). Με την αναγωγή του γλεύκους κατά την ζύμωση, γίνεται αποχρωματισμός των ανθοκυανών αλλά με οξυγόνωση επανέρχονται. Ανάλογα με το pH υδατικού διαλύματος στο οποίο περιέχονται, οι ανθοκυάνες έχουν διαφορετικό χρώμα. Σε όξινο (pH<2), επικρατεί η μορφή του κατιόντος φλαβυλίου με ερυθρό χρώμα, το οποίο με ενυδάτωση δίνει άχρωμη ψευδοβάση καρβινόλης. Αυτή, σε ασθενές όξινο περιβάλλον με υψηλή θερμοκρασία, μετατρέπεται σε άχρωμη ή ελαφρώς κίτρινη χαλκόνη. Σε βασικό pH η μορφή κινόνης έχει μπλε χρώμα. Στους οίνους η κόκκινη μορφή φλοβυλίου υπάρχει σε μικρή αναλογία μόνο, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό ανθοκυανών βρίσκεται σε άχρωμες ή ασθενώς χρωματισμένες μορφές. Η ανθοκυάνη που επικρατεί στα κόκκινα σταφύλια είναι η μαλβινιδίνη και αυτή δίνει το κόκκινο χρώμα στους νεαρούς οίνους. Η σύνθεσή τους, δεν είναι πάντα η ίδια αλλά μεταβάλλεται ανά ποικιλία και συνθήκες ανάπτυξης. Οι ανθοκυάνες κάνουν σύμπλοκα μεταξύ τους, με οργανικά οξέα όπως το οξικό και το μηλικό, με σάκχαρα, με αμινοξέα, με ταννίνες προς σταθεροποίηση του χρώματος καθώς και με μέταλλα προκαλώντας θόλωμα σιδήρου. Ανάλογα με την ηλικία του οίνου και την θείωση (προκαλεί μερικό αποχρωματισμό σε νέους οίνους λόγω συμπλοκής, ανάλογα με το pH, το ελεύθερο θειώδες και τις ελεύθερες ανθοκυάνες) το χρώμα μεταβάλλεται. Σε νέους λόγω αυξημένου pH, επικρατούν μπλε και μωβ αποχρώσεις ενώ, με την πάροδο του χρόνου αλλάζουν σε κόκκινες και κεραμιδί. Η θέρμανση προς βελτίωση της εκχύλισης και η αλκοόλη μπορούν να διασπάσουν τα σύμπλοκα των ανθοκυανών μειώνοντας το χρώμα. Αύξηση ανθοκυανών στους φλοιούς προκαλείται με μέτρια υδατική έλλειψη (Σεχάντε και Νικολού, 2021; Crozier *et al*, 2008). Οίνοι από μη αρδευόμενα σταφύλια, είχαν πιο έντονο χρώμα από αυτούς από αρδευόμενα. Οι προανθοκυανιδίνες και τα οι Φλαβανόλες επηρεάζονται ελαφρώς από υδατικές ελλείψεις ενώ, ελεγχόμενο υδατικό στρες προκαλεί

αύξηση των ανθοκυανών και των στιλβενίων των ραγών. Σχετικά έντονο στρες των φυτών, έδωσε οίνους με περισσότερα ολικά φαινολικά από ότι τα πλήρως αρδευόμενα (Zufferey *et al*,2017).

2.4.4.2 ΥΔΑΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ TANNINES

Οι ταννίνες είναι μη φλαβονοειδείς, φαινολικές ενώσεις που συναντώνται στα φυτά. Συμμετέχουν στην ανάπτυξη και προστασία τους από φυτοφάγα ζώα καθώς έχουν δυσάρεστη στυφή γεύση. Στα Μη-Φλαβονοειδή Φαινολικά οξέα, περιέχεται το γαλλικό οξύ. Αυτό, αποτελεί την βάση των γαλλοταννινών και των ελλαγιταννινών γνωστές και ως υδρευόμενες ταννίνες. Σε αντίθεση με τις συμπυκνωμένες (ή προανθοκυανιδίνες), μπορούν και απελευθερώνουν οξέα μετά από εφαρμογή αραιωμένου-πιο ήπιου οξέος (τρυγικό, κιτρικό, οξικό) (<https://unacademy.com/content/neet-ug/study-material/chemistry/dilute-acids/>). Οι υδρολυόμενες συνήθως δεν συναντώνται στα σταφύλια ενώ, οι προανθοκυανιδίνες ναι. Οι ταννίνες μπορούν να κάνουν σύμπλοκα με τις πρωτεΐνες, τις ανθοκυάνες, το άμυλο, την κυτταρίνη και με μέταλλα. Έχουν επίσης, αντιοξειδωτική δράση και χρησιμοποιούνται ως οινολογικά πρόσθετα για προστασία από οξειδώσεις, για πρωτεϊνική σταθεροποίηση λευκών οίνων, για αντιμετώπιση του θολώματος σιδήρου και για παρεμπόδιση της μηλογαλακτικής ζύμωσης καθώς αναστέλλουν την ανάπτυξη του βακτηρίου *Oenococcus oeni*. Συναντώνται σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε άγουρα φρούτα στην περιοχή των χυμοτοπίων κοντά στην επιδερμίδα, στο μεσοκάρπιο και στα γίγαρτα. Πέρα από την στυπτικότητα, προσφέρουν στους οίνους δομή, σώμα και βελτιώνουν την γεύση (Garg, 2017). Με την συμβολή των ταννινών, το χρώμα των ερυθρών οίνων σταθεροποιείται μέσω των συμπλόκων τους με τις ελεύθερες ανθοκυάνες (<https://www.infowine.gr/el/winepedia/enology/Aging/?nid=535>). Με ήπιο στρες δεν μεταβάλλονται ιδιαίτερα οι ταννίνες των φλοιών αλλά ωριμάζουν καλύτερα φαινολικά τα γίγαρτα (Σεχάντε και Νικολού, 2021; Crozier et al, 2008 ; Ky et al, 2016 ; Bhattacharya, 2019). Η ποιότητα των ταννινών είναι ανώτερη υπό ελεγχόμενο υδατικό στρες (Zufferey et al, 2017). Υπερβολική άρδευση, αυξάνει την ζωηρότητα του πρέμνου και δημιουργεί πλούσια φυλλική επιφάνεια η οποία εμποδίζει την διέλευση του φωτός και την σωστή φαινολική ωρίμανση. Επιπλέον, αν εφαρμοστεί κοντά στην άρδευση αραιώνει τα σταφύλια και τα υποβιβάζει ποιοτικά (Τσαγγαράτος, 2020).

2.4.5 ΥΔΑΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Αρωματικές ενώσεις χαρακτηρίζονται οι ελεύθερες, πτητικές ενώσεις οι οποίες προσδίδουν μία συγκεκριμένη οσμή στον οίνο. Η προέλευσή τους μπορεί να είναι από τα σταφύλια (πρωτογενή αρώματα), από την ζύμωση (δευτερογενή) ή από την ωρίμανση/παλαίωση του οίνου (τριτογενή). Γίνονται αντιληπτά από τους υποδοχείς της ρινικής κοιλότητας, αλλά και της οπισθορινικής (αρώματα στόματος) όταν δοκιμαστεί ο οίνος.

Στο φλοιό των σταφυλιών υπάρχουν πρόδρομες αρωματικές ενώσεις οι οποίες ευθύνονται για το τυπικό άρωμα της ποικιλίας πχ ο μεθυλεστέρας του ανθρανιλικού οξέος στην Concorde και η 3-ισοβούτυλο-2-μεθόξυ-πυραζίνη στο Sauvignon blanc. Πιθανόν εκεί, να ανιχνευθούν και άλλες ουσίες που προέρχονται από το ηλιακό έγκαυμα των σταφυλιών, την υπερωρίμανση, το σταφίδιασμα ή από κάποια ασθένεια. Τα ποικιλιακά αρώματα είναι αρωματικές χημικές ενώσεις (συνήθως εστέρες) οι οποίες στο σταφύλι είτε κινούνται ελεύθερες ή βρίσκονται σε σύμπλοκα με μη πτητικά μέρη. Τα σύμπλοκα αυτά, κατά την ζύμωση μπορούν να διαλυθούν και να απελευθερωθεί το άρωμα των επιμέρους ενώσεων, μέσω ενζυμικών αντιδράσεων ζυμομυκήτων, βακτηρίων κ.α. από τις οποίες παράγονται και τα δευτερογενή αρώματα. Τέλος, για τα τριτογενή, ισχύει ότι σχηματίζονται μετά την ζύμωση, υπό ωρίμανση/παλαίωση σε βαρέλι ή φιάλη και χαρίζουν ένα ξεχωριστό οργανοληπτικό προφίλ. Την «ταυτότητα» ενός κρασιού την δίνουν πρωτίστως οι πρωτογενείς ενώσεις αλλά εν τέλει, αποτελεί έναν μοναδικό συνδυασμό της ποικιλίας, του terroir, των καλλιεργητικών τεχνικών και της πορείας οινοποίησης. Πολλές ποικιλίες συσχετίζονται με μία περιοχή όπως: το Σαββατιανό στην Αττική, το Ασύρτικο στην Σαντορίνη, το Αγιωργίτικο στη Νεμέα, το Μοσχοφίλερο στη Μαντινεία, το Ξινόμαυρο στο Αμύνταιο, η Ρομπόλα στην Κεφαλονιά και στο εξωτερικό: τα Cabernet Sauvignon και Merlot στο Μπορντό, τα Pinot noir και Chardonnay για τη Βουργουνδία, το Zinfandel στην κοιλάδα της Νάπα, το Tempranillo για την Ισπανία, το Riesling και το Müller-Thurgau στην Γερμανία και το Sangiovese και Pinot grigio για την Ιταλία.

Το εύρος των αρωμάτων του οίνου ξεκινάει από ανθικά, πιο γλυκά αρώματα και φτάνει ως χημικά και δυσάρεστα. Ανάλογα με την χημική ένωση, αλλάζει και το άρωμα που προσδίδει:

- Αλκοόλες: αιθανόλη (από την αλκοολική ζύμωση, έντονη, καυστική), μεθανόλη (από υδρόλυση πηκτινών των στεμφύλων, απωθητική, καυστική), 1-προπανόλη (οξεία, διαπεραστική), trans-2-εξενόλη και cis-3-εξενόλη (σταφύλια, χορτώδες άρωμα), φαινυλαιθανόλη (αλκοολική ζύμωση, τριαντάφυλλο), γερανιόλη (λουλούδια) τυροσόλη (παραπροϊόν αλκοολικής, μέλι), β-ιονόνη (βιολέτα), 1-εξανόλη (σταφύλι,

πράσινη νότα, ελαφρώς λιπαρή), ανεθόλη (γλυκάνισο), ευγενόλη (γαρύφαλλο), ακέτυλο-μέθυλο-καρβινόλη/ακετοΐνη (αλκοολική ζύμωση, λιπαρή, κρεμώδης, βουτύρου), μαλτόλη (θερμική επεξεργασία, καβουρδισμένοι καρποί, καραμέλα), p-κρεσόλη και γουαϊακόλη (κάπνισμα τροφίμων, καπνός), 4-αιθυλοφαινόλη (ξύλο).

- Αλδεΐδες: trans-2-εξανάλη και cis-3-εξανάλη (σταφύλια, πράσινη νότα), οκτανάλη και δεκανάλη (εσπεριδοειδή), κινναμωμική αλδεΐδη (κανέλλα), βανιλίνη (βανίλια), βενζαλδεΐδη (αμύγδαλο, μανιτάρια), εξανάλη (λιπαρή), 2-εννεανάλη (αγγούρι)
- Κετόνες: δ-δεκαλακτόνη και γ-οκταλακτόνη (γλυκιά κρέμα), διακετύλιο (καραμέλα βουτύρου), πενταδιόνη (βούτυρο)
- Εστέρες: οξικός ισοαμυλεστέρας (γλυκό, φρουτώδες άρωμα), οξικός εξυλεστέρας (φρούτα), οξικός εστέρας λιναλοόλης (εσπεριδοειδή, άνθη), οξικός βενζυλεστέρας (λουλούδια)
- Πτητικά οξέα: φαινολοοξικό οξύ (καραμέλα, ξηρός καρπός), οξικό οξύ (ξύδι), βουτυρικό και ισοβουτυρικό οξύ (δυσάρεστη, βαριά, λιπαρή οσμή), καπροϊκό οξύ (ταγγισμένο τυρί), εννεανικό οξύ (ζωικό λίπος), λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας (σαπωνώδη), βενζοϊκό οξύ (ελαφριά, ευχάριστη οσμή)
- Θειούχες ενώσεις: μεθύλ/αιθύλ-εστέρας του 3-μεθυλοθειοπροπιονικού οξέος (τροπικά φρούτα), μερκαπτάνες (ψημένο κρέας), μεθυλομερκαπτάνη και διμεθυλο-δισουλφίδιο (λάχανο), αλλυλομερκαπτάνη και διμεθυλο-τρισουλφίδιο (κρεμμύδι, σκόρδο),
- Λακτόνες: δ-εντεκαλακτόνη και γ-δεκαλακτόνη (ροδάκινο), δ-δεκαλακτόνη (κρέμα), γ-εννεαλακτόνη και ούισκι λακτόνη (έλαιο φοινικοκαρύδας)
- Πυραζίνες (Ενώσεις Αζώτου): 3-ισοβούτυλο-2-μεθόξυ-πυραζίνη (πράσινη πιπεριά), 2,5-διμεθυλο-πυραζίνη (καβουρδισμένος καρπός), τετραμεθυλο-πυραζίνη (καβουρδισμένος καφές), 3-ισοπρόπυλο-2-μεθόξυ-πυραζίνη (πατάτα, πράσινη πιπεριά), 3-sec-βούτυλο-2-μεθόξυ-πυραζίνη (μπιζέλι)
- Θειαζόλια (Ενώσεις Θείου): 3-ισοβούτυλο-θειαζόλιο (πράσινη, φύλλων)
- Τερπένια: α-πινένιο (πράσινη, λιπαρή νότα), κιτράλη (κίτρο), γερανιάλη και νεράλη (λεμόνι), α-σινενσάλη (πορτοκάλι), νουτκατόνη (γκρέιπφρουτ)

<https://winesofgreece.org/el/%CE%B3%CE%BD%CF%89%CF%81%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B5-%CF%84%CE%B9%CF%83-%CF%80%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CE%BB%CE%B9%CE%B5%CF%83/%CF%80%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CE%BB%CE%AF%CE%B5%CF%82->

<https://www.enologylab.gr/2021/08/%CF%84%CE%B1-%CE%B1%CF%81%CF%8E%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B9%CF%8E%CE%BD-%CE%BF%CE%B9-%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CF%84.html>)

Η σχέση του αρωματικού προφίλ των οίνων με την άρδευση είναι αρκετά περίπλοκη. Η πλήρης αναπλήρωση του νερού που χάνεται κατά την εξατμισοδιαπνοή του φυτού, μείωσε την συγκέντρωση των αρωματικών ενώ, ήπια υδατική έλλειψη, είχε αντίθετα αποτελέσματα, με βελτίωση του μπουκέτου (Πίνακας 3). Περισσότερα φρουτώδη αρώματα και πολυπλοκότητα εμφάνισαν οι οίνοι από σταφύλια με ελεγχόμενη ελλειμματική άρδευση (Zufferey *et al*,2017). Ελλειμματική άρδευση επέφερε πλουσιότερα αρωματικά σταφύλια από αυτά που δέχονταν μόνο νερό της βροχής ή πλήρη άρδευση, με αυξημένες πτητικές φαινόλες, βενζοϊκό οξύ, βενζαλδεΐδη και οκτανοϊκό οξύ. Πιθανότατα, αυτό συνέβη λόγω επιρροής της άρδευσης στα βιοχημικά μονοπάτια σχηματισμού των ενώσεων αυτών. Συμπερασματικά, μία άρδευση στο 35% της εξατμισοδιαπνοής του φυτού του προσδίδει τα βέλτιστα οργανοληπτικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά (Lizama *et al*,2021).

2.4.6 ΥΔΑΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΣ ΡΑΓΑΣ

Από το μέγεθος των ραγών καθορίζεται η απόδοση του αμπελώνα, δηλαδή πόσο σταφύλι θα τρυγηθεί ανά στρέμμα. Οι παραγωγοί έχουν μία σχετικά σταθερή απόδοση κάθε χρόνο ή οποία εξαρτάται άμεσα από τις καλλιεργητικές επεμβάσεις, την υγεία των φυτών και το κλίμα. Η κλιματική αλλαγή όπως είναι γνωστό έχει προκαλέσει τεράστιες υδατικές ελλείψεις και αδυναμίες άρδευσης των καλλιεργειών. Χωρίς νερό, τα αμπέλια παράγουν μικρότερες ράγες άρα εμφανίζουν μειωμένο βάρος, μικρότερη πυκνότητα σταφυλής και χαμηλότερη απόδοση. Υπάρχει όμως τρόπος να αξιοποιηθεί αυτή η λειψυδρία προς όφελος των παραγωγών και χωρίς μεγάλη διαφορά στην απόδοση. Η θεωρία είναι ότι δεν θα παρέχεται στο φυτό καθόλου νερό, μέχρι να του είναι εντελώς απαραίτητο και η ποσότητα δεν θα ξεπερνά την αναγκαία για κάθε περίπτωση. Βέβαια, για να επιτευχθεί αυτό, είναι προφανές πώς θα πρέπει με κάποιον τρόπο οι καλλιεργητές να παρακολουθούν την υδατική κατάσταση των αμπελιών τους συνεπώς, να έχουν προμηθευτεί τον απαραίτητο εξοπλισμό και να γνωρίζουν τις τεχνικές και την θεωρία περί υδατικού στρες (Zhuang, 2019). Κάποια σημάδια και μεταβλητές που υποδεικνύουν ότι το φυτό βιώνει στρες είναι:

- Μειωμένη ανάπτυξη των βλαστών ή ξήρανση
- Καρούλιασμα των φύλλων
- Χαμηλό υδατικό δυναμικό Ψ
- Χαμηλός φωτοσυνθετικός ρυθμός
- Μειωμένη διαπνοή και στοματική αγωγιμότητα
- Αυξημένη συγκέντρωση Αμψισικού οξέος
- Αυξημένα ισότοπα O^{16} και C^{13}

Έρευνες έχουν αποδείξει όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα 3, πώς μέτρια προς έντονη ή καθόλου άρδευση των φυτών προκάλεσε μείωση της απόδοσης. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις η απόδοση είτε έμεινε σταθερή ή ακόμη και αυξήθηκε. Συνεπώς, με εντοπισμό της φάσης όπου το φυτό χρειάζεται νερό, το αξιοποιεί ορθά και βελτιώνει την απόδοσή του το πρόβλημα της έλλειψης αρδευτικού νερού εξαφανίζεται προς το παρόν για τους αμπελουργούς. Πρέπει βέβαια να αναφερθεί, πώς ναι μεν η ήπια υδατική έλλειψη λειτούργησε ευεργετικά σε πολλές έρευνες αλλά, κάθε αμπελώνας είναι μοναδικός. Κάθε ποικιλία έχει τη δική της αντοχή και προσαρμοστικότητα, ο τύπος εδάφους ανά περιοχή διαφέρει, ο κάθε παραγωγός χρησιμοποιεί δικό του εξοπλισμό και τεχνική ενώ, πολλές χώρες αντιμετωπίζουν ακραίες κλιματολογικές συνθήκες και δεν μπορούν να υποστηρίξουν ούτε την ελλειμματική άρδευση και ως απόρροια αυτών, δεν είναι ορθό να θεωρηθεί «πανάκεια» η

τεχνική αυτή. Δυστυχώς, πολλά μέλη του οινολογικού και γενικότερα του αγροτικού κόσμου, θα αναγκαστούν αν δεν έχουν ήδη, να εγκαταλείψουν τις εκτάσεις τους υποκύπτοντας στην δύναμη της κλιματικής αλλαγής. Αν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα και δεν γίνει μαζική προσπάθεια για τον περιορισμό του περιβαλλοντικού αυτού, φαινομένου, η άνθηση της οινοποιίας θα αντικατασταθεί από μόνιμο μαρασμό.

3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΡΥΘΡΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Έπειτα από συγκέντρωση πληροφοριών από πολλές παλιότερες έρευνες, δημιουργήθηκε ο πίνακας του παραρτήματος, ο οποίος περιέχει στοιχεία τόσο για την ανατομία, όσο και για την απόδοση των αμπελιών κάτω από πλήθος πιθανών, ιδιαίτερων υδατικών συνθηκών. Μέσα από τα δεδομένα αυτά, θα γίνει απόπειρα εξαγωγής πορίσματος για κάθε τύπο άρδευσης και ποικιλία. Συνοπτικά τα αποτελέσματα, παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Για την ποικιλία **Tempranillo** υπό μέτρια υδατική διαθεσιμότητα παρατηρήθηκε βελτίωση της φωτοσύνθεσης, διαπνοής και απόδοσης (Medrano *et al*, 2003). Σε άλλη μελέτη, η φωτοσύνθεση μειώθηκε (Flexas *et al*, 2002). Παρατηρήθηκαν περισσότερα φαινορικά στους φλοιούς με ήπια άρδευση (Chaves *et al*, 2010). Υπό χαμηλή υδατική διαθεσιμότητα, η στοματική αγωγιμότητα και η αφομοίωση CO₂ και η φωτοσύνθεση μειώθηκαν (Escalona *et al*, 2000). Σε σοβαρή έλλειψη νερού, η φωτοσύνθεση είχε καθοδική πορεία (Flexas *et al*, 2002). Η φωτοσύνθεση στα μη αρδευόμενα, είχε χαμηλότερο ρυθμό από τα αρδευόμενα (Gómez-del-Campo *et al*, 2004). Το Ψ_{pd} μειώθηκε (Martorell *et al*, 2015). Όσο το στρες αυξανόταν πριν τον περκασμό, η ποιότητα των ραγών μειωνόταν ενώ, μετά τον περκασμό, ήπιο στρες βελτίωσε ποιοτικά το σταφύλι. Η ποικιλία εμφάνισε μεγάλη φαινολογική ευαισθησία στην ελλειμματική άρδευση (Girona *et al*, 2009). Με άρδευση, έπειτα στρες και μετά ξανά άρδευση, η στοματική αγωγιμότητα, η διαπνοή μειώθηκαν και η ανάπτυξη σταμάτησε (Escalona *et al*, 2002). Από μηδενική άρδευση ως 100%ET, τα ολικά διαλυμένα στερεά έμειναν σχεδόν अपαράλλακτα. Υπό άρδευση, η ογκομετρούμενη οξύτητα αυξήθηκε, τα ολικά φαινορικά μειώθηκαν ελαφρώς ενώ, για την μηδενική και την 25%ET άρδευση τα φαινορικά ήταν παρόμοια (Uriarte *et al*, 2016). Η άρδευση επηρέασε την δράση αμινοξέων πριν τον περκασμό και γενικότερα, οι αζωτούχες ενώσεις αυξήθηκαν στον μούστο με εφαρμογή της LDI-Late Deficit Irrigation που παρείχε το 75% της ET πριν τον περκασμό και το υπόλοιπο 25% μετά (Valdés *et al*, 2019). Τα σταφύλια που δέχονταν μόνο το νερό της βροχής εμφάνισαν μέτριο-υψηλό υδατικό στρες σε ορισμένες περιόδους. Αύξηση του διαθέσιμου νερού του εδάφους ανάμεσα στην 1η-3η εβδομάδα μετά την άνθηση και στο τέλος της ωρίμανσης, προκάλεσε αύξηση της οξύτητας-μείωση του pH, ενώ στην 2η-7η

αυξήθηκε το βάρος και μειώθηκαν τα φαινολικά. Η ανάπτυξη της ράγας είναι πιο ευαίσθητη σε υδατικές ελλείψεις μετά την άνθηση και επίσης, παίζει ρόλο αν αυτές λαμβάνουν χώρα μετά την σχηματισμό των καρπών. Ένα έλλειμμα νερού έως και 50% της εξατμισοδιαπνοής (ETc) έχει ελάχιστη επίδραση στην απόδοση, αλλά πάνω από το ποσοστό αυτό, αρχίζει να μειώνεται. Η συγκέντρωση σακχάρων επηρεάζεται από όψιμες υδατικές ελλείψεις, οι οποίες «χτυπούν» τη φωτοσύνθεση. Υδατικό στρες πριν τον περκασμό είχε αρνητικές επιπτώσεις στο άρωμα, στην ογκομετρούμενη οξύτητα και στο μηλικό οξύ. Το τελευταίο, μειώθηκε και υπό στρες και υπό άρδευση, αυξάνοντας τον λόγο τρυγικού/μηλικού οξέος. Η σύνθεση των ανθοκυανών, των φλαβονολών και των προανθοκυανιδινών, καθώς και η συγκέντρωσή τους, μεταβλήθηκε. . Με άρδευση στο 100% της ETc τα φαινολικά ήταν στις χαμηλότερες συγκεντρώσεις (Ramos *et al*, 2020). Δίχως άρδευση τα αμπέλια εμφάνισαν πιο χαμηλό υδατικό δυναμικό και στοματική αγωγιμότητα ενώ, και δίχως και με το 100% της ET η ανάπτυξη σταμάτησε σχεδόν εντελώς (Intrigliolo *et al*, 2005). . Η Tinta Roriz είχε τον χαμηλότερο φωτοσυνθετικό ρυθμό, μικρότερες συγκεντρώσεις σακχάρων και περιορισμένη στοματική αγωγιμότητα για μηδενική άρδευση (Moutinho-Pereira *et al*, 2007). Με καθόλου άρδευση, η AXN αυξήθηκε και η φωτοσύνθεση μειώθηκε (Escalona *et al*, 1999). Τα κρασιά από τα αμπέλια δίχως άρδευση είχαν πιο έντονο χρώμα, περισσότερες ολικές ανθοκυάνες και πιο έντονη οξύτητα (Intrigliolo και Castel, 2010). Με ελλειμματική άρδευση η AXN αυξήθηκε και η φαινολογική ωρίμανση ήταν καλύτερη. Η PRD μείωσε την ανάπτυξη και την φυλλική επιφάνεια και ως αποτέλεσμα, η διέλευση του φωτός ήταν περισσότερη. Έτσι, η ωρίμανση και ποιοτική σύσταση των ραγών βελτιώθηκε. Η απόδοση δεν εμφάνισε σημαντικές μειώσεις. Παρά την καλύτερη υδατική κατάσταση των φυτών με PRD από αυτά με DI, η ανάπτυξή τους ήταν μειωμένη. Αυτό, δείχνει πώς οι παράγοντες ανάπτυξης δεν συσχετίζονται με την άρδευση (Costa *et al*, 2007). Υπό μέτριο υδατικό στρες, μειώθηκε η σ.α., η διαφορά φωτοσύνθεσης και αναπνοής (netphotosynthesis-AN), η υποστοματική συγκέντρωση του CO₂-Ci και η αναμενόμενη συγκέντρωση CO₂ των χλωροπλαστών-Cc. Ο βαθμός μεταφοράς των ηλεκτρονίων-ETR, έμεινε αναλλοίωτος. Όταν η ξηρασία επιδεινώθηκε, όλοι οι παραπάνω παράγοντες, μαζί με την ETR και την εκτιμώμενη αγωγιμότητα του μεσόφυλλου-gmes, μειώθηκαν περαιτέρω. Προβλήματα του μεταβολισμού αποδόθηκαν σε μειωμένη αγωγιμότητα του μεσόφυλλου (Flexas *et al*, 2002). Γενικότερα, ασχέτως με την άρδευση, τα αμπέλια εμφάνισαν μείωση από το πρωί προς το απόγευμα, των A και gs και αύξηση της E (Cuevas *et al*, 2006). Σε φυτά με χρόνιο υδατικό στρες, η στοματική αγωγιμότητα, η απόδοση, ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης και η απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα μειώθηκαν. Για κάθε περίπτωση, παρατηρείται υψηλή συσχέτιση

μεταξύ της g_s και της A . Υπό την επίδραση του υδατικού στρες οι μη στοματικοί περιορισμοί επικεντρώνονται στην μεταβολική διαδικασία της αναγέννησης της Rubisco (Escalona *et al*, 2000).

Για την **Manto Negro**, υπό μέτριο στρες, μειώθηκε η σ_a , η υποστοματική συγκέντρωση του CO_2-C_i , η αναμενόμενη συγκέντρωση CO_2 των χλωροπλαστών- C_c και η διαφορά της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής, που ορίζεται ως $net\ photosynthesis-AN$. Ο βαθμός μεταφοράς των ηλεκτρονίων- ETR , έμεινε αναλλοίωτος. Όταν η ξηρασία επιδεινώθηκε, όλοι οι παραπάνω παράγοντες, μαζί με την ETR και την εκτιμώμενη αγωγιμότητα του μεσόφυλλου- g_{mes} , μειώθηκαν περαιτέρω (Flexas *et al*, 2002). Βελτιώθηκε η A/E , τα φαινοτικά του φλοιού και το Ψ ήταν συσχετισμένο με τα $o.d.s.$ και τις πολυφαινόλες (Medrano *et al*, 2003; Chaves *et al*, 2010). Υπό έντονο στρες, μειώθηκε η αφομοίωση CO_2 , η A και η g_s αλλά, ανταποκρίθηκε σχετικά καλά στην ξηρασία (Escalona *et al*, 2000). Χωρίς άρδευση, η A μειώθηκε σημαντικά και η AXN αυξήθηκε (Escalona *et al*, 1999). Υπό χρόνιο υδατικό στρες, η στοματική αγωγιμότητα, η απόδοση, ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης και η απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα μειώθηκαν ενώ, η ενδογενής AXN αυξήθηκε (Escalona *et al*, 2000).

Η **Malbec**, κάτω από συνθήκες επαρκούς υγρασίας και υψηλών θερμοκρασιών παρουσίασε αύξηση των g_s , E , A και της ανάπτυξης ενώ, τα ίδια, σε χαμηλή υδατική διαθεσιμότητα μειώθηκαν. Οι μειώσεις, ήταν σε μικρότερο βαθμό από ότι στις ρυθμιζόμενες θερμοκρασίες (Giorgi *et al*, 2019).

Κάτω από υδατικό στρες, η **Carménère** εμφάνισε μειώσεις στην AN , στη στοματική αγωγιμότητα και στην ευαισθησία των στοματίων και η AXN_i αυξήθηκε (Jara-Rojas *et al*, 2015).

Στο **Grenache/Garnacha** υπό στρες τα στομάτια των φύλλων έκλεισαν, το Ψ_{pd} ήταν άσχετο με την A ή την E , η A ήταν πιο χαμηλού ρυθμού από ότι των αρδευόμενων και εμφάνισε την μεγαλύτερη ευαισθησία στην άρδευση. Υπό παροχή νερού, η παραγωγή ξηρής ύλης ήταν σχετιζόμενη γραμμικά με την g_s , A και το λόγο νυχτερινής αναπνοής προς φωτοσύνθεση. Σε μη αρδευόμενες συνθήκες, η παραγωγή ξηρής ύλης δεν σχετιζόταν καθόλου με καμία παράμετρο φυσιολογίας (Gómez-del-Campo *et al*, 2004). Η φωτοσύνθεση, η διαπνοή και η στοματική αγωγιμότητα επηρεάστηκαν στο Grenache και δεν κατάφεραν να επανέλθουν. Η WUE_i ήταν χαμηλότερη από άλλες ποικιλίες. Ως ισουδρική ποικιλία, υπό αυξημένη θερμοκρασία με άρδευση, μπόρεσε να ανταπεξέλθει (Cogato *et al*, 2022). Είχε την καλύτερη προσαρμοστικότητα, την υψηλότερη AXN και εξοικονόμησε το περισσότερο νερό (Santesteban *et al*, 2009). Δεν είχε σημαντική μείωση στο Ψ_{leaf} (Schultz, 2003). Το

Ψρμειώθηκε υπό στρες (Martorell *et al*, 2015). Με στρες και επανάρδευση, μειώθηκε και ο φθορισμός της χλωροφύλλης (Pou *et al*, 2012). Στα ήπια αρδευόμενα σταφύλια παρατηρήθηκε μεγαλύτερη συγκέντρωση στα φαινολικά του φλοιού (Chaves *et al*, 2010).

Για την **Cabernet sauvignon** σε συνθήκες πολύ χαμηλής παροχής νερού, η οποία εφαρμόστηκε απότομα, τα φύλλα έπεσαν, οι ράγες μειώθηκαν σε μέγεθος και αυξήθηκε ως συνέπεια, η συγκέντρωση ανθοκυανών και ολικών φαινολικών. Το pH αυξήθηκε αρκετά ώστε να αποτελέσει οργανοληπτικό ελάττωμα. Τα στοιχεία που μειώθηκαν είναι : μέσο βάρος/100 ράγες, όγκος ραγών, ολικά διαλυμένα στερεά-TSS, σακχαροπεριεκτικότητα ραγών, κιτρικό και τρυγικό οξύ, δηλαδή η ποιότητα υποβαθμίστηκε. Παρατηρήθηκε ότι τα αμπέλια, παρά το έντονο στρες και την ξηρασία των φύλλων, δεν έφτασαν σε μόνιμο μαρασμό, αλλά αντιθέτως, με άρδευση κατάφεραν να επανέλθουν. Τα ίδια αποτελέσματα εμφάνισε και η **Merlot** (Bahar *et al*, 2011). Συγκριτικά με αμπέλια που δέχονταν επαρκή άρδευση, τα **Cabernet sauvignon** με περιορισμένη είχαν τα παρακάτω: Η φωτοαναπνοή, η στοματική αγωγιμότητα και οι αποδόσεις του PSII μειώθηκαν. Η υποστοματική συγκέντρωση διοξειδίου σε αμπέλια δίχως άρδευση αυξήθηκε, υποδεικνύοντας πώς τα φύλλα υπέστησαν μη στοματικό περιορισμό, όπως προβλήματα στα φωτοσυστήματα, καταστροφή πρωτεϊνών και διακοπή μεταφοράς ηλεκτρονίων, σε αντίθεση με τα αμπέλια που δέχονταν θεραπεία άρδευσης, τα οποία είχαν χαμηλή φυλλική συγκέντρωση CO₂ (Guan και Gu, 2009). Μέσω του υδατικού στρες, η περιεκτικότητα του φυτού σε νερό μειώθηκε, ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης μειώθηκε, οι συγκεντρώσεις προλίνης, MDA, H₂O₂ αυξήθηκαν καθώς και η δραστηριότητα των αντιοξειδωτικών SOD, CAT. Η (E)-2-εξενάλη και η 3-εξενάλη παρουσίασαν σημαντική αύξηση μετά την υδατική καταπόνηση, η οποία σχετίστηκε με την προλίνη, το υπεροξειδίο του υδρογόνου, την MDA, την CAT και την SOD (Ju *et al*, 2018). Με ελεγχόμενο υδατικό περιορισμό, η φωτοσύνθεση μειώθηκε και η στιγμιαία WUE επίσης ενώ, δεν υπήρξε εμφανής μείωση απόδοσης ή υποβιβασμός στην ποιότητα των σταφυλιών (Tarara και Peña, 2015). Σε έρευνα των Costa *et al*, το 2012, με RDI 30-40% ET, ανάμεσα στις ποικιλίες Tempranillo (Aragonez/Tinta Roriz), Trincadeira (Tinta Amarela), Cabernet Sauvignon, Syrah, και Touriga Nacional η στοματική αγωγιμότητα και η πυκνότητα των στοματίων στο φύλλο δεν συσχετίστηκαν, οπότε η κάθε ποικιλία ελέγχει τα στομάτιά της με άλλο τρόπο. Η ελλειμματική άρδευση μείωσε ελαφρώς το μέσο βάρος ανά 100 ράγες, την ολική οξύτητα πριν την ωρίμανση, και αύξησε τα TSS, το pH του γλεύκους, την συγκέντρωση σακχάρων και ολικών ανθοκυανών (Yang *et al*, 2020). Υπό αρκετά σοβαρό υδατικό στρες, τα περισσότερα φαινολικά και TSS αυξήθηκαν, εξαιτίας της μείωσης μεγέθους των ραγών και ο αλκοολικός βαθμός έφτασε ως 16,5%. Οι περισσότεροι

αρδευόμενες κατηγορίες είχαν αύξηση στην απόδοση κατά 26-30% και αποφυγή υπέρ συσσώρευσης σακχάρων και διαλυμένων στερεών. Όμως, οι ολικές τανίνες και ανθοκυάνες και η χρωματική ένταση μειώθηκαν. Οι εκχυλίσιμες τανίνες δεν μεταβλήθηκαν (Intrigliolo *et al*, 2016). Στην ωρίμανση εφαρμόστηκε υψηλή, χαμηλή ή ελεγχόμενη παροχή νερού και όσο μεγάλωνε η ράγα, τόσο αυξάνονταν και τα ο.δ.σ. Τα σάκχαρα και οι ανθοκυάνες μειώθηκαν, οι τανίνες των φλοιών έμειναν σχεδόν ίδιες, με ίσως μικρή πτώση, παράλληλα με την αύξηση του μεγέθους των ραγών. Οι τανίνες των γιγάρτων αυξήθηκαν, μαζί με το μέγεθος, σε πολυγίγαρτες ράγες. Συγκριτικά με τα φαινολικά των φλοιών, οι τανίνες των γιγάρτων ποίκιλλαν περισσότερο με βάση το μέγεθος, παρά με την υδατική διαθεσιμότητα. Υπό στρες, τα σταφύλια μείωσαν το μέγεθός τους και αύξησαν τα φαινολικά των φλοιών τους, δίχως να επηρεάσουν τα γίγαρτα. Συνεπώς, το νερό επηρέασε πιο έντονα από το μέγεθος τα φαινολικά της φλούδας, όχι άμεσα στην βιοσύνθεσή τους, αλλά μέσω διαφορετικής ευαισθησίας στην ανάπτυξη του εξωκαρπίου και ενδοκαρπίου (Roby *et al*, 2008). Οι υδατικές ελλείψεις επηρεάζουν την έκφραση γονιδίων, υπεύθυνων για την παραγωγή μερικών στοιχείων και μεταβολιτών της ράγας. Αυτό, έχει αντίκτυπο στο τελικό προϊόν, αφού, για παράδειγμα, στα ήπια αρδευόμενα σταφύλια παρατηρήθηκε μεγαλύτερη συγκέντρωση στα φαινολικά του φλοιού (Chaves *et al*, 2010). Τα αμπέλια με την λιγότερη άρδευση, είχαν το χαμηλότερο υδατικό δυναμικό φύλλων. Οι οίνοι που προέκυψαν από τα λιγότερο αρδευόμενα φυτά, είχαν σημαντικά υψηλότερα αρώματα κόκκινων, μαύρων φρούτων, μαρμελάδας, μαγειρεμένου και αποξηραμένου μούρου και σταφίδας, από ότι οι οίνοι από τα αρδευόμενα. Οι οίνοι βασικής άρδευσης, είχαν υψηλότερα «πράσινα» αρώματα, λαχανικών, πιπεριάς, αρώματα πιπεριού και στυπτικότητα (Charman *et al*, 2008). Τα σάκχαρα των σταφυλιών τους, είχαν αυξηθεί κατά 6,7%, οι ανθοκυάνες κατά 22,2%, οι τανίνες κατά 27,5% και η απόδοση μειώθηκε κατά 53,2%. Όλα αυτά συγκριτικά με τις αρδευόμενες κατηγορίες (Jasse *et al*, 2021). . Βελτίωση των ραγών ποιοτικά, παρατηρήθηκαν σε συνθήκες ήπιου υδατικού στρες. Η ποιότητα συσχετίστηκε άμεσα με το υδατικό δυναμικό , ενώ η απόδοση δεν φάνηκε να επηρεάζεται (Acevedo-Opazo *et al*, 2010). Τα φυτά που είχαν ελλειμματική άρδευση PRD ή DI, είχαν αυξημένη AXN συγκριτικά με αυτά της FI κατηγορίας. Οι διαφορές μεταξύ AXN και κλεισίματος των στοματιών ήταν ασήμαντες για τις ελλειμματικές αρδεύσεις, αλλά η PRD μείωσε την ανάπτυξη, καθώς η φυλλική επιφάνεια ήταν μικρότερη όπως και το βάρος των κλαδεμένων τμημάτων. Η αραιότερη φυλλική επιφάνεια επιτρέπει την καλύτερη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και ως απόρροια, βελτιώνεται η ωρίμανση και η ποιότητα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός, ότι στα φυτά της PRD η υδατική κατάσταση είναι καλύτερη από αυτών της DI, αλλά παρ' όλα αυτά, εμφανίζουν μειωμένη ανάπτυξη. Συνεπώς, οι παράγοντες

της ανάπτυξης είναι μη συσχετιζόμενοι με το νερό (Costa *et al*, 2007). το βάρος των ραγών υπό μερική ξήρανση ήταν μικρότερο από αυτό των συμβατικών, χωρίς όμως αλλαγή στις ολικές ανθοκυάνες. Αυξήθηκαν σημαντικά οι γλυκοζίτες των ανθοκυανιδινών: Δελφινιδίνη, Κυανιδίνη, Πετουνιδίνη, Πεονιδίνη, ενώ αυτοί της Μαλβιδίνης δεν επηρεάστηκαν από την PRD. Οι αλλαγές αυτές θεωρούνται απόρροια του διαφορετικού τρόπου σύνθεσης των φαινολικών και όχι, του μικροκλίματος του σταφυλιού. Οι παραγόμενοι οίνοι από τα σταφύλια υπό στρες είχαν πιο έντονο χρώμα κατά 15%, Τα ο.δ.σ. δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων, αλλά, στον μούστο από την PRD το pH ήταν αυξημένο και η ογκομετρούμενη οξύτητα μειωμένη. Αιτία της μείωσης της οξύτητας είναι η υδατική έλλειψη, η οποία κατά την ωρίμανση, προκαλεί απότομη ελάττωση της συγκέντρωσης του μηλικού οξέος στις ράγες (Bindon *et al*, 2008).

Στο **Merlot**, όσο το υδατικό στρες αυξανόταν, τόσο μειώνονταν η συνολική φυλλική επιφάνεια, καθώς και η απόδοση. Παρόλο που η βλάστηση μειώθηκε, τα φυτά παρέμειναν πλήρως παραγωγικά, καθώς υπήρχαν φύλλα εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία.. Υπό περισσότερη άρδευση, λόγω συσσώρευσης νερού, το βάρος των ραγών αυξήθηκε και ως απόρροια οι αποδόσεις ήταν υψηλότερες (Chacón-Vozmediano *et al*, 2020). Τα φαινολικά των φλοιών αυξήθηκαν με ήπια άρδευση (Chaves *et al*, 2010).

Για το **Syrah/Shiraz** οι επιπτώσεις του υδατικού στρες δεν ήταν έντονες. Η μέγιστη στοματική αγωγιμότητα και φωτοσύνθεση, παρέμειναν στα ίδια επίπεδα. Αυτό, δείχνει ότι η ποικιλία έχει ανισοδρικό χαρακτήρα (Schultz, 2003). Σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών 30°C-40°C και υπό υδατικό στρες, η διαπνοή έμεινε ανεπηρέαστη (Cogato *et al*, 2022). Έπειτα από πρόκληση υδατικού στρες και επανάρδευση, το Syrah, παρά την ανισοδρική φύση του, έδειξε και σημάδια ισοδρικής συμπεριφοράς. Οι ανισοδρικές ποικιλίες είχαν πιο γρήγορη ανάρρωση μετά το υδατικό στρες: με μικρότερη μείωση της gs διατήρησαν τη φωτοσυνθετική ικανότητά τους σε ικανοποιητικά επίπεδα και αυτό ευνόησε την ανάκαμψή τους. Επίσης είχαν περισσότερη αφομοίωση CO₂ και υψηλότερες αποδόσεις. Τα αποτελέσματα αυτά δεν συμφωνούν με την κοινή γνώμη, ότι οι ισοδρικές ποικιλίες ανταποκρίνονται καλύτερα στο υδατικό στρες (Pou *et al*, 2012). Τα φαινολικά του φλοιού επωφελήθηκαν από ήπια άρδευση (Chaves *et al*, 2010). Η ευαισθησία των στοματίων ενισχύθηκε με την PRD, συγκριτικά με αμπέλια που δέχονταν άρδευση και στα δύο μέρη του ριζικού. Χρησιμοποιήθηκε λιγότερο νερό, σχεδόν η μισή ποσότητα από την συμβατική άρδευση. Ανάμεσα στις κατηγορίες των αμπελιών: PRD, DI και συμβατική, δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στο υδατικό δυναμικό των βλαστών, συνεπώς, οι μεταβολές των στοματίων οφείλονται σε χημικούς παράγοντες πχ ABA. Η ποικιλία αυτή κατατάσσεται στις

ανισοϋδρικές, όμως εδώ, η αυξημένη ανταπόκριση των στοματίων κατά το υδατικό στρες, δίνει άλλα συμπεράσματα (Collins *et al*, 2010).

Η ποικιλία **Sangiovese** σε πείραμα όπου προκλήθηκε υδατικό στρες και έγινε επανάρδευση, το Ψ των φύλλων δεν επηρεάστηκε σημαντικά, το gs και η αφομοίωση του CO₂ μειώθηκαν. Μετά από μία ημέρα «θεραπείας» μόνο τα φύλλα κοντά στο κέντρο του βλαστού κατάφεραν να επανέλθουν, μερικώς, φωτοσυνθετικά. Τουλάχιστον δύο ημέρες αργότερα, επανήλθαν τα φύλλα της κορυφής. Αυτό, υποδεικνύει ότι η θέση, συνεπώς η ηλικία, του φύλλου παίζει σημαντικό ρόλο στην ανταπόκριση στο υδατικό στρες και στην αντιμετώπισή του. Τα στομάτια έκλεισαν γρήγορα και μειώθηκε η διαπνοή και η απώλεια υδρατμών, περιορίζοντας έτσι την ανάπτυξη των νεαρών φύλλων και την φωτοσύνθεση (Lanari *et al*, 2018). Προκλήθηκε με το στρες, κιτρίνισμα και πτώση των φύλλων βάσης, μείωση του υδατικού δυναμικού των φύλλων, του ρυθμού φωτοσύνθεσης και του gs. Η ενδογενής αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού αυξήθηκε μαζί με την χλωροφύλλη ενώ, το Αμπισικό οξύ δεν μεταβλήθηκε (Santo *et al*, 2016). Σε αμπέλια με λίγη άρδευση, τα φαινολικά στους φλοιούς είχαν αυξηθεί (Chaves *et al*, 2010). Στα φυτά υπό στρες, τα υδατικά δυναμικά του βλαστού και της μεσημεριανής ώρας ήταν πολύ χαμηλότερα από τα αρδευόμενα. Από αυτό, συμπεραίνεται ότι η ποικιλία έχει ανισοϋδρικό χαρακτήρα. Η ενδογενής AXN αυξήθηκε, κάτι που συνηθίζεται σε ισοϋδρικές ποικιλίες. Η απόδοση δεν επηρεάστηκε ενώ, η σύνθεση των ραγών σχετικά με τα ολικά διαλυμένα στερεά και τις ανθοκυάνες, βελτιώθηκε, παρά την μειωμένη φωτοσύνθεση (Poni *et al*, 2007).

Η **Lambrusco**, εμφάνισε αυξημένα φαινολικά στις φλούδες των ραγών, όταν εφαρμόστηκε ήπια άρδευση (Chaves *et al*, 2010). Υπό στρες, τα στομάτια εμφάνισαν αυξημένη ευαισθησία στις αλλαγές της πίεσης, παράλληλα με χαμηλή αφομοίωση CO₂, υψηλή AXN και διακοπή της ανάπτυξης των βλαστών. Εξαιτίας του αρκετά χαμηλότερου Ψ_{leaf} στην HS η ποικιλία χαρακτηρίζεται ανισοϋδρική. Η AXN των φύλλων στα στρεσαρισμένα αμπέλια ήταν μη σύμφωνη με την αντίστοιχη AXN των πρέμων. Επίσης, μερικές φορές, στα καλά αρδευόμενα, είχε υψηλότερες τιμές. Το $\delta^{13}C$ ήταν παρόμοιο και στις δύο κατηγορίες. Η απόδοση και η σύσταση των σταφυλιών στα φυτά υπό στρες ήταν σταθερή, με την συγκέντρωση ο.δ.σ. και ανθοκυανών βελτιωμένη. Κάποιες πιθανές αιτίες είναι η καλύτερη ωρίμανση, η υψηλή αναλογία φυλλικής επιφάνειας/σταφύλια και η πρόωμη παύση της ανάπτυξης (Poni *et al*, 2008).

Τα αμπέλια **Castelão** με PRD, εμφάνισαν μεγαλύτερο έλεγχο της ανάπτυξης συγκριτικά με αυτά της DI, FI.. Αυτό, εκφράστηκε με μικρότερη φυλλική επιφάνεια κατά τον τρύγο, αριθμό φυλλικής στοιβάδας, πλάτος υπέργειου τμήματος και αριθμό πρέμων, επιτρέποντας σε

περισσότερο φως να περνά και έτσι, βελτιώθηκαν κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η άρδευση δεν επηρέασε την περιεκτικότητα σακχάρων αλλά αύξησε την ογκομετρούμενη οξύτητα. Στα DI, FI, οι ανθοκυάνες και οι φαινόλες του φλοιού ήταν χαμηλότερες από ότι στην μη αρδευόμενη. Στην PRD είτε δεν υπήρχε μείωση, είτε ήταν πολύ χαμηλότερη από ότι στις άλλες. Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού αυξήθηκε κατά 80% στην PRD, DI συγκριτικά με την FI, ενώ οι αποδόσεις ήταν σχεδόν ίδιες και στις τρεις εξαιτίας βροχών την άνοιξη. Στα φύλλα των πλήρως αρδευόμενων φυτών το υδατικό δυναμικό την αυγή ήταν υψηλό, σε αντίθεση με αυτό των καθόλου αρδευόμενων (Santos *et al*, 2003). Το υδατικό δυναμικό των φύλλων στα μη αρδευόμενα φυτά ήταν το πιο χαμηλό, ενώ τα PRD και DI είχαν το υψηλότερο. Η φωτοσύνθεση των πλήρως αρδευόμενων αμπελιών και αυτή των ελλειμματικών δεν είχαν μεγάλη διαφορά. Μείωση στο ρυθμό της φωτοσύνθεσης εξαιτίας στοματικών παραγόντων εμφανίζεται κυρίως στα μη αρδευόμενα φυτά. Το διοξείδιο του άνθρακα που αφομοιώθηκε δεν είχε επηρεαστεί από το υδατικό στρες (Souza *et al*, 2005). Με ελάττωση του νερού κατά 50%, είναι εφικτή η βελτίωση της ποιότητας και της AXN, χωρίς προβλήματα στην παραγωγή. Στα μη αρδευόμενα και σε πολλά φυτά υπό PRD, οι ανθοκυάνες και ολικές φαινόλες των φλοιών είχαν μεγαλύτερες τιμές από τις άλλες κατηγορίες. Εμφανίστηκε ελαφριά μείωση του ανοίγματος των στοματίων στην PRD και εξαιτίας της μειωμένης ζωηρότητας, το ηλιακό φως είχε ευκολότερη «πρόσβαση». Οι τιμές της υδατικής κατάστασης μεταξύ PRD και DI δεν απέκλειαν ιδιαίτερα. Σε περιπτώσεις όπου ίσχυε το ανάποδο, η PRD είχε υψηλότερο φυλλικό υδατικό δυναμικό, που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στην αντίστοιχη κατηγορία την ανάπτυξη δεν την έλεγχαν υδατικοί παράγοντες. Σχετικά με τον ρυθμό της φωτοσύνθεσης, τον φθορισμό της χλωροφύλλης και την AXN δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις. Τέλος, οι τιμές του δ13C αυξήθηκαν στις PRD και DI ράγες. Αυτό, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για παρακολούθηση της AXN κατά την περίοδο ανάπτυξης των φυτών. Ανάλογα με το κλίμα και την ποικιλία, κάθε φυτό ανταποκρίνεται αλλιώς στον υδατικό περιορισμό (Chaves *et al*, 2007).

Στο **Montepulciano**, μετά από πρόκληση υδατικού στρες, το υδατικό δυναμικό των φύλλων, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης και η στοματική αγωγιμότητα μειώθηκαν, ενώ, η ενδογενής αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού μετά από 6 ημέρες υπό υδατική έλλειψη, αυξήθηκε. Η συγκέντρωση του ABA αυξήθηκε σημαντικά όπως και η συγκέντρωση H₂O₂ και η δραστηριότητα της Καταλάσης αλλά, η χλωροφύλλη μειώθηκε (Santo *et al*, 2016). Οι Chaves *et al*, 2010 παρατήρησαν πώς σε φυτά με ήπια παροχή νερού τα φαινορικά συστατικά της φλούδας των σταφυλιών είχαν αυξηθεί.

Πίνακας 2. Συνοπτική παρουσίαση των επιπτώσεων της άρδευσης ανά ποικιλία

ΠΟΙΚΙΛΙΑ	ΑΡΔΕΥΣΗ-ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΥ ΑΥΞΗΘΗΚΑΝ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΥ ΜΕΙΩΘΗΚΑΝ	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΜΕΤΑΒΛΗΘΗΚΑΝ
Tempranillo (Ισοδρική)	Μέτρια-Καλή υ.δ.	A, E, απόδοση, φαινολικά φλοιών, ποιότητα, ογκομετρούμενη οξύτητα, αζωτούχες ενώσεις μούστου, βάρος	A, τα ολικά φαινολικά υπό 100%ET, pH, gs, AN, CO ₂ -Ci, CO ₂ -Cc	TSS, ολικά φαινολικά, ETR
Tempranillo	Χαμηλή υ.δ.	AXN, χρωματική ένταση, οξύτητα, ολικές ανθοκυάνες, ηλιακή ακτινοβολία, ωρίμανση, ποιότητα	Gs, CO ₂ , A, Ψrd, ανάπτυξη, φυλλική επιφάνεια, ποιότητα, απόδοση, σάκχαρα, αρωματικά, ογκομετρούμενη οξύτητα, μηλικό οξύ	TSS, ολικά φαινολικά για 0-25%ET, ETR, gs, AN, CO ₂ -Ci, CO ₂ -Cc, gmes, μεταβολισμός
Manto Negro (I,A)	Μέτριο στρες	A, E, φαινολικά φλοιού	Gs, CO ₂ -Ci, CO ₂ -Cc, AN,	ETR
Manto Negro	Έντονο στρες	Ενδογενής AXN	Gs, CO ₂ -Ci, CO ₂ -Cc, AN, ETR, gmes, A, απόδοση	-
Malbec	Υψηλή υ.δ. συνδυαστικά με υψηλή T°C	Gs, E, βλαστική ανάπτυξη, A	-	-
Malbec	Χαμηλή υ.δ.	-	Ανάπτυξη, A, E, gs	-
Carménère	Υδατικό στρες	Ενδογενής AXN	AN,gs, ευαισθησία στοματίων	-
Garnacha (Ισοδρική)	Υψηλή υ.δ.	-	-	-
Garnacha	Μηδενική υ.δ.	-	A, gs, E	-
Garnacha	Άρδευση, στρες, επανάρδευση	-	A, gs, E, φθορισμός χλωροφύλλης	-
Garnacha	Υδατικό στρες	Ποιότητα, ανθεκτικότητα στο στρες	Ψrd, απόδοση (μικρή μείωση), φαινολικά φλοιού	Ψleaf
Cabernet sauvignon(Ανισοδρική)	Πολύ χαμηλή υ.δ.	Ολικά φαινολικά, ανθοκυάνες, pH, TSS, αλκοολικός βαθμός, Ψleaf, αρωματικό προφίλ	Φύλλα, μέγεθος ραγών, TSS, σάκχαρα ραγών, κιτρικό και τρυγικό οξύ, ποιότητα	-
Cabernet sauvignon	Χαμηλή υ.δ.-ήπιο στρες	CO-Ci, ποιότητα, απόδοση	Φωτοαναπνοή, gs, απόδοση του PSII	Απόδοση
Cabernet Sauvignon	Υδατικό στρες	Προλίνη, H ₂ O ₂ , δραστηριότητα αντιοξειδωτικών, TSS, pH γλεύκους, σάκχαρα, ολικές	[H ₂ O] στο φυτό, A, βάρος-μέγεθος ραγών, ολική, ογκομετρούμενη οξύτητα, απόδοση, ολικές τανίνες,	Εκχυλίσιμες τανίνες, ολικές ανθοκυάνες, γλυκοζίτες Μαλβιδίνης, TSS

		ανθοκυάνες, τανίνες, φαινολικά φλοιών, AXN, ωρίμανση, ποιότητα, γλυκοζίτες των ανθοκυανιδινών: Δελφινιδίνη, Κυανιδίνη, Πετουνιδίνη, Πεονιδίνη, χρωματική ένταση οίνων, φλοιός/σάρκα	ανθοκυάνες, χρωματική ένταση, ανάπτυξη, φυλλική επιφάνεια	
Cabernet Sauvignon	RDI 30-35% ETc	-	A, στιγμιαία AXN	Απόδοση, ποιότητα
Cabernet Sauvignon	Βασική άρδευση 32Λ/φυτό/εβδομάδα	«πράσινο» αρωματικό προφίλ	-	-
Cabernet Sauvignon	Υψηλή άρδευση	Μέγεθος ράγας, TSS, τανίνες γιγάρτων	Σάκχαρα, ανθοκυάνες, άρωμα	Τανίνες φλοιών
Merlot (Ανισοϋδρική)	Πολύ χαμηλή υ.δ.	Ολικά φαινολικά, ανθοκυάνες, pH	Φύλλα, μέγεθος ραγών, TSS, σάκχαρα ραγών, κίτρινο και τρυγικό οξύ, ποιότητα, απόδοση	-
Merlot	Επαρκής υ.δ.	Βάρος ραγών, απόδοση	-	-
Syrah/Shiraz (Ανισοϋδρική, I)	PRD	Ευαισθησία στοματιών, φαινολικά φλοιών	-	Ψstem
Syrah/Shiraz	Υδατικό στρες	CO ₂ , απόδοση	-	Gs, A,E
Sangiovese (Ανισοϋδρική, I)	Υδατικό στρες και επανατροφοδότηση	Ενδογενής AXN, [χλωροφύλλης]	Gs, CO ₂ , E, ανάπτυξη νέων φύλλων, A, φύλλα βάσης, Ψ leaf	Ψleaf, ABA
Sangiovese	Ήπια άρδευση	Φαινολικά φλοιού	-	-
Sangiovese	PRD	Ενδογενής AXN, ανθοκυάνες, TSS	ΨStem, Ψmidday, A	απόδοση
Montepulciano (Ισοϋδρική, A)	Υδατικό στρες και επανατροφοδότηση	Ενδογενής AXN, ABA	Gs, Ψleaf, A, [χλωροφύλλη], H ₂ O ₂ , δραστηριότητα Κατάλησης	-
Montepulciano	Ήπια άρδευση	Φαινολικά φλοιών	-	-
Lambrusco (I)	Ήπια άρδευση	Φαινολικά φλοιών	-	-
Lambrusco (A)	Υδατικό στρες	Ευαισθησία στοματιών, AXN, ανθοκυάνες, TSS ωρίμανση, φυλλική επιφάνεια	CO ₂ , ανάπτυξη βλαστών, Ψleaf	δ ¹³ C, απόδοση
Castelão	NI	-	Ψdawn-leaf, A	CO ₂

Castelão	PRD	Διέλευση φωτός, ωρίμανση, ποιότητα, AXN, Ογκομ. Οξύτητα, Ψleaf, φαινολικά φλοιών, δ ¹³ C	Φύλλα, πρέμνα, ανάπτυξη	Σάκχαρα, απόδοση, CO ₂ , A, φθορισμό χλωροφύλλης
Castelão	DI	Ογκομ. Οξύτητα, Ψleaf, AXN, ποιότητα, δ ¹³ C	Φύλλα	Σάκχαρα, απόδοση, CO ₂ , A, φθορισμό χλωροφύλλης
Castelão	FI	Ψdawn, Ογκομ. Οξύτητα	-	Σάκχαρα, απόδοση, CO ₂ , A, φθορισμό χλωροφύλλης
Tannat	Υδατικό στρες	Ανθοκυάνες	-	-
Cabernet franc	Υδατικό στρες	Φλοιός/σάρκα, πρόδρομες αρωματικές ενώσεις, φαινολικά, ποιότητα	Μέγεθος ραγών	-
Touriga Nacional (A)	Ήπια άρδευση	Φαινολικά φλοιού	-	-
Rizamat	ADI-PRD	AXN, σάρκα, Βιταμίνη C, TSS/ογκομ. οξύτητα	E	A, απόδοση, Ψ
Bobal	Χωρίς άρδευση	TSS, φαινολικά	Ζωηρότητα, απόδοση, pH, μέγεθος ραγών	Εκχυλισματικότητα των ανθοκυανών, χρώμα οίνου
Bobal	100%ET	-	-	Εκχυλισματικότητα των ανθοκυανών, χρώμα οίνου

3.1.1 ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Σε αυτό το υποκεφάλαιο, θα παρουσιαστούν διάφορες τεχνικές άρδευσης και πώς αυτές μετέβαλλαν τους φυσιολογικούς παράγοντες των φυτών, ασχέτως ποικιλίας, συνδυαστικά με τα δεδομένα που έχουν ήδη συγκεντρωθεί. Όπως και πριν, τα αποτελέσματα θα συμπτυχτούν σε πίνακα (βλ. πίνακα 3.).

Γενικότερα, υπό **ήπιο υδατικό στρες** περίπου -1,2 MPa, παρατηρήθηκαν τα καλύτερα ποιοτικά, ποσοτικά αποτελέσματα και η αποτελεσματικότερη αξιοποίηση νερού. (Acevedo-Orazo *et al*, 2010). Οι Coombe *et al*, το 1997 στην έρευνά τους, διαπίστωσαν ότι η **ήπια ή μέτρια έλλειψη νερού** προκαλεί αυξομειώσεις διαφόρων μεταβολιτών. Σχετικά με τα φαινοτικά, οι ανθοκυάνες των φλοιών αυξήθηκαν, οι τανίνες δέχτηκαν μικρή επίδραση, ενώ αυτές των γιγάρτων είχαν βελτιωμένη σύσταση. Η συγκέντρωση του μηλικού μειώθηκε, σε αντίθεση με των σακχάρων. Εμβολές του ξυλώματος διορθώνονται από το ABA μόνο όταν παρέχεται **αρκετό νερό** και αυξάνεται το υδατικό δυναμικό. Βλάβες στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης μπορούν να επηρεάσουν την στοματική λειτουργία (Lovisolo *et al*, 2010).

Υπό **μέτρια υδατική καταπόνηση** επηρεάζεται η απόδοση, μέσω του φωτοσυνθετικού στρες. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά δεν σχετίζονται με την απόδοση ή τον φωτοσυνθετικό ρυθμό, αλλά με την διαθεσιμότητα νερού (Medrano *et al*, 2003). Το υδατικό στρες επηρεάζει σημαντικά την απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα και τα φωτοσυνθετικά συστήματα στα φύλλα, (Flexas, 2002). Συνδυαστικές μετρήσεις στα φύλλα σχετικά με την θερμοκρασία και το υδατικό δυναμικό, μπορούν να συμβάλλουν στην κατανόηση της λειτουργίας των στοματίων σε διαφορετικές ποικιλίες (Costa *et al*, 2012).

Σε αμπέλια υπό **υδατικό στρες** η στοματική αγωγιμότητα μειώθηκε παράλληλα, με μείωση και στην υποστοματική και χλωροπλαστική συγκέντρωση CO₂ και στην φωτοσύνθεση. Ο ρυθμός μεταφοράς ηλεκτρονίων δεν επηρεάστηκε παρά μόνο όταν η ξηρασία συνεχίστηκε και έγινε εντονότερη, όπου μειώθηκε μαζί με όλα τα παραπάνω. Παρά τις ακραίες συνθήκες, η καρβοξυλίωση της 1-5-διφωσφορικής ριβουλόζης δεν φάνηκε να επηρεάστηκε, κάνοντας τις μεταβολικές αλλαγές αποτέλεσμα άλλων αιτιών., όπως η αγωγιμότητα στην περιοχή του μεσόφυλλου (Flexas *et al*, 2002).

Σύμφωνα με το άρθρο του Cramer που δημοσιεύτηκε το 2010, το αβιοτικό στρες, που περιλαμβάνει την οξύτητα των εδαφών, την αλατότητα, την έλλειψη νερού και τις ακραίες

θερμοκρασίες, επιδρά στη λειτουργία των φυτών τόσο γενετικά, όσο και φυσιολογικά. Υπό **υδατικό στρες**, χαμηλές θερμοκρασίες και έντονη αλατότητα, επηρεάστηκε η μεταγραφή τουλάχιστον 2.000 γονιδίων, ο μεταβολισμός ορμονών, κυριότερα του Αμπισσικού οξέος-ABA, ο σχηματισμός πρωτεϊνών, η ανάπτυξη, η φωτοσύνθεση, η σηματοδότηση έναρξης διαφόρων μεταβολικών διεργασιών και η άμυνα των κυττάρων. Σε όλες τις παραπάνω λειτουργίες και επιπρόσθετα, στην στοματική αγωγιμότητα επιδρά και το ABA, κάτι που το καθιστά βασικό κομμάτι της άμυνας έναντι του αβιοτικού στρες. Στα αμπέλια, το οσμωτικό στρες είναι ένα συχνό «παρακλάδι» του αβιοτικού και η αντίδραση των φυτών σχετίζεται με την μεταγραφή. Το ABA ενεργεί για να περιοριστεί η απώλεια νερού, μειώνοντας την στοματική αγωγιμότητα και την φυλλική επιφάνεια και για να γίνουν τα αμπέλια πιο ανθεκτικά. Αξιοσημείωτη είναι η πιθανότητα το ABA, να λειτουργεί ανασταλτικά στην μεταγραφή γονιδίων που κωδικοποιούν πρωτεΐνες και ανταποκρίνονται στον υδατικό περιορισμό.

Οι VanLeeuwen *et al* το 2007 συγκέντρωσαν πληροφορίες από παλιότερες έρευνες σχετικά με το **ελεγχόμενο περιβαλλοντικό στρες** και τις επιρροές του στο σταφύλι. Μιλώντας για ερυθρές ποικιλίες, επισήμαναν ότι υπό περιορισμένη υγρασία ή/και μειωμένο διαθέσιμο άζωτο, τα φυτά δεν είναι το ίδιο παραγωγικά, όμως η ποιότητα των καρπών τους παρουσιάζει σημαντική βελτίωση, εξαιτίας του μειωμένου μεγέθους των ραγών και συνεπώς, της αύξησης των φαινολικών συγκεντρώσεων. Η φωτοσύνθεση είναι η πρωταρχική λειτουργία που «βλάπτεται» από την μειωμένη υγρασία, καθώς τα στομάτια κλείνουν και περιορίζεται η ανταλλαγή αερίων. Βέβαια, το υδατικό στρες επιφέρει και θετικές αλλαγές στη φυσιολογία: με μείωση του όγκου των φύλλων, προκύπτει καλύτερη ηλιακή έκθεση των καρπών, όχι «πρήξιμο» του καρπού από το νερό και αραίωση των συστατικών του, ενίσχυση της φαινολικής παραγωγής και αυξημένη διαθεσιμότητα σακχάρων που θα αξιοποιηθούν για την ωρίμανση και όχι για την αύξηση. Για να εξεταστεί η υδατική κατάσταση της αμπέλου και να προσαρμοστεί, αν χρειάζεται, η άρδευση, χρησιμοποιείται το υδατικό δυναμικό του βλαστού Ψ_{stem} , το οποίο είναι πιο ακριβές από το $\Psi_{\text{leaf, pre-dawn}}$ και συσχετίζεται με την διαπνοή. Ακολουθούν τα ισότοπα άνθρακα των σακχάρων: $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, δ^{13} , που δίνουν σαφή εικόνα για το πόσο στρεσαρισμένο είναι το φυτό κατά την περίοδο ωρίμανσης και αξιοποιούνται επίσης στο μετατρυγικό έλεγχο της άρδευσης. Στο κομμάτι των πωλήσεων και του κέρδους, το στρες ωφελεί τους παραγωγούς μόνο όταν το μειωμένο, ποσοτικά, προϊόν τους, μπορεί να τιμολογηθεί υψηλότερα λόγω ποιοτικής ανωτερότητας.

Οι Flexas και Medrano το 2001, συγκέντρωσαν διάφορες παλαιότερες έρευνες στην προσπάθειά τους να απαντήσουν το ερώτημα: αν η **υδατική έλλειψη** επηρεάζει τον ρυθμό

της φωτοσύνθεσης μέσω των στοματίων ή μέσω του μεταβολισμού των C3 φυτών. Διαφορές στον τρόπο που το υδατικό δυναμικό των φύλλων αλληλεπιδρά με την φωτοσύνθεση, καθιστούν δύσκολη την σύγκριση των αποτελεσμάτων των ερευνών και για αυτό, όλες οι παράμετροι που μελετήθηκαν συσχετίστηκαν με την στοματική αγωγιμότητα. Αυτή, έπειτα, αξιοποιήθηκε ως μέτρο σύγκρισης μεταξύ των αποτελεσμάτων. Η gs πράγματι, συνδέεται με αλλαγές στην φωτοσυνθετική λειτουργία λόγω ξηρασίας. Σε υψηλές ακόμη, τιμές της στοματικής αγωγιμότητας, η τριφωσφορική αδενοσίνη-ATP και η διφωσφορική ριβουλόζη-RuBP μειώνονται, συνεπώς υπάρχει πρόβλημα στην σύνθεση και αναγέννησή τους αντίστοιχα. Όταν οι τιμές της gs πέσουν πολύ, τότε τα φωτοσυστήματα σταδιακά μειώνουν τη λειτουργία τους, το ένζυμο Rubisco απενεργοποιείται μερικώς και σε ακραίες περιπτώσεις ($gs < 50 \text{ mmolH}_2\text{O/m}^2/\text{s}$), η φωτοσύνθεση σταματάει μόνιμα. Η συγκέντρωση του CO₂ υποστοματικά, με μείωση της στοματικής αγωγιμότητας ελαττώνεται ως ένα βαθμό και έπειτα, αυξάνεται πάλι. Υπό ήπιο-μέτριο υδατικό στρες, το κλείσιμο των στοματίων είναι αυτό που περιορίζει την φωτοσύνθεση πρωταρχικά, αλλά, υπό έντονο στρες, οι μεταβολικές οδοί πλήττονται, η Rubisco μειώνεται και ως απόρροια, δεν απορροφάται διοξείδιο του άνθρακα ώστε να γίνει η φωτοσύνθεση.

Η μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού των φυτών υπό **υδατικό στρες** αναλύθηκε από τους Flexas *et al* 2004, μέσω μιας βιβλιογραφικής έρευνας. Σύμφωνα με παλαιότερες αναφορές, το ένζυμο Rubisco δεν μπορεί να λειτουργήσει κάτω από συνθήκες έλλειψης νερού. Αντίθετα, άλλα ένζυμα που συμμετέχουν στην αναγέννηση αυτής, δεν φαίνεται να επηρεάζονται. Εξαιτίας των ανεπαρκών δεδομένων επί του θέματος, υπάρχουν πολλά ερωτήματα που δύσκολα απαντώνται με σιγουριά χωρίς καινούργιες έρευνες, όπως, το τι παθαίνουν πράγματι τα υπόλοιπα ένζυμα της φωτοσύνθεσης όταν το φυτό στρεσάρεται υδατικά και πώς εν τέλει, μετά το στρες, η φωτοσυνθετική ικανότητα επανέρχεται.

Οι Matthews *et al*, 1990, έκαναν ένα πείραμα, όπου στα αμπέλια εφαρμόστηκε: συνεχής άρδευση, **πρόκληση υδατικού στρες στο πρώιμο και στο όψιμο στάδιο της περιόδου** και παρατηρήθηκε η επιρροή του νερού στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων οίνων. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι οίνοι είχαν τα ίδια σάκχαρα, αλκοολικό βαθμό, ογκομετρούμενη οξύτητα ή pH. Οι ανθοκυάνες και τα TSS είχαν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στους οίνους από στρεσαρισμένα φυτά. Διαφορές βρέθηκαν εμφανισιακά, γευστικά και αρωματικά, ανάμεσα σε όλους τους οίνους και δεν σχετίζονται με την ωρίμανση των σταφυλιών ή την απόδοση.

Μικρές ποσότητες νερού επιδρούν θετικά στην ποιότητα χωρίς να μειώνουν την απόδοση, ενώ μεγαλύτερες, αυξάνουν το μέγεθος των ραγών, μειώνουν το χρώμα και τα σάκχαρα και

συνεπώς και την ποιότητα. Επιπρόσθετα, η αυξημένη διαπνοή σε μεγαλύτερη φυλλική πυκνότητα επιφέρει προβλήματα μυκητολογικής φύσεως. Σε συνθήκες Μεσογειακές, η **υδατική έλλειψη** εφαρμόζεται στα τελικά στάδια της ανάπτυξης, με σκοπό την αποφυγή του στρες κατά την ωρίμανση. Ενώ, για έλεγχο του μεγέθους της ράγας, στην Αυστραλία, εφαρμόζεται αρκετά νωρίτερα. (Costa *et al*, 2007).

Μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Sepaskhah και Ahmadi το 2010 σε διάφορα είδη φυτών, έχει ως θέμα την επίδραση της **PRD-Partial Root-Zone Drying**, μίας μορφής ελλειμματικής άρδευσης. Το νερό παρέχεται σε μία μόνο πλευρά του ριζικού κάθε φορά, ενώ η άλλη υφίσταται ξήρανση, μέχρι την μεταβολή της άρδευσης σε εκείνη. Αυτή η τεχνική έχει αναγνωριστεί για την μειωμένη χρήση νερού της ως 50%, χωρίς να επηρεάζει σημαντικά την απόδοση και βελτιώνοντας την ποιότητα. Βέβαια, αυτό εξαρτάται από το είδος, το χώμα, το κλίμα και από τις αντοχές του φυτού στο υδατικό στρες. Θεωρείται ότι σε περιόδους ανάπτυξης, όπου τα φαινοτικά είναι στο επίκεντρο, πρέπει να γίνεται πλήρης άρδευση των φυτών. Σε συνθήκες περιορισμένης εδαφικής υγρασίας η **PRD** πλεονεκτεί της πλήρους άρδευσης, σχετικά με την μείωση της απόδοσης και την τελική ποιότητα.

Μείωση του μεγέθους της ράγας σταφυλιών υπό **PRD** οφείλεται σε περιορισμό της επέκτασης του περικαρπίου, εξαιτίας του υδατικού περιορισμού στα αρχικά στάδια της ανάπτυξης, κάτι, που αλλοιώνει το τοίχωμα των περικαρπικών κυττάρων και τα εμποδίζει να διευρυνθούν. Αυτό, συμβαίνει όταν η έλλειψη νερού εμπλέκεται στη σηματοδότηση του στρες σε διάφορα σημεία του αμπελιού και οδηγεί σε μειωμένη στοματική αγωγιμότητα και ανάπτυξη, δίχως διαφοροποιήσεις στο υδατικό δυναμικό. Βέβαια, μπορεί να προκληθεί σε ορισμένες περιπτώσεις ελάττωση του βάρους και της απόδοσης, εντός ορίων. Κάποια άλλα τμήματα της φυσιολογίας που επηρεάζονται είναι το υδατικό δυναμικό των φύλλων και του βλαστού και η στοματική αγωγιμότητα.

Η σκιά αυξάνει τα επίπεδα πεονιδίνης και κυανιδίνης στο Shiraz, σε αντίθεση με αυτή την έρευνα. Ολική σκίαση μετά την καρπόδεση δεν προκάλεσε διαφορές στο προφίλ των ανθοκυανών της **PRD** κατηγορίας. Συνεπώς, η παραγωγή περισσότερων μη μαλβιδινικών παραγώγων λαμβάνει χώρα μόνο, υπό υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας. Στο Cabernet Sauvignon αυξημένη θερμοκρασία οδηγεί σε λιγότερες ανθοκυάνες, εξαιτίας της μείωσης στην μεταγραφή των γονιδίων που τις συνθέτουν και του υποβιβασμού τους υπό υψηλές θερμοκρασίες. Τα μαλβιδινικά παράγωγα ήταν πιο ανθεκτικά στη θερμοκρασία, σε αλλαγές στη φυσιολογία, στο μικροκλίμα και στην μερική ξήρανση των ριζών με ελλειμματική άρδευση. Η θερμοκρασία θεωρείται ότι αυξάνεται στα σταφύλια υπό **PRD** εξαιτίας της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας που περνούσε από τα πρέμνα. Στην έρευνα αυτή όμως, δεν

παρατηρήθηκαν μειωμένα μη μαλβιδινικά παράγωγα, όπως θα ήταν λογικό αν η θερμοκρασία ήταν αυξημένη, αντίθετα, αυξήθηκαν. Το χρώμα των νέων οίνων δεν επηρεάστηκε από αυτό. Οι ανθοκυάνες με βάση δελφινιδίνη αυξήθηκαν σε αυτό το πείραμα και έτσι, δημιουργείται η «υποψία» ότι συνέβη μία αλλαγή στο μονοπάτι σύνθεσης των ανθοκυανών. Για το συγκεκριμένο, δεν υπάρχει σαφής εξήγηση, αλλά, η έρευνα αυτή, έδειξε πώς η άρδευση πιθανότατα επηρέασε και άλλαξε την υδροξυλίωση και μεθοξυλίωση των ανθοκυανών (Bindon *et al*, 2008).

Με σκοπό την ενίσχυση της AXN μέσω της άρδευσης, έχει μελετηθεί το σύστημα σηματοδότησης των στοματίων και αντίδρασης στα ερεθίσματα των φυτών. Πρωταρχικό ρόλο στη σηματοδότηση θεωρείται ότι έχει το ABA όμως, κατά την ξήρανση του εδάφους, υπάρχουν και διάφορα άλλα χημικά σήματα που μεταφέρονται στο βλαστό. Θεωρείται ότι το pH του χυμού του ξυλώματος μπορεί να επηρεάσει την δράση του ABA. Η μερική ξήρανση των ριζών-**PRD** έχει αποδειχτεί ότι εξοικονομεί σημαντικό όγκο νερού καθώς η άρδευση είναι πολύ μικρότερη της ET, αυξάνει την AXN και δίνει πολύ ικανοποιητικά προϊόντα.(Davies *et al*, 2001).

Μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε αμπέλια υπό **ακραίο υδατικό στρες**, έδειξε ενεργή οσμωρύθμιση, μειωμένο οσμωτικό δυναμικό και ανεπηρέαστο σχεδόν κυτταρικό τοίχωμα σχετικά με την ελαστικότητα. Παρ' όλο που η φωτοσύνθεση μειώθηκε πολύ υπό έλλειψη νερού, τα φύλλα στα ποτισμένα και μη φυτά, είχαν παρόμοιες συγκεντρώσεις γλυκόζης και φρουκτόζης, αλλά όχι σακχαρόζης και αμύλου. Τα τελευταία, στα στρεσαρισμένα αμπέλια ήταν μειωμένα σε ποσότητα. Οι αλλαγές στους υδατάνθρακες δεν σχετίστηκε με το μειωμένο οσμωτικό δυναμικό (Rodrigues *et al*, 1993).

Στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Quick *et al*, 1992, η στοματική αγωγιμότητα μεταβαλλόταν παράλληλα με την φωτοσύνθεση. Η τελευταία μειώθηκε ενώ καμία από τις δύο παραμέτρους δεν ανέκαμψε από το **στρες, μετά από άρδευση**. Αναλύσεις στα φύλλα έδειξαν πώς το άμυλο δεν υπήρχε σε απόθεμα, ενώ η σακχαρόζη ήταν στα ίδια, ή και σε πιο αυξημένα επίπεδα, από ότι στα αρδευόμενα φυτά. Αυτό, φανερώνει ότι ακόμη και υπό χαμηλό φωτοσυνθετικό ρυθμό, διατηρούνται τα σάκχαρα σε επαρκείς συγκεντρώσεις στα φύλλα.

Η υδατική κατάσταση των αμπελιών επηρεάζει την φαινολική τους σύσταση. Το υδατικό στρες που υφίσταται κάθε φυτό δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια μέσω της υδατικής του κατάστασης, καθώς αυτή, εξαρτάται από την τοπογραφία, τις καλλιεργητικές τεχνικές και το έδαφος. Στο πείραμα, τα στρεσαρισμένα φυτά και η υδατική τους κατάσταση, συνδέθηκαν με αλλαγές στην σύνθεση-υφή του εδάφους και στην τοπογραφία.. Βρέθηκε, πώς τα φυτά που

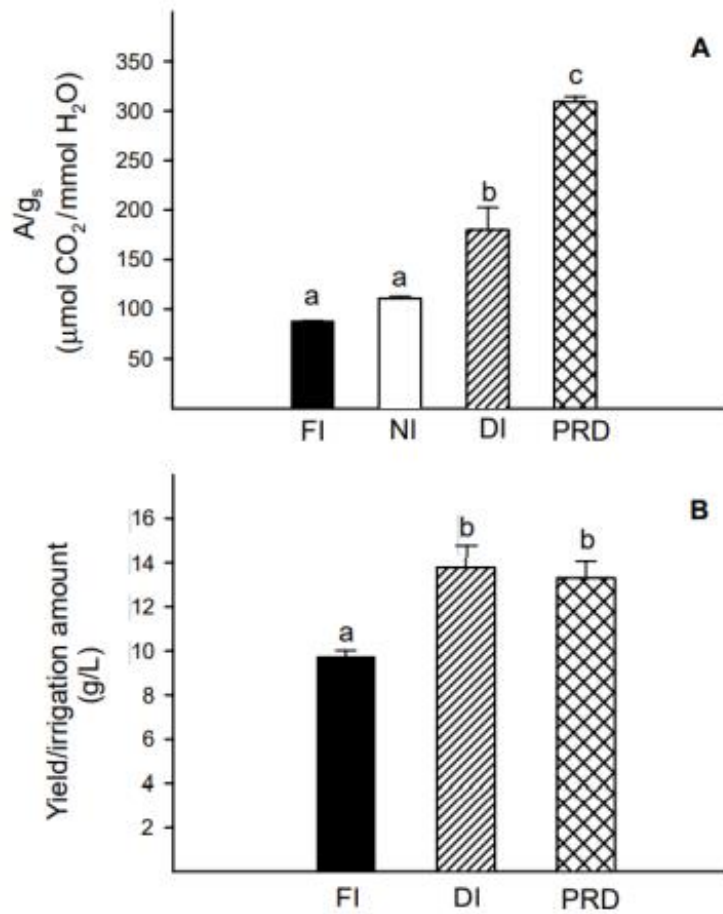
βρίσκονταν σε μεγαλύτερη κλίση, δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και ισχυρούς ανέμους, με αποτέλεσμα να χάνουν περισσότερο νερό. Η απόδοση και η σύνθεση εξαρτώνται από την προσαρμοστικότητα του φυτού στην ξηρασία. Το αν θα καταφέρει να επανέλθει με άρδευση, είναι απόρροια **περιβαλλοντικών παραγόντων** και σχετίζεται με την ποικιλία (Jasse *et al*, 2021).

Η μελέτη του κύκλου ανάπτυξης των φυτών, το βάθος και μήκος του ριζικού συστήματος, η υδραυλική αγωγιμότητα και άλλα στοιχεία, βοηθούν στην κατανόηση του τρόπου προσαρμογής των αμπελιών στην ξηρασία. Όλα αυτά, είναι έμφυτα και σχετικά με την **ανάπτυξη** και όχι, συσχετιζόμενα με το στρες. Η δυνατότητα αποβολής της πλεονάζουσας ακτινοβολίας συνεισφέρει πολύ στην αντίσταση στην ξηρασία (Chaves *et al*, 2003).

Εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής και της μελλοντικής υδατικής έλλειψης, είναι αναγκαίο να βρεθεί ένας τρόπος βελτίωσης της AXN (αφομοιώσιμος άνθρακας μέσω φωτοσύνθεσης/το νερό που χάνεται από τη διαπνοή) μέσω καλλιεργητικών τεχνικών, ενώ παράλληλα η απόδοση και η ποιότητα δεν θα υποβιβάζονται. Μία ιδέα είναι η μείωση της εξάτμισης του εδαφικού νερού μέσω επικάλυψης με άλλα φυτά και το όψιμο-πράσινο κλάδεμα. Αναφορές έχουν γίνει και σε γενετικές τροποποιήσεις των φυτών για την επίτευξη των ίδιων στόχων, μέσω μειωμένης διαπνοής, καλύτερης στοματικής ανταπόκρισης, ελάττωσης των απωλειών άνθρακα και αύξησης του φωτοσυνθετικής απόδοσης. Το τελευταίο, βασίζεται στην μεταφορά στα αμπέλια, μίας ανώτερης Rubisco, από άλλα είδη. Τεχνικές άρδευσης όπως η **PRD** και η **RDI**, προκαλούν μερικό κλείσιμο των στοματίων και αυξάνουν την AXN, με κίνδυνο όμως, την μείωση της φωτοσύνθεσης και ως απόρροια, της απόδοσης. Γενικότερα, χρειάζονται επιπρόσθετες έρευνες που θα μελετούν πολλά και διαφορετικά περιβάλλοντα και τεχνικές, για να μπορέσει να βγει ένα αξιόπιστο πόρισμα (Flexas *et al*, 2010).

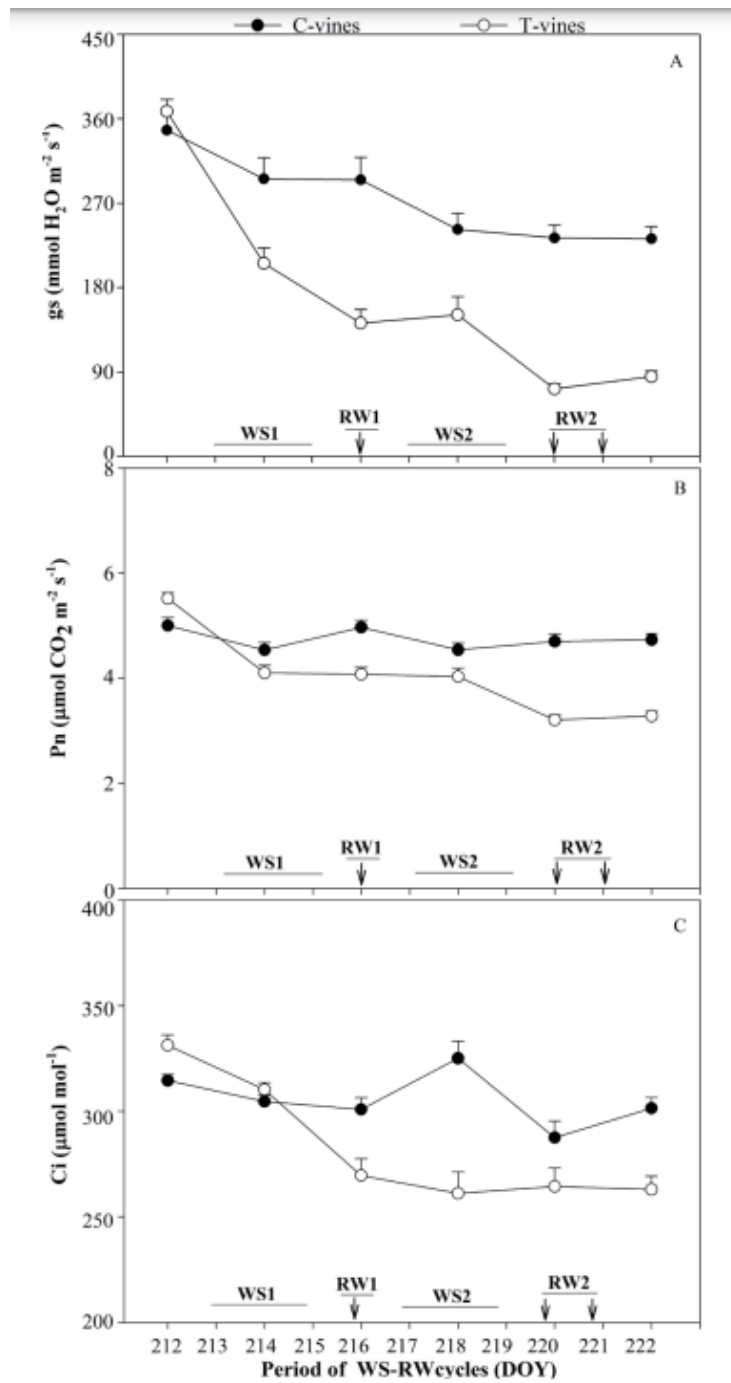
Πίνακας 3. Τεχνικές άρδευσης και επίδραση στην φυσιολογία και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ράγας (+): αύξηση, (-): μείωση, (Σ): σταθερό

ΑΡΔΕΥΣΗ	Στρες, επανάρδευση	PRD	DI	FI	NI	Ήπια	RDI
A	-	-, Σ	Σ, +	Σ, +, -	-	-, +	Σ, -
E	-	-	+	+	-	+	Σ, -
ΑΧΝ	+	+	+		+		+, - (στιγμαία)
GS	-		-	+,-	-	-	Σ, -
Ψ	-, Σ	Σ, -, +	+	+	-		-, +, Σ
ΣΑΚΧΑΡΑ		Σ	Σ, -	Σ, -	Γλυκόζη: Σ Φρουκτόζη: Σ Σακχαρόζη, άμυλο -		+, -, σταθερά (γλυκόζη, φρουκτόζη)
ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ		+	+	+ (τανίνες γγάρτων), - (ανθοκυάνες) Σ(τανίνες φλοιών)	+	+ (φλοιού), Σ	+, -
ΟΓΚ.ΟΞΥΤΗΤΑ		+	+, -	+		+	-, +, Σ
pH			+	-	-		+, Σ
δ ¹³ C		+	+				
ΒΑΡΟΣ			-	+	-	+	-
ΩΡΙΜΑΝΣΗ		+					+
ΠΟΙΟΤΗΤΑ		+	+, -			+	+, -, Σ
TSS		+	-	+	+	Σ	+, -, Σ
ABA	Σ, +						
ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ	-, +	Σ	Σ	Σ			
ΑΝΑΠΤΥΞΗ	-	-		+	-		-
CO ₂	-	Σ	Σ, -	Σ, -	Σ, -		-, +
ΦΥΛΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	-	-	-				+, -
H ₂ O ₂	-						+
ΑΡΩΜΑΤΑ				-		+	+, -
ΑΠΟΔΟΣΗ		Σ	Σ, -	Σ, +	-	+	+, -, Σ
% vol							Σ
ΕΚΧΥΛ. ΑΝΘΟΚΥΑΝΩΝ				Σ	Σ		
ΧΡΩΜΑ				Σ	Σ		+, -



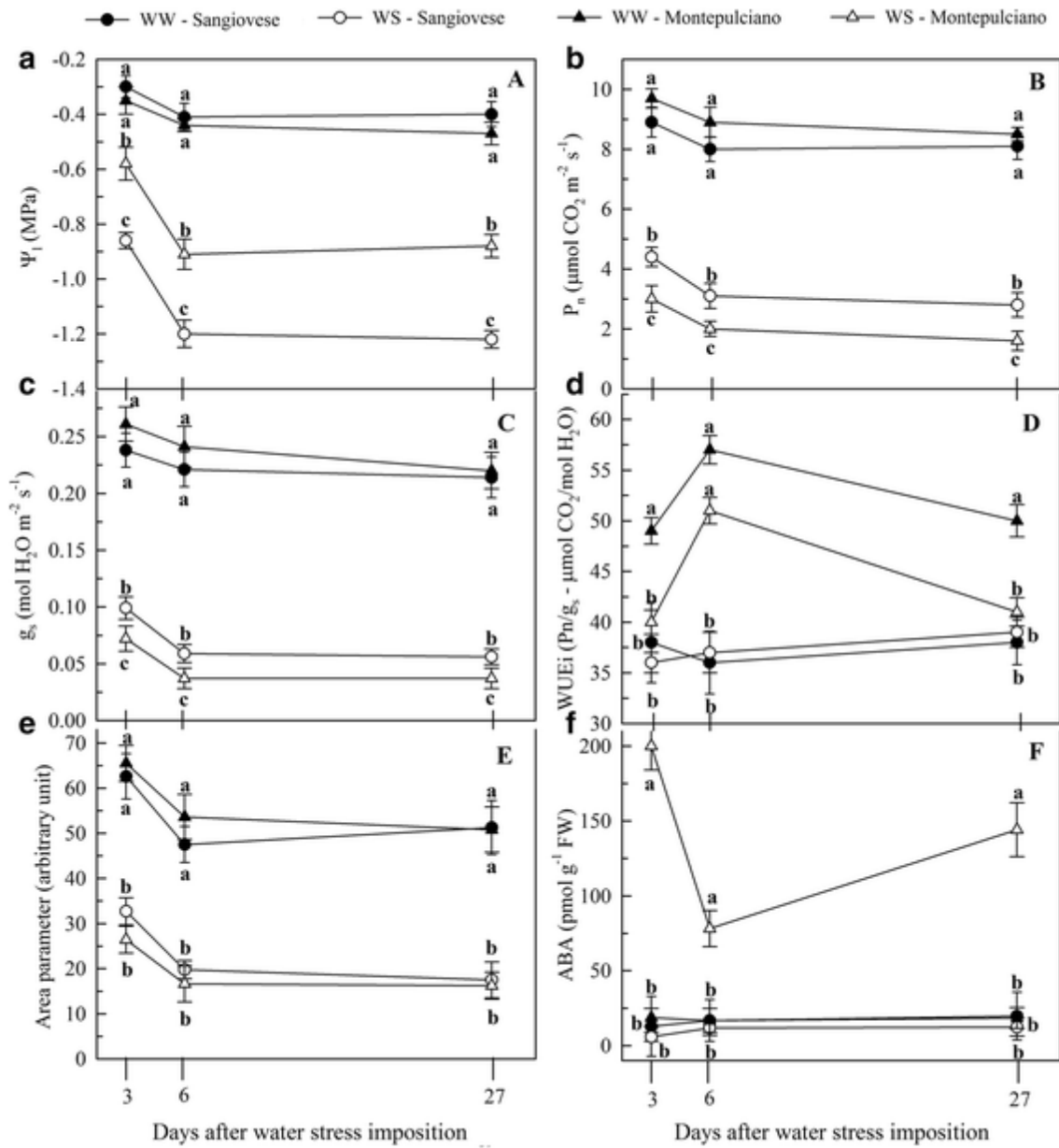
Σχήμα40. AXN Καλλιέργειας (απόδοση/μονάδα νερού άρδευσης) και Ενδογενής AXN (A/g_s) για την ποικιλία Tempranillo κάτω από τέσσερις τεχνικές άρδευσης: FI-100%ET ,NI-Καμία άρδευση, PRD-Μερική ξήρανση ριζικού με 50%ET ανά μεριά και DI-50%ET σε όλο το ριζικό.

(Costa *et al*, 2007)



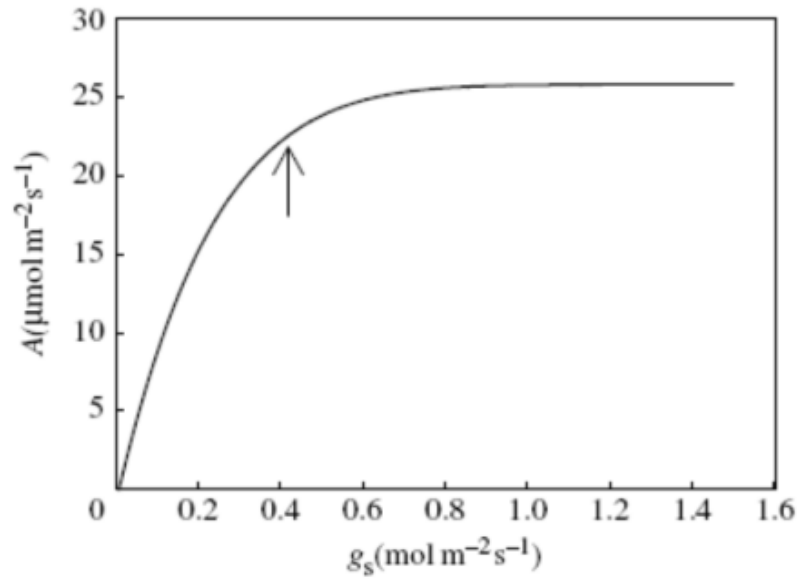
Σχήμα 41. Gs- Στοματική αγωγιμότητα, AN/PN-Καθαρή φωτοσύνθεση, Ci-Εσωτερική συγκέντρωση CO₂ για την ποικιλία Sangiovese. Προκλήθηκε υδατικό στρες και έγινε ξανά άρδευση για δύο κύκλους (C-vines). Μάρτυρας (T-vines).

(Lanari *et al*, 2018)

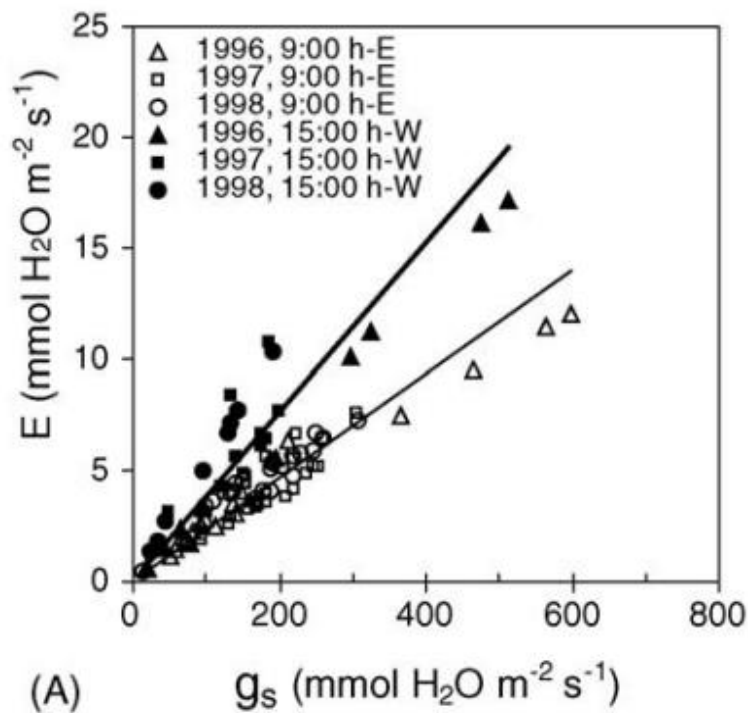


Σχήμα 42. Μεταβολές του Ψ , της AN, της g_s , της WUE_i και του ABA για τις ποικιλίες Sangiovese και Montepulciano υπό υδατικό στρες.

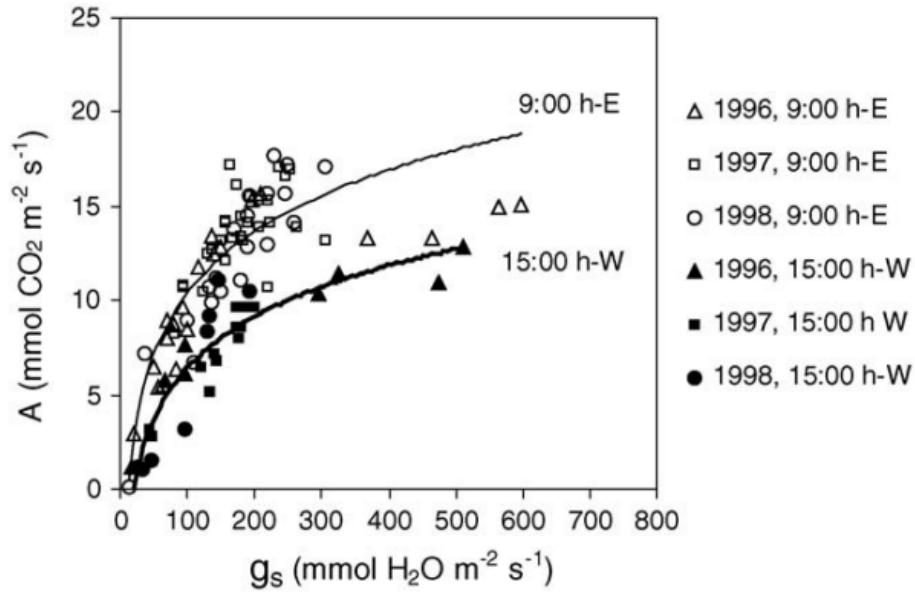
(Santo *et al.*, 2016)



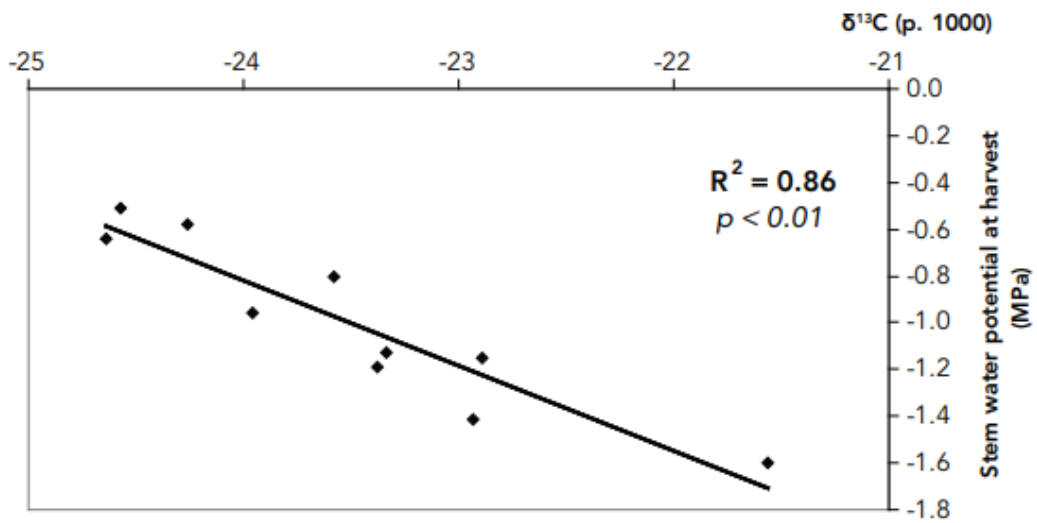
Σχήμα 43. Σχέση μεταξύ A και g_s . Υποδεικνύεται το σημείο όπου η ΑΝ μειώνεται απότομα λόγω υδατικού στρες.
(Sepaskhah και Ahmadi, 2010)



Σχήμα 44. Αλληλεπίδραση διαπνοής (E) και στοματικής αγωγιμότητας (g_s). Οι μετρήσεις έγιναν στις 9:00πμ Ανατολικά και 15:00 Δυτικά.
(Cuevas *et al*, 2006).



Σχήμα 45. Αλληλεπίδραση Φωτοσύνθεσης (A) με την Στοματική αγωγιμότητα (g_s). Οι μετρήσεις έγιναν στις 9:00πμ Ανατολικά και 15:00 Δυτικά.
(Cuevas *et al*, 2006).



Σχήμα 46. Σχέση του Ψ_{stem} και του $\delta^{13}C$
(Van Leeuwen *et al*, 2007)

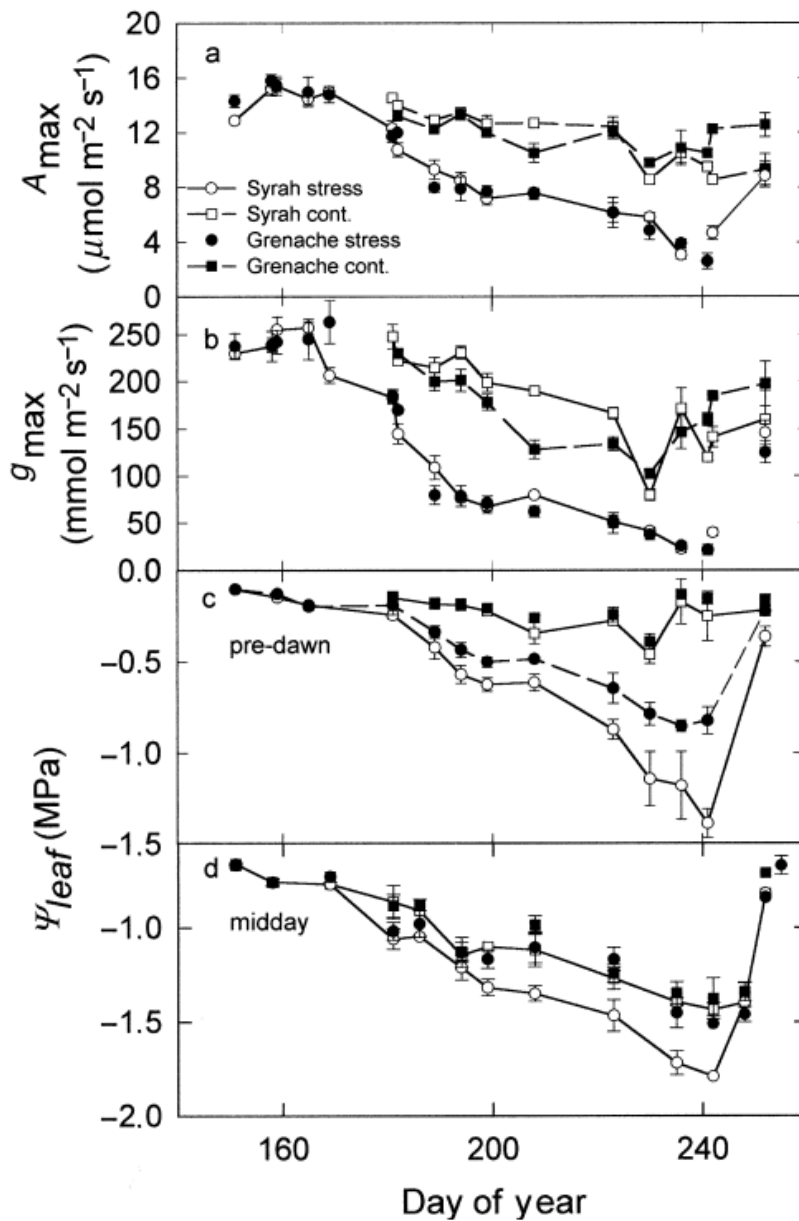


Figure 1. Changes in A_{max} (a); g_{max} (b); predawn (c), and midday Ψ_{leaf} (d), for irrigated (cont.) and water-stressed (stress) Grenache and Syrah vines during the 1994 season. Data are means \pm SE for measurements on five to six fully exposed leaves per treatment.

Σχήμα 47. Αλλαγές στην φωτοσύνθεση, στοματική αγωγιμότητα και στο υδατικό δυναμικό φύλλου για αμπέλια Syrah, Grenache υπό υδατικό στρες.

(Schultz, 2003)

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία αυτή συντάχθηκε αποσκοπώντας στην ανάλυση βασικών παραμέτρων της φυσιολογίας της αμπέλου, πώς αυτές σχετίζονται με την άρδευση και τι επιπτώσεις έχουν διαφορετικές τεχνικές της στο οργανοληπτικό προφίλ των σταφυλιών. Το θέμα αυτό, έχει μελετηθεί αρκετά από ερευνητές παγκοσμίως, σε διάφορα κλίματα, περιοχές και με διαφορετικές ποικιλίες. Μέσα από την συγκέντρωση των αποτελεσμάτων των παραπάνω ερευνών έγινε εφικτή η εξαγωγή πορισμάτων για κάθε κομμάτι της φυσιολογίας και για διαφορετικές τεχνικές άρδευσης, σε αρκετές ερυθρές οινοποιήσιμες ποικιλίες και πώς τα νέα δεδομένα της κλιματικής αλλαγής έχουν αλλάξει τον τομέα της Αμπελουργίας-Οινοποιίας.

Παρατηρήθηκε πώς με ήπιο υδατικό περιορισμό συγκεκριμένης διάρκειας και σε ορισμένα βλαστικά στάδια, η σύσταση των ραγών βελτιώθηκε ποιοτικά. Η υδατική διαθεσιμότητα είχε άμεσες και έμμεσες επιδράσεις στη φυσιολογία. Συνέβαλε στον έλεγχο έκφρασης γονιδίων βιοχημικών οδών παραγωγής μεταβολιτών, βελτίωσε το μικροκλίμα, ρύθμιζε την ζωηρότητα του φυτού και συσώρευσε τα φωτοσυνθετικά προϊόντα στη ράγα. Η υδατική έλλειψη μείωσε την φωτοσυνθετική δραστηριότητα, την ένταση της διαπνοής και την στοματική αγωγιμότητα ενώ η ενδογενής αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού αυξήθηκε. Αυτό βέβαια, έχοντας υπόψη κλιματικούς παράγοντες όπως η ηλιοφάνεια, οι βροχοπτώσεις, οι άνεμοι και η ημερήσια θερμοκρασία αλλά και την συμβολή της ποικιλίας και της έντασης του υδατικού περιορισμού. Το ριζικό σύστημα δεν παρουσίασε την ίδια ευαισθησία με την βλαστική αύξηση, του οποίου η ανάπτυξη επηρεάστηκε σημαντικά. Όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, υδατική έλλειψη προκάλεσε συμπύκνωση των ραγών λόγω μείωσης μεγέθους, αύξηση των σακχάρων στις περισσότερες περιπτώσεις, μείωση της ογκομετρούμενης οξύτητας και αύξηση της συγκέντρωσης ανθοκυανών. Επίσης, ενισχύθηκε η απόχρωση, η ένταση του χρώματος και οι σταθερές μορφές ανθοκυανών. Σχετικά με τις ταννίνες η επίδραση του νερού τείνει να βελτιώνει την σύσταση και τον πολυμερισμό τους αλλά δεν υπάρχει ξεκάθαρη επίδραση.

Με βάση όλα τα παραπάνω, πριν την εφαρμογή οποιουδήποτε προγράμματος άρδευσης θα πρέπει να γίνεται διεξοδική μελέτη της περιοχής, του αμπελώνα και των αναγκών των φυτών λαμβάνοντας υπόψη τις νέες κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν. Ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών της αμπελουργίας ακριβείας θα επιτρέπουν στοχευμένη επέμβαση στους αμπελώνες και διευκόλυνση των παραγωγών. Όμως, το πιο σημαντικό είναι να ξεπεραστεί η πεποίθηση αμπελουργών και οινοπαραγωγών σε ζώνες ΠΟΠ, πώς η άρδευση υποβαθμίζει την παραγωγή. Όχι μόνο αποτελεί «σύμμαχό» τους ενάντια στις επιπτώσεις της κλιματικής

αλλαγής, αλλά, μία ελεγχόμενη, προσχεδιασμένη, ελλειμματική άρδευση μπορεί να δώσει εξαιρετική πρώτη ύλη και ως απόρροια, κορυφαίους οίνους.

Ηλεκτρονικές Πηγές

- https://en.wikipedia.org/wiki/Irrigation_in_viticulture
- <https://blog.drinktec.com/wine/irrigation-in-wine-growing/> (1)
- <https://www.globaltimes.cn/page/202208/1272079.shtml> (2)
- <https://mazeros.com/wine-growing-in-a-changing-climate-irrigation-must-change-too/>
- <https://www.futurefarming.com/tech-in-focus/drip-irrigation-system-to-precisely-deliver-pesticides-to-crops/>
- <https://www.inao.gouv.fr/Institut-national-de-l-origine-et-de-la-qualite/Ouvrages-sur-les-signes-de-qualite-ou-d-origine>
- <https://slideplayer.gr/slide/5247997/> (Σαλώμη Ευταξία, 2020)
- <https://slideplayer.gr/slide/17290305/>
- <https://www.sciencefacts.net/calvin-cycle.html>
- <https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/cellular-energetics/photosynthesis/a/calvin-cycle>
- <http://archive.eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHxD162/Carbon%20fixation-photorespiration%202018.pdf>
- https://opencourses.uoc.gr/courses/pluginfile.php/15948/mod_resource/content/1/%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%208.pdf
- <http://ekfe-n-smyrn.att.sch.gr/old/biol/stomata.pdf>
- <https://sites.google.com/site/basikesleitourgiestouphytou/diapnoe/diapnoe-apo-ta-stomatia>
- <https://www.yoair.com/el/blog/examining-natural-plant-defense-mechanisms-and-pesticide-use/>
- <https://cid-inc.com/blog/stomatal-conductance-functions-measurement-and-applications/>
- <https://docplayer.gr/3326027-I-kinisi-toy-neroy-entos-ton-fyton-soil-plant-atmosphere-continuum-dimitris-kyrkas.html> (Κύρκας Δημήτριος, 2016)
- <http://votaniki.gr/orologia/stomata/> (Λεμπέση Αιμιλία, 2019)
- <https://blogs.sch.gr/pntispyr/2019/01/19/%CF%84%CF%8C%CF%83%CE%BF-%CF%83%CF%80%CE%BF%CF%85%CE%B4%CE%B1%CE%AF%CE%B1-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%80%CE%B9%CE%B1-%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%AE-%CE%B7->

[%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CF%83%CF%8D%CE%BD/#prettyPhoto](#)

(Ντισπυράκη Πελαγία, 2019)

- <https://www.rosemary-george-mw.com/2022/09/eben-sadie-masterclass.html>
(Rosemary George, 2022)
- <https://slideplayer.gr/slide/11874094/> (Διαμαντίδης Γρηγόριος, 2018)
- <https://gr.weblogographic.com/difference-between-c3>
- <https://www.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/photorespiration--c3-c4-cam-plants/a/c3-c4-and-cam-plants-agriculture>
- <https://oenouyi.wine/el/%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BF%CF%8D-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B5%CF%85%CF%81%CF%8E%CF%80%CE%B7/>
- <https://ampeli.gr/our-blog/90-i-istoria-tou-ampelioy> (Ταζογλίδου Ευστρατία, 2021)
- <https://www.thinkwater.com.au/enhanced-irrigation-systems-in-australian-vineyards-to-reduce-water-loss/>
- <https://www.argentinawineguide.com/resources/irrigation.html>
- <https://www.kayinga.com.au/water>
- <https://www.nzwine.com/en/sustainability/focus-areas/water/>
- <https://www.winetourism.com/wine-region/rheingau/>
- <https://www.bnamericas.com/en/features/drought-casts-lengthening-shadow-over-chiles-wineries>
- <https://wineindustryadvisor.com/2022/03/07/californias-megadrought-to-hit-the-wine-industry-hard-new-2021-irrigation-report>
- <https://naparcd.org/irrigation/>
- <https://iws.oupsupport.com/access/content/taiz-plant-physiology-6e-student-resources/taiz-plant-physiology-6e-topic-3-6-measuring-water-potential>
- https://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Transport-of-Water-and-Solutes-in-Plants.pdf
- <https://wikifarmer.com/el/%CF%84%CE%BF-%CF%86%CF%85%CF%84%CF%8C-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B1%CE%BC%CF%80%CE%AD%CE%BB%CE%BF%CF%85-%CF%8C%CE%BB%CE%B1-%CF%8C%CF%83%CE%B1-%CF%80%CF%81%CE%AD%CF%80%CE%B5%CE%B9-%CE%BD%CE%B1-%CE%B3/>
- <https://www.bourrasse.com/en/the-lifecycle-of-a-vine/>
- <https://theonlinewinecourse.com/life-cycle-of-a-vine/>
- <https://wikifarmer.com/grapes-irrigation-and-water-management/>
- <https://unacademy.com/content/neet-ug/study-material/chemistry/dilute-acids/>

- https://winefolly.com/tips/teinturier-grapes/?utm_source=pinterest&utm_medium=social
- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/D-Erythrose-4-phosphate>
- <https://www.infowine.gr/el/winepedia/enology/Aging/?nid=535>
- <https://www.toppr.com/ask/en-bd/question/dtartaric-acid-and-ltartaric-acid-are-2/>
- http://195.134.76.37/chemicals/chem_glucose.htm
- <https://www.tcichemicals.com/GB/en/p/L0226>
- <https://www.selleckchem.com/products/succinic-acid.html>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978012388438100011X>
- <https://www.oinoanalysis.gr/page/32/kitriko-oksy>
- <https://www.enologylab.gr/%CE%B3%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%BF%CE%BE%CF%8D>
- <https://winesofgreece.org/el/%CE%B3%CE%BD%CF%89%CF%81%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B5-%CF%84%CE%B9%CF%83-%CF%80%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CE%BB%CE%B9%CE%B5%CF%83/%CF%80%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CE%BB%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%86%CF%85%CE%BB%CE%B9%CF%8E%CE%BD/>
- <https://www.enologylab.gr/2021/08/%CF%84%CE%B1-%CE%B1%CF%81%CF%8E%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B9%CF%8E%CE%BD-%CE%BF%CE%B9-%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CF%84.html>

Βιβλιογραφικές Πηγές

- Θεοδώρου, Ν., (2021). Αμπελογραφία-Παγκόσμιος Αμπελώνας, Σημειώσεις θεωρίας και εργαστηρίου, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Τμήμα Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και Ποτών
- Mileham, A., Bordeaux appellations affected by heatwaves allowed to irrigate, 2022
- Hindle, G., Pomerol granted permission for 'exceptional' irrigation, 2022
- Robinson, J., (ed) "The Oxford Companion to Wine", (2006), Third Edition, pp. 236-263, 361-362, 507-566, 635-641, 709-763
- Παπαφώτης, Ν., (2014). Κατανομή παραμέτρων λειτουργίας του φωτοσυστήματος II σε συνάρτηση με τον προσανατολισμό και τη θέση των φύλλων στην κόμη. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Πετρίκης, Ζ., (2020). Η έννοια της φωτοσύνθεσης: Διερεύνηση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που διδάσκουν την συγκεκριμένη έννοια, διαφορετικών ειδικοτήτων σε διαφορετικά μαθήματα, για τις δυσκολίες κατανόησής της από τους μαθητές. Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Goode, J., (2021). The Differences Between Dry Farming and Irrigation. Wine Enthusiast
- Ayuda, M.-I., Esteban, E., Martín-Retortillo, M., Pinilla, V., (2020). The Blue Water Footprint of the Spanish Wine Industry: 1935–2015
- Θεοδώρου Ν., Σημειώσεις του μαθήματος Οικοφυσιολογία Αμπέλου, Κατεύθυνση Οίνου, 2021, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
- Κοτζαμπάσης Κ. (2015). Δομή και λειτουργία φυτικών οργανισμών. Δομή και λειτουργική οργάνωση φύλλου. Ανοιχτά ακαδημαϊκά μαθήματα. Πανεπιστήμιο Κρήτης
- Medrano, H., Escalona, J.M., Cifre, J., Bota, J., Flexas, J., (2003). A ten-year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality, Functional Plant Biology 30(6) 607 – 619
- Giorgi, E.G., Sandras, V.O., Keller, M., Peña, P., (2019). Interactive effects of high temperature and water deficit on Malbec grapevines, Australian Journal of Grape and Wine Research Volume 25, Issue 3 p. 345-356

- Escalona, J.M., Flexas, J., Medrano, H., (2000). Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines, *Australian Journal of Plant Physiology* 27(1) 87 – 87
- Flexas, J., Escalona, J.M., Medrano, H., (2002). Water stress induces different levels of photosynthesis and electron transport rate regulation in grapevines, *Plant, Cell & Environment* Volume 22, Issue 1 Pages 39-48
- Barth, J., (2021). Argentine Winemakers Put Water Resources And Soil Health As Top Priorities. *Forbes Magazine*
- Karlsson, P., (2017). Myths about wine: “It is forbidden to irrigate in the vineyard”. *BK Wine Magazine*
- Gómez-del-Campo, M., Baeza, P., Ruiz, C., Lissarrague, J.R., (2004). Water-stress induced physiological changes in leaves of four container-grown grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.), Departamento de Producción Vegetal, Fitotecnia, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain *Vitis* 43 (2), 99–105
- Karlsson, B., (2022). South Africa: vineyard acreage shrinking, Chenin Blanc still in the lead, irrigation popular. *BK Wine Magazine*
- Bahar, E., Carbonneau, A., Korkutal, I., (2011). The effect of extreme water stress on leaf drying limits and possibilities of recovering in three grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars, *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6(5), pp. 1151-1160
- Guan, X., Gu, S., (2009). Photorespiration and photoprotection of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon) under water stress, *Photosynthetica* volume 47 Article number: 437
- Attia, F., Garcia, F., Ben mariem, F., Nuzzo, V., Dedieu, F., Garcia, M., Lamaze, T., (2009). WATER STRESS IN TANNAT AND DURAS GRAPEVINE CULTIVARS (*VITIS VINIFERA* L.): LEAF PHOTOSYNTHESIS AND GRAPE PHENOLIC MATURITY, *J. Int. Sci. Vigne Vin*, special issue Macrowine, June 2010, 81-93
- Chacón-Vozmediano, J.L., Martínez-Gascuña, J., García-Navarro, F.J., Jiménez-Ballesta, R., (2020). Effects of Water Stress on Vegetative Growth and ‘Merlot’ Grapevine Yield in a Semi-Arid Mediterranean Climate, *Horticulturae* 2020, 6(4), 95
- Lowe, B., (2018). How South Africa’s Wine Industry Plans to Survive the Water Crisis. *Seven Fifty Daily*
- Mileham, A., (2022). Bordeaux appellations affected by heat waves allowed to irrigate. *The Drinks Business*

- Jara-Rojas, F., Ortega-Farias, S., Valdés-Gómez, H., Acevedo-Opazo, C., (2015). Gas exchange relations of ungrafted grapevines (cv. Carménère) Growing under irrigated field conditions, *South African Journal of Enology and Viticulture* vol.36 n.2
- Ju, Y.L., Yue, X.F., Zhao, X.F., Zhao, H., Fang, Y.L., (2018). Physiological, micro-morphological and metabolomic analysis of grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaf of plants under water stress, *Plant Physiology and Biochemistry* Volume 130, Pages 501-510
- Lanari, V., Silvestroni, O., Palliotti, A., Sabbatini, P., (2018). Plant and leaf responses to cycles of water stress and re-watering of ‘Sangiovese’ grapevine, *Folia Horticulturae* 30(1), 2018, 27-38
- Tarara, J.M., Peña, J.E.P., (2015). Moderate Water Stress from Regulated Deficit Irrigation Decreases Transpiration Similarly to Net Carbon Exchange in Grapevine Canopies, *Journal of the American Society for Horticultural Science* Volume 140: Issue 5, Page 14
- Santo, S.D., Palliotti, A., Zenoni, S., Tornielli, G.B., Fasoli, M., Paci, P., Tombesi, S., Frioni, T., Silvestroni, O., Bellincontro, A., D’Onofrio, C., Matarese, F., Gatti, M., Poni, S., Pezzotti, M., (2016). Distinct transcriptome responses to water limitation in isohydric and anisohydric grapevine cultivars, *BMC Genomics* volume 17, Article number: 815
- Hindle, G., (2022). Pomerol granted permission for ‘exceptional’ irrigation. *Decanter*
- Martorell, S., Diaz-Espejo, A., Tomàs, M., Pou, A., El Aou-ouad, H., Escalona, J.M., Vadell, J., Ribas-Carbó, M., Flexas, J., Medrano, H., (2015). Differences in water-use-efficiency between two *Vitis vinifera* cultivars (Grenache and Tempranillo) explained by the combined response of stomata to hydraulic and chemical signals during water stress, *Agricultural Water Management* Volume 156, Pages 1-9
- Pou, A., Medrano, H., Tomàs, M., Martorell, S., Ribas-Carbó, M., Flexas, J., (2012). Anisohydric behaviour in grapevines results in better performance under moderate water stress and recovery than isohydric behavior, *Plant and Soil* volume 359, pages 335–349
- Escalona, J., Flexas, J., Medrano, H., (2002). Drought effects on water flow, photosynthesis and growth of potted grapevines, *Vitis* Volume 41: Issue 2, pages 57-62

- Cogato, A., Jewan, S.Y.Y., Wu, L., Marinello, F., Meggio, F., Sivilotti, P., Sozzi, M., Pagay, V., (2022). Water Stress Impacts on Grapevines (*Vitis vinifera* L.) in Hot Environments: Physiological and Spectral Responses, *Agronomy* 2022, 12(8), 1819;
- Costa, J.M., Ortuño, M.F., Lopes, C.M., Chaves, M.M., (2012). Grapevine varieties exhibiting differences in stomatal response to water deficit, *Functional Plant Biology* 39(3) 179-189
- Flexas, J., Bota, J., Escalona, J.M., Sampol, B., Medrano, H., (2002). Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations, *Functional Plant Biology* 29(4) 461 – 471
- Triolo, R., Roby, J.P., Pisciotta, A., Di Lorenzo, R., Van Leewen, C., (2019). Impact of vine water status on berry mass and berry tissue development of Cabernet franc (*Vitis vinifera* L.), assessed at berry level, *Journal of the Science of Food and Agriculture* Volume 99, Issue 13 p. 5711-5719
- Yang, B., He, S., Liu, Y., Liu, B., Ju, Y., Kang, D., Sun, X., Fang, Y., (2020). Transcriptomics integrated with metabolomics reveals the effect of regulated deficit irrigation on anthocyanin biosynthesis in Cabernet Sauvignon grape berries, *Food Chemistry* Volume 314
- Intrigliolo, D.S., Lizama, V., García-Esparza, M.J., Abrisqueta, I., Álvarez, I., (2016). Effects of post-veraison irrigation regime on Cabernet Sauvignon grapevines in Valencia, Spain: Yield and grape composition, *Agricultural Water Management* Volume 170, Pages 110-119
- Girona, J., Marsal, J., Mata, M., Del Campo, J., Basile, B., (2009). Phenological sensitivity of berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitis vinifera* L.) to water stress, *Australian Journal of Grape and Wine Research* Volume 15, Issue 3 Pages 268-277
- Quick, W.P., Chaves, M.M., Wendler, R., David, M., Rodrigues, M.L., Passaharinho, J.A., Pereira, J.S., Adcock, M.D., Leegood, R.C., Stitt, M., (1992). The effect of water stress on photosynthetic carbon metabolism in four species grown under field conditions, *Plant, Cell & Environment* Volume 15, Issue 1 p. 25-35
- Uriarte, D., Intrigliolo, D.S., Mancha, L.A., Valdés, E., Gamero, E., Henar Prieto, M., (2016). Combined effects of irrigation regimes and crop load on ‘Tempranillo’ grape composition, *Agricultural Water Management* Volume 165, Pages 97-107

- Roby, G., Harbertson, J.F., Adams, D.A., Matthews, M.A., (2008). Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins, *Australian Journal of Grape and Wine Research* Volume 10, Issue 2 p. 100-107
- Chaves, M.M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J.M., Santow, T., Regalado, A.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., (2010). Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data, *Annals of Botany*, Volume 105, Issue 5, Pages 661–676
- Chapman, D.M., Roby, G., Ebeler, S.E., Guinaro, J.X., Matthews, M.A., (2008). Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different water status, *Australian Journal of Grape and Wine Research* Volume 11, Issue 3 p. 339-347
- Valdés, M.E., Talaverano, M.I., Moreno, D., Prieto, M.H., Mancha, L.A., Uriarte, D., Vilanova, M., (2019). Effect of the timing of water deficit on the must amino acid profile of Tempranillo grapes grown under the semiarid conditions of SW Spain, *Food Chemistry* Volume 292, Pages 24-31
- Rodrigues, M.L., Chaves, M.M., Wendler, R., David, M.M., Quick, W.P., Leegood, R.C., Stitt, M., Pereira, J.S., (1993). Osmotic Adjustment in Water Stressed Grapevine Leaves in Relation to Carbon Assimilation, *Australian Journal of Plant Physiology* 20(3), pages 309 –321
- Matthews, M.A., Ishii, R., Anderson, M.M., O’Mahony, M., (1990). Dependence of wine sensory attributes on vine water status, *Journal of the Science of Food and Agriculture* Volume 51, Issue 3 pages 321-335
- Ramos, M.C., Pérez-Álvarez, E.P., Peregrina, F., Martínez de Toda, F., (2020). Relationships between grape composition of Tempranillo variety and available soil water and water stress under different weather conditions, *Scientia Horticulturae* Volume 262, 109063
- Jasse, A., Berry, A., Aleixandre-Tudo, J.L., Poblete-Echeverría, C., (2021). Intra-block spatial and temporal variability of plant water status and its effect on grape and wine parameters, *Agricultural Water Management* Volume 246, 106696
- Calderan, A., Sivilotti, P., Braidotti, R., Mihelčič, A., Lisjak, K., Vanzo, A., (2021). Managing moderate water deficit increased anthocyanin concentration and proanthocyanidingalloylation in “Refošk” grapes in Northeast Italy, *Agricultural Water Management* Volume 246, 106684

- Pérez-Álvarez, E.P., Intrigliolo Molina, D.S., Vivaldi, G.A., García-Esparza, M.J., Lizama, V., Álvarez, I., (2021). Effects of the irrigation regimes on grapevine cv. Bobal in a Mediterranean climate: I. Water relations, vine performance and grape composition, *Agricultural Water Management* Volume 248, 106772
- Acevedo-Opazo, C., Ortega-Farias, S., Fuentes, S., (2010). Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation, *Agricultural Water Management* Volume 97, Pages 956-964
- Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., Pérez, D., (2005). Water Relations of Field Grown Drip Irrigated ‘Tempranillo’ Grapevines, Pages 317-320
- Du, T., Kang, S., Zhang, J., Li, F., Yan, B., (2008). Water use efficiency and fruit quality of table grape under alternate partial root-zone drip irrigation, *Agricultural Water Management* Volume 95, Issue 6, Pages 659-668
- Tarara, J.M., Perez Peña, J.E., Keller, M., (2005). USING WHOLE-VINE PHOTOSYNTHESIS TO UNDERSTAND THE EFFECTS OF WATER DEFICIT ON PREMIUM WINE GRAPES. *Acta Horticulturae* 689, Pages 301-308
- DosSantos, T.P., Lopes, C.M., Rodrigues, M.L., De Souza, C.R., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Silva, J.R., Chaves, M.M., (2003). Partial rootzone drying: effects on growth and fruit quality of field-grown grapevines (*Vitis vinifera*). *Functional Plant Biology* Volume 30, Pages 663-671
- Sepaskhah, A.R., Ahmadi, S.H., (2010). A Review on Partial Root-Zone Drying Irrigation. *International Journal of Plant Production* Volume 4, Issue 4, Pages 242-254
- Lovisolo, C., Schubert, A., (1998). Effects of water stress on vessel size and xylem hydraulic conductivity in *Vitis vinifera* L., *Journal of Experimental Botany*, Volume 49, No. 321, Pages 693–700
- Costa, J.M., Ortuño, M.F., Chaves, M.M., (2007). Deficit Irrigation as a Strategy to Save Water: Physiology and Potential Application to Horticulture, *Journal of Integrative Plant Biology* 2007, Volume 49, Issue 10, Pages 1421–1434
- Chaves, M.M., Santos, T.P., Souza, C.R., Ortuño, M.F., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., (2007). Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality, *Annals of Applied Biology* Volume 150, Issue 2 Pages 237-252

- Bindon, K., Dry, P., Loveys, B., (2008). Influence of partial rootzone drying on the composition and accumulation of anthocyanins in grape berries (*Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon). Australian Journal of Grape and Wine Research Volume 14 Pages 91–103.
- Flexas, J., Bota, J., Escalona, J.M., Sampol, B., Medrano, H., (2002). Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. Functional Plant Biology, Volume 29, Pages 461-471.
- Cramer, G.R., (2010). Abiotic stress and plant responses from the whole vine to the genes. Australian Journal of Grape and Wine Research, Volume 16, Pages 86–93
- Moutinho-Pereira, J., Magalhaes, N., Gonçalves, B., Bacelar, E., Brito, M., Correia, C., (2007). Gas exchange and water relations of three *Vitis vinifera* L. cultivars growing under Mediterranean climate. PHOTOSYNTHETICA, Volume 45, Issue 2, Pages 202-207.
- Van Leeuwen, C., Trégoat., Choné, X., Gaudillère, J.P., Pernet, D., (2007). Different environmental conditions, different results: the role of controlled environmental stress on grape quality potential and the way to monitor it. Proceedings of the thirteenth Australian wine industry technical conference, Pages 39-46
- Acevedo-Opazo, C., Ortega-Farias, S., Fuentes, S., (2010). Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation/ Agricultural Water Management, Volume 97, Pages 956-964
- Flexas, J., Medrano, H., (2001). Drought-inhibition of Photosynthesis in C3 Plants: Stomatal and Non-stomatal Limitations Revisited. Annals of Botany, Volume 89, Pages 183-189
- Cuevas, E., Baeza, P., Lissarrague, J.R., (2006). Variation in stomatal behavior and gas exchange between mid-morning and mid-afternoon of north–south oriented grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo) at different levels of soil water availability. Scientia Horticulturae, Volume 108, Pages 173-180
- Souza, C.R., Maroco, J.P., Dos Santos, T.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C., Pereira, J.S., Chaves, M.M., (2005). Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars. Agriculture, Ecosystems and Environment, Volume 106, Pages 261-274

- Flexas, J., Bota, J., Cifre, J., Escalona, J.M., Galmes, J., Gulias, J., Lefi, E.K., Martinez-Canellas, S.F., Moreno, M.T., Ribas-Carbo, M., Riera, D., Sampol, B., Medrano, H., (2004). Understanding down-regulation of photosynthesis under water stress: future prospects and searching for physiological tools for irrigation management. *Association of Applied Biologists*, Volume 144, Pages 273-283
- Davies, W.J., Wilkinson, S., Loveys, B., (2001). Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. *New Phytologist*, Volume 153, Pages 449-460
- Flexas, J., Galmes, J., Galle, A., Gulias, J., Pou, A., Ribas-Carbo, M., Tomas, M., Medrano, H., (2010). Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Volume 16, Pages 106-121
- Escalona, J.M., Flexas, J., Medrano, H., (1999). Contribution of different levels of plant canopy to total carbon assimilation and intrinsic water use efficiency of Manto Negro and Tempranillo vines. *Acta Horticulturae*, Volume 493, Pages 141-148
- Lovisolo, C., Perrone, I., Carra, A., Ferrandino, A., Flexas, J., Medrano, H., Schubert, A., (2010). Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update. *Functional Plant Biology*, Volume 37, Pages 98-116
- Yu, D.J., Kim, S.J., Lee, H.J., (2009). Stomatal and non-stomatal limitations to photosynthesis in field-grown grapevine cultivars. *Biologia Plantarum*, Volume 53, Issue 1, Pages 133-137
- Escalona, J.M., Flexas, J., Medrano, H., (1999). Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. *Volume 26*, Pages 421-433
- Collins, M., Fuentes, S., Barlow, W.R., (2010). Partial rootzone drying and deficit irrigation increase stomata sensitivity to vapour pressure deficit in anisohydric grapevines. *Functional Plant Biology*, Volume 37, Pages 128-138
- Poni, S., Bernizzoni, F., Civardi, S., (2007). Response of ‘‘Sangiovese’’ grapevines to partial root-zone drying: Gas-exchange, growth and grape composition. *Scientia Horticulturae*, Volume 114, Issue 2, Pages 96-103

- Chaves, M.M., Maroco, J.P., Pereira, J.P., (2003). Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, Volume 30, Pages 239-264
- Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., (2009). Response of *Vitis vinifera* cv. ‘Tempranillo’ to partial rootzone drying in the field: Water relations, growth, yield and fruit and wine quality. *Agricultural Water Management*, Volume 96, Issue 2, Pages 282-292
- Schultz, H.R., (2003). Differences in hydraulic architecture account for near isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell and Environment*, Volume 26, Pages 1393-1405
- Souza, T.A., Oliveira, M.T., Pereira, J.M., (2006). Physiological indicators of plant water status of irrigated and non-irrigated grapevines grown in a low rainfall area of Portugal. *Plant and Soil*, Volume 282, Pages 127-134
- Santesteban, L.G., Miranda, C., Royo, J.B., (2009). Effect of water deficit and rewatering on leaf gas exchange and transpiration decline of excised leaves of four grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, Volume 121, Issue 4, Pages 434-439
- Gu, S., Du, G., Zoldoske, D., Hakim, A., Cochran, R., Fugelsang, K., Jorgensen, G., (2004). Effects of irrigation amount on water relations, vegetative growth, yield and fruit composition of Sauvignon blanc grapevines under partial rootzone drying and conventional irrigation in the San Joaquin Valley of California, US. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, Volume 79, Issue 1, Pages 26-33
- Poni, S., Bernizzoni, F., Civardi, S., Gatti, M., Porro, D., Camin, F., (2008). Performance and water-use efficiency (single-leaf vs. whole-canopy) of well-watered and half-stressed split-root Lambrusco grapevines grown in Po Valley (Italy), *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 129, Issues 1–3, Pages 97-106
- Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., (2010). Interactive effects of deficit irrigation and shoot and cluster thinning on grapevine cv. Tempranillo. Water relations, vine performance and berry and wine composition, *Irrigation Science*, Volume 29, Pages 443-454
- Flexas, J., Galmes, J., Galle, A., Gulias, J., Pou, A., Ribas-Carbo, M., Tomas, M., Medrano, H., (2010). Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Volume 16, Issue 1, Pages 106-121

- Ma, X., Sanguinet, K.A., Jacoby, P.W., (2020). Direct root-zone irrigation outperforms surface drip irrigation for grape yield and crop water use efficiency while restricting root growth. *Agricultural Water Management*, Volume 231
- Henry, C., John, G.P., Pan, R., Bartlett, M.K., Fletcher, L.R., Scoffoni, C., Sack, L., (2019). A stomatal safety-efficiency trade-off constrains responses to leaf dehydration. *Nature Communications*, Volume 10
- Medrano, H., Tomas, M., Martorell, S., Flexas, J., Hernandez, E., Rossello, J., Pou, A., Escalona, J.M., Bota, J., (2015). From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: Limitations of leaf WUE as a selection target. *The Crop Journal*, Volume 3, Issue 3, Pages 220-228
- Chen, K., Li, G.J., Bressan, R.A., Song, C.P., Zhu, J.K., Zhao, Y., (2020). Abscisic acid dynamics, signaling, and functions in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, Volume 62, Issue 1, Pages 25-54
- Poni, S., Galbignani, M., Magnanini, E., Bernizzoni, F., Vercesi, A., Gatti, M., Merli, M.C., (2014). The isohydric cv. Montepulciano (*Vitis vinifera* L.) does not improve its whole-plant water use efficiency when subjected to pre-veraison water stress. *Scientia Horticulturae*, Volume 179, Pages 103-111
- Rosemary, G., (2022). Eben Sadie-A Master Class
- Bou Harb, J., Keller, M., (2018). Isohydric and anisohydric winegrape varieties and stomatal response to water availability. *Viticulture & Enology Program*, Washington State University
- Voet, D., Voet, J., Pratt, C., (2018). Βιοχημεία, Βασικές αρχές σε μοριακό επίπεδο. Εκδόσεις Τζιόλα, 5^η Έκδοση, Κεφάλαιο 19, Σελίδες 21-26
- Kirkham, M.B., (2014). Principles of Soil and Plant Water Relations. Stomatal Anatomy and Stomatal Resistance. Second Edition, Pages 431-451
- Beadle, C., Sands, R., (2004). Tree Physiology| Physiology and Silviculture. *Encyclopedia of Forest Sciences*, Pages 1568-1577
- Landsberg, J., Sands, P., (2011). Physiological Ecology of Forest Production. *Terrestrial Ecology*, Volume 4, Pages 13-48
- Woodward, F.I., Kelly, C.K., (1995). The influence of CO₂ concentration on stomatal density. *New Phytologist*, Volume 131, Issue 3, Pages 311-327
- Bhattacharya, A., (2019). Changing Climate and Resource Use Efficiency in Plants. *Water-Use Efficiency Under Changing Climatic Conditions*, Pages 111-180

- Gates, D.M., (1964). Leaf Temperature and Transpiration. *Agronomy Journal*, Volume 56, Issue 3, Pages 273-277
- Srivastava, L.M., (2002). Abscisic Acid Signal Perception and Transduction. *Plant Growth and Development, Hormones and Environment*, Pages 569-590
- Zhang, F.P., Sussmilch, F., Nichols, D.S., Cardoso, A.A., Brodribb, T.J., McAdam, S.A.M., (2018). Leaves, not roots or floral tissue, are the main site of rapid, external pressure-induced ABA biosynthesis in angiosperms. *Journal of Experimental Botany*, Volume 69, Issue 5, Pages 1261–1267
- Chen, K., Li, G.J., Bressan, R.A., Song, C.P., Zhu, J.K., Zhao, Y., (2019). Abscisic acid dynamics, signaling, and functions in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, Volume 62, Issue 1, Pages 25-54
- Bharath, P., Gahir, S., Raghavendra, A., (2021). Abscisic Acid-Induced Stomatal Closure: An Important Component of Plant Defense Against Abiotic and Biotic Stress. *Frontiers in Plant Science*, Volume 12, Section Plant Pathogen Interactions
- Zhang, L., Li, D., Yao, Y., Zhang, S., (2020). H₂O₂, Ca²⁺, and K⁺ in subsidiary cells of maize leaves are involved in regulatory signaling of stomatal movement. *Plant Physiology and Biochemistry*, Volume 152, Pages 243-251
- Mak, M., Babla, M., Xu, S.C., O’Carrigan, A., Liu, X.H., Gong, Y.M., Holford, P., Chen, Z.H., (2014). Leaf mesophyll K⁺, H⁺ and Ca²⁺ fluxes are involved in drought-induced decrease in photosynthesis and stomatal closure in soybean. *Environmental and Experimental Botany*, Volume 98, Pages 1-12
- Sinha, R., Zandalinas, S.I., Fichman, Y., Sen, S., Zeng, S., Gomez-Cadenas, A., Joshi, T., Fritschi, F.B., Mittler, R., (2022). Differential regulation of flower transpiration during abiotic stress in annual plants. *New Phytologist*, Volume 235, Issue 2, Pages 611-629
- Clark, M.A., Douglas, M., Choi, J., (2018). Passive Transport, *Biology 2e*, Chapter 5.2
- Deloire, A., Pellegrino, A., Rogiers, S., (2020). A few words on grapevine leaf water potential. *International Viticulture & Enology Society*
- Ψιλιώτη, K., (2022). Οι αμπελώνες στην κοιλάδα της Νάπα ένας κορυφαίος οινοπροορισμός. *Wine Trails*
- Παπαδάκη, Α., (2015). Ειδικές μέθοδοι ανάλυσης κυτταρικών διεργασιών. Προσδιορισμός ωσμωτικών τιμών φυτικών κυττάρων. Έκδοση 1.0

- Χατζηκάκου, Σ.Κ., (2013). Διαφάνειες: Προσθετικές ιδιότητες διαλυμάτων. Τμήμα Χημείας Ιωαννίνων
- Καραμπουρνιώτης, Λ., Λιακόπουλος, Λ., (2014). Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών. Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Έκδοση 1.0 Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://mediasrv.aua.gr/eclass/courses/OCDCS100/>
- Vincent, C., Isaacs, R., Bostanian, N., Lasnier, J., (2012). Principles of Arthropod Pest Management in Vineyards. Arthropod Management in Vineyards, Pages 1-16
- Δημητρίου, Σ., (2015). Τα φαινολικά συστατικά του κρασιού και η σημασία τους στην παραγωγή και παλαίωσή του. ΤΕΙ Καλαμάτας, Τμήμα Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων
- Crozier, A., Clifford, M.N., Ashihara, H., (2008). Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet, John Wiley & Sons, Pages 1-16
- Shumilin, I.A., Kretsinger, R.H., Bauerle, R.H., (1999). Crystal structure of phenylalanine-regulated 3-deoxy-D-arabino-heptulosonate-7-phosphate synthase from Escherichia coli. Structure, Volume 7, Issue 7, Pages 865-875
- Shi, J., Yan, X., Sun, T., Shen, Y., Shi, Q., Wang, W., Bao, M., Luo, H., Nian, F., Ning, G., (2022). Homeostatic regulation of flavonoid and lignin biosynthesis in phenylpropanoid pathway of transgenic tobacco. Gene, Volume 809, 146017
- Randhir, R., Lin, Y.T., Kalidas, S., (2004). Phenolics, their antioxidant and antimicrobial activity in dark germinated fenugreek sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, Volume 13, Issue 3, Pages 295-307
- Ky, I., Le Floch, A., Zeng, L., Pechamat, L., Jourdes, M., Teissedre, P.L., (2016). Tannins. Encyclopedia of Food and Health, Pages 247-255
- Garg, N., (2017). Chapter 8 - Technology for the Production of Agricultural Wines. Science and Technology of Fruit Wine Production, Pages 463-486
- Bhattacharya, A., (2019). Chapter 5 - High-Temperature Stress and Metabolism of Secondary Metabolites in Plants. Effect of High Temperature on Crop Productivity and Metabolism of Macro Molecules, Pages 391-484
- Lizama, V., Perez-Alvarez, E.P., Intrigliolo, D.S., Chirivella, C., Alvarez, I., Garcia-Esparza, M.J., (2021). Effects of the irrigation regimes on grapevine cv. Bobal in a

Mediterranean climate: II. Wine, skins, seeds, and grape aromatic composition. *Agricultural Water Management*, Volume 256,107078

- Bergfeld, W. F., Belsito, D.V., Hill, R.A., Klaassen, C.D., Liebler, D.C., Marks, J.G., Shank, R.C., Slaga, T.J., Snyder, P.W., (2017). Amended Safety Assessment of Malic Acid and Sodium Malate as Used in Cosmetics.
- Ανδρικόπουλος, Ν.Κ., (2015). Υδατάνθρακες (Σάκχαρα). Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μάθημα Τροφολογίας, Κεφάλαιο 4ο
- Ντουρτόγλου, Ε., (2020). Αρωματικές ενώσεις οίνου. Σημειώσεις μαθήματος Χημείας Οίνων και Ποτών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Τμήμα Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και Ποτών
- Zhuang, G., (2019). Managing Irrigation to Maximize Grape Production. UCCE Fresno, Link:<https://www.sjvtandv.com/blog/managing-irrigation-to-maximize-grape-production>
- Zufferey, V., Spring, J.L., Verdenal, T., Dienes, A., Belcher, S., Lorenzini, F., Koestel, C., Rösti, J., Gindro, K., Spangenberg, J., Viret, O., (2017). The influence of water stress on plant hydraulics, gas exchange, berry composition and quality of Pinot Noir wines in Switzerland. *OENO One*, Volume 51, Issue 1
- Bianchi, D., Bolognini, M., Brancadoro, L., Cazzaniga, S., Ferrari, D., Masseroni, D., Modina, D., Ortuani, B., Pozzoli, C., Gandolfi, C., (2023). Effect of multifunctional irrigation on grape quality: a case study in Northern Italy. *Irrigation Science*, Volume 41, Pages 521–542
- Τσαγγαράτος, Γ.Π., (2020). Μελέτη οινολογικού δυναμικού κλώνων ελληνικών ποικιλιών αμπέλου. Μεταπτυχιακή μελέτη, Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών

Παράρτημα Α: Ποικιλίες υδατική διαθεσιμότητα και επιπτώσεις

ΠΟΙΚΙΛΙΑ	ΧΩΡΑ-ΠΕΡΙΟΧΗ	ΥΔΑΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Tempranillo, Manto Negro	Ισπανία	Μέτρια.	Βελτιωμένη υδατική κατάσταση φυτού, διαπνοή και φωτοσύνθεση. Αυξημένη απόδοση στο Tempranillo, περισσότερο συνδεδεμένη με την φωτοσύνθεση από ότι το Manto Negro. Στο Manto Negro το υδατικό δυναμικό Ψ ήταν συνδεδεμένο με ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως πολυφαινόλες και TSS.Μειωμένη φωτοσύνθεση ήταν απόρροια στοματικών και μη παραγόντων (Medrano <i>et al</i> , 2003).
Malbec	-	Υψηλή/χαμηλή.	Η υψηλή θερμοκρασία του αέρα αύξησε την στοματική αγωγιμότητα και την διαπνοή προκειμένου να πέσει η θερμοκρασία στο φύλλο, Έτσι, αυξήθηκε η βλαστική ανάπτυξη, η διαπνοή όλου του φυτού και η φωτοσύνθεση./ Μειώθηκε η ανάπτυξη και όλες οι φυσιολογικές λειτουργίες : A, gs, E. Παρατηρήθηκε, πώς σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, οι παραπάνω μειώσεις ήταν σε μικρότερο βαθμό από ότι στις ρυθμιζόμενες θερμοκρασίες (Giorgi <i>et al</i> , 2019).
Tempranillo, Manto Negro	Ισπανία	Χαμηλή.	Μείωση στοματικής αγωγιμότητας και αφομοίωσης CO ₂ κατά 40%. Μείωση ρυθμού φωτοσύνθεσης κατά 37%. Η απόδοση της RuBP δεν παρουσιάζει σημαντικές αλλαγές. Η φωτοσύνθεση συνδέεται σε βαθμό 87% με την στοματική αγωγιμότητα. Το Manto Negro ανταποκρίθηκε καλύτερα στην ξηρασία , εξαιτίας μικρότερων, μη-στοματικών περιορισμών (Escalona <i>et al</i> , 2000).
Tempranillo	Ισπανία	Υψηλή/Μέτρια.	Παρατηρήθηκαν οι αναμενόμενες τιμές για όλες τις μετρούμενες παραμέτρους και διαπιστώθηκε συσχέτιση μεταξύ των μεταφερόμενων ηλεκτρονίων, του αφομοιώσιμου CO ₂ και της gs./ Εδώ, παρατηρήθηκαν διαφορετικοί βαθμοί μείωσης της φωτοσύνθεσης και αυξημένη μη φωτοχημική απόσβεση του φθορισμού της χλωροφύλλης. Διατηρήθηκε καλή συσχέτιση CO ₂ και μεταφοράς ηλεκτρονίων, κάτι που δείχνει ότι τα δύο φωτοσυστήματα συνεργάστηκαν καλώς./ Το σοβαρό έλλειμμα νερού προκάλεσε μια δραστική καθοδική ρύθμιση της φωτοσύνθεσης και σπάσιμο του προαναφερθέντος συνδέσμου. Τόσο η καθαρή αφομοίωση του CO ₂ το μεσημέρι όσο και ο ρυθμός μεταφοράς ηλεκτρονίων συσχετίστηκαν σημαντικά με το υδάτινο δυναμικό πριν από την αυγή (ΨPD) ($r_2 = 0,65$ και $r_2 =$

			0,92, $P < 0,001$, αντίστοιχα). Ωστόσο, όταν αναλύθηκαν τα δεδομένα, η σχέση μεταξύ του ρυθμού μεταφοράς ηλεκτρονίων και του ΨPD δεν διατηρήθηκε, αν και η καθαρή αφομοίωση του CO ₂ συσχετίστηκε παρόμοια με το ΨPD. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι η απόδοση φθορισμού χλωροφύλλης σε σταθερή κατάσταση, ήταν ένας καλός δείκτης του υδατικού στρες των φυτών (Flexas <i>et al</i> , 2002).
Garnacha, Tempranillo	Αragón, La Rioja Ισπανία	Υψηλή, Μηδενική.	Το υδατικό δυναμικό Ψ _{pd} δεν σχετίστηκε με την φωτοσύνθεση ή την στοματική αγωγιμότητα. Το υδατικό στρες προκάλεσε ξεκάθαρο κλείσιμο των στομάτων των φύλλων στις 11πμ. Για δεδομένο g _s , τα μη αρδευόμενα σταφύλια είχαν χαμηλότερο ρυθμό φωτοσύνθεσης από ότι τα αρδευόμενα. Γενικότερα, η φωτοσύνθεση ήταν η περισσότερο επηρεαζόμενη διεργασία από την υδατική διαθεσιμότητα. Και για τις δύο ποικιλίες, υπό άρδευση, η παραγωγή ξηρής ύλης ήταν σχετιζόμενη γραμμικά με την g _s . Ακαι το λόγο νυχτερινής αναπνοής προς φωτοσύνθεση. Σε μη αρδευόμενες συνθήκες, η παραγωγή ξηρής ύλης δεν σχετιζόταν καθόλου με καμία παράμετρο φυσιολογίας (Gómez-del-Campo <i>et al</i> , 2004).
Merlot, Cabernet Sauvignon	Montpellier, Γαλλία	Πολύ χαμηλή, απότομη έλλειψη –EWS-Extreme Water Stress.	Τα υδατικά δυναμικά Ψ _{pd} , Ψ _{md} ήταν πολύ κοντά στις τιμές , φτάνοντας στο -2.1 MPa περίπου και στις δύο ποικιλίες ενώ, ταυτίστηκαν στο -3.7 MPa. Αυτό, καθορίστηκε ως το σημείο έναρξης της ξηρασίας των φύλλων. Η τιμή έφτασε ως το -5.0. Από το 0 ως το -3.7 πραγματοποιούταν κανονικά διαπνοή στα φύλλα, η οποία μετά το πέρας αυτού, σταμάτησε. Μετά την εφαρμογή EWS τα φύλλα έπεσαν, οι ράγες μειώθηκαν σε μέγεθος και αυξήθηκε ως συνέπεια, η συγκέντρωση ανθοκυανών και ολικών φαινολικών. Το pH αυξήθηκε αρκετά ώστε να αποτελέσει οργανοληπτικό ελάττωμα. Τα στοιχεία που μειώθηκαν είναι : μέσο βάρος/100 ράγες, όγκος ραγών, ολικά διαλυμένα στερεά-TSS, σακχαροπεριεκτικότητα ραγών, κίτρικο και τρυγικό οξύ, δηλαδή η ποιότητα υποβαθμίστηκε. Παρατηρήθηκε ότι τα αμπέλια, παρά το έντονο στρες και την ξηρασία των φύλλων, δεν έφτασαν σε μόνιμο μαρασμό, αλλά αντίθετως, με άρδευση κατάφεραν να επανέλθουν (Bahar <i>et al</i> , 2011).
Cabernet Sauvignon	-	Υψηλή, μέτρια με θεραπεία προσαρμογής, χαμηλή.	Μετρήθηκε η στοματική αγωγιμότητα, η συγκέντρωση CO ₂ υποστοματικά, η διαπνοή, η πραγματική και η μέγιστη φωτοχημική απόδοση του φωτοσυστήματος II (PSII), η ολική φωτοαναπνοή, η κατανομή φωτονίων και η AXN. Η φωτοαναπνοή, η στοματική αγωγιμότητα και οι αποδόσεις του PSII μειώθηκαν. Η υποστοματική συγκέντρωση

			διοξειδίου σε αμπέλια δίχως άρδευση αυξήθηκε, υποδεικνύοντας πώς τα φύλλα υπέστησαν μη στοματικό περιορισμό, όπως προβλήματα στα φωτοσυστήματα, καταστροφή πρωτεϊνών και διακοπή μεταφοράς ηλεκτρονίων, σε αντίθεση με τα αμπέλια που δέχονταν θεραπεία άρδευσης, τα οποία είχαν χαμηλή φυλλική συγκέντρωση CO ₂ (Guan και Gu, 2009).
Tannat, Duras	Τουλούζη, Γαλλία	Επαρκής στην αρχή του πειράματος και μείωση κατά 70% στον Περκασμό.	Το Tannat προσαρμόστηκε καλύτερα στην ξηρασία. Ανάλογα με την ποικιλία και την υδατική διαθεσιμότητα η ποσοτική σύσταση της ράγας είχε πολλές διαφορετικές τιμές. Για το Tannat η σύσταση ήταν: γίγαρτα 6%, φλοιός 12% και σάρκα 82% ενώ στο Duras: γίγαρτα 3%, φλοιός 12% και σάρκα 85%. Καθώς οι ράγες δεν είχαν όλες το ακριβώς ίδιο μέγεθος, τα αποτελέσματα είναι σχετικά. Τα γίγαρτα στα σταφύλια με θεραπεία άρδευσης ήταν μεγαλύτερα, ενώ οι τανίνες τους και η συγκέντρωση ανθοκυανών των ραγών διέφεραν, ανάλογα με την υδατική διαθεσιμότητα, το μέγεθος της ράγας και την ποικιλία. Ο παράγοντας που επηρέαζε περισσότερο τις τανίνες των γιγάρτων ήταν το μέγεθος της ράγας. Το νερό αντίστοιχα, τα φαινολικά των φλοιών. Με το υδατικό στρες η Tannat μόνο, αύξησε τη συγκέντρωση των ανθοκυανών της (Attia <i>et al</i> , 2009).
Merlot	La Mancha, Ισπανία	Έγιναν τέσσερις διαφορετικές θεραπείες, στην άνθηση-περκασμό και στον περκασμό-ωρίμανση, που περιλάμβαναν καθόλου-ελαφρά, ελαφρά-μέτρια, μέτρια-έντονη και έντονη υδατική έλλειψη.	Μελετήθηκε η ανάπτυξη και η απόδοση του φυτού. Όσο το υδατικό στρες αυξανόταν, τόσο μειώνονταν η συνολική φυλλική επιφάνεια, καθώς και η απόδοση. Παρόλο που η βλάστηση μειώθηκε, τα φυτά παρέμειναν πλήρως παραγωγικά, καθώς υπήρχαν φύλλα εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία.. Υπό περισσότερη άρδευση, λόγω συσσώρευσης νερού, το βάρος των ραγών αυξήθηκε και ως απόρροια οι αποδόσεις ήταν υψηλότερες (Chacón-Vozmediano <i>et al</i> , 2020).
Carménère	Maule Valley, Χιλή	Αμπέλι «μάρτυρας» με στάγδην άρδευση και δείγμα υπό υδατικό στρες.	Σε αυτή την έρευνα μετρήθηκαν: gs, E, WUE, AN-αφομοίωση CO ₂ και το υδατικό δυναμικό του βλαστού. Υπολογίστηκαν τα AN/gS, AN/Eκαι ο συντελεστής ευαισθησίας των στοματιώνκ. ΤοAN και το gs μειώθηκαν, οδηγώντας σε αύξηση του WUEi, ενώ, δεν σχετίστηκαν γραμμικά, σε αντίθεση με το υδατικό δυναμικό του βλαστού και το gs. Η ευαισθησία των στοματιών με το υδατικό στρες μειώθηκε. Τα παραπάνω κατατάσσουν την ποικιλία ως ανθεκτική σε χαμηλές υδατικές συγκεντρώσεις και επιρρεπή σε φυσιολογικές μεταβολές λόγω υδατικού στρες (Jara-Rojas <i>et al</i> , 2015).

Cabernet Sauvignon	Yangling, Κίνα	Άρδευση 8 εβδομάδες πριν την έναρξη του πειράματος και έπειτα υδατικό στρες. Αμπέλια για σύγκριση τιμών που ποτίζονταν καθημερινά με ποσότητα όση η εξατμισοδιαπνοή.	Εξετάστηκε ο τρόπος με τον οποίο το υδατικό στρες επηρεάζει την μορφολογία των στοματίων του φύλλου και τις πτητικές ενώσεις που εξάγονται, συγκεκριμένα 12 δευτερογενείς αλκοόλες, κετόνες και αλδεϋδες. Μέσω του υδατικού στρες, η περιεκτικότητα του φυτού σε νερό μειώθηκε, ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης μειώθηκε, οι συγκεντρώσεις προλίνης, MDA, H ₂ O ₂ αυξήθηκαν καθώς και η δραστηριότητα των αντιοξειδωτικών SOD, CAT. Η (E)-2-εξενάλη και η 3-εξενάλη παρουσίασαν σημαντική αύξηση μετά την υδατική καταπόνηση, η οποία σχετίστηκε με την προλίνη, το υπεροξειδίο του υδρογόνου, την MDA, την CAT και την SOD. Συμπερασματικά, η ανταπόκριση στην υδατική έλλειψη θα μπορούσε να ανιχνευτεί με παρακολούθηση των συγκεντρώσεων των πτητικών ενώσεων και των αντιοξειδωτικών (Ju <i>et al</i> , 2018).
Grenache, Shiraz	Αδελαΐδα, Νότια Αυστραλία	Άρδευση και έπειτα πρόκληση υδατικού στρες. Έπειτα άρδευση ξανά.	Οι δύο ποικιλίες δοκιμάστηκαν σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών 30°C-40°C υπό πλήρη άρδευση και υπό υδατικό στρες. Η φωτοσύνθεση, η διαπνοή και η στοματική αγωγιμότητα επηρεάστηκαν περισσότερο στο Grenache και δεν κατάφεραν να επανέλθουν. Η WuEi ήταν χαμηλότερη στο Grenache, ενώ η διαπνοή στο Shiraz έμεινε ανεπηρέαστη. Η Grenache που αποτελεί ισοδρική ποικιλία, υπό αυξημένη θερμοκρασία με άρδευση, μπορούσε να ανταπεξέλθει και η Shiraz επίσης μπορούσε να προσαρμοστεί, ακόμη και με περιορισμένη άρδευση (Cogato <i>et al</i> , 2022).
Sangiovese	Ιταλία	Υπήρχαν δύο κατηγορίες υδατικής διαθεσιμότητας, μία ελεγχόμενης άρδευσης που γινόταν κάθε απόγευμα και μία υπό υδατικό στρες και επανατροφοδότησης με νερό, Water Stress, Re-Watering.	Η ένταση και η διάρκεια περιορισμού του νερού επηρέασε την εμφάνιση και ανάπτυξη νέων φύλλων, αλλά δεν επηρέασε σημαντικά το υδατικό δυναμικό των φύλλων. Στον πρώτο κύκλο υδατικής καταπόνησης το gskαι η αφομοίωση του CO ₂ μειώθηκαν κατά 61% και 20% αντίστοιχα, ενώ, στον δεύτερο, κατά 77% και 21%. Μετά από μία ημέρα «θεραπείας» μόνο τα φύλλα κοντά στο κέντρο του βλαστού κατάφεραν να επανέλθουν, μερικώς, φωτοσυνθετικά. Τουλάχιστον δύο ημέρες αργότερα, επανήλθαν τα φύλλα της κορυφής. Αυτό, υποδεικνύει ότι η θέση, συνεπώς η ηλικία, του φύλλου παίζει σημαντικό ρόλο στην ανταπόκριση στο υδατικό στρες και στην αντιμετώπισή του. Το αμπέλι σαν αμυντικό μηχανισμό έκλεισε γρήγορα τα στομάτια και μείωσε την διαπνοή και την απώλεια υδρατμών, περιορίζοντας έτσι την ανάπτυξη των νεαρών φύλλων και την φωτοσύνθεση (Lanari <i>et al</i> , 2018).
Cabernet Sauvignon	Paterson,	Ελεγχόμενος υδατικός	Υπό τις εφαρμογές RDIE, RDIL παρατηρήθηκαν παροδικές

	Washington, Αμερική	περιορισμός, regulated deficit irrigation (RDI), από την καρπόδεση μέχρι τον τρύγο, με τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις: 1) Standard industry practice (RDIS), με εβδομαδιαία αντικατάσταση του 60-70% της εξατμισοδιαπνοής στα καλά αρδευόμενα αμπέλια. 2) Early additional deficit (RDIE), η μισή RDIS ανάμεσα στην καρπόδεση και στον περκασμό. 3) Late additional deficit (RDIL), η μισή RDIS ανάμεσα στον περκασμό και στον τρύγο.	εμφανίσαις σοβαρής υδατικής καταπόνησης. Για όλες τις εφαρμογές η φωτοσύνθεση μειώθηκε και η στιγμιαία WUE μειώθηκε επίσης. Μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού βρέθηκε στην RDIEξαιτίας της χρονικής περιόδου της άρδευσης. Παρόλα αυτά, δεν υπήρξε εμφανής μείωση απόδοσης ή υποβιβασμός στην ποιότητα των σταφυλιών (Tarara και Peña, 2015).
Montepulciano (Ισοϋδρική), Sangiovese (Ανισοϋδρική)	Ιταλία	Πρόκληση υδατικού στρες με άρδευση στο 40% του μέγιστου όγκου που μπορούν να δεχτούν τα σταφύλια, από την καρπόδεση ως τον περκασμό και έπειτα επανάρδευση.	Προκλήθηκε με το στρες πιο γρήγορο κιτρίνισμα και πτώση των φύλλων βάσης, πιο έντονα στο Sangiovese. Το υδατικό δυναμικό των φύλλων, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης και η στοματική αγωγιμότητα μειώθηκαν, ενώ, η ενδογενής αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού μετά από 6 ημέρες υπό υδατική έλλειψη, αυξήθηκε και στις δύο ποικιλίες. Η συγκέντρωση του ABA στην ποικιλία Montepulciano αυξήθηκε σημαντικά, σε αντίθεση με το Sangiovese το οποίο δεν εμφάνισε μεταβολή. Το αντίστροφο έγινε με την συγκέντρωση χλωροφύλλης, η οποία αυξήθηκε στο Sangiovese. Τέλος, η συγκέντρωση H ₂ O ₂ και η δραστηριότητα της Καταλάσης αυξήθηκαν στο Montepulciano (Santo <i>et al</i> , 2016).
Grenache, Tempranillo	Illes Balears, Ισπανία	Εφαρμόστηκαν δύο τεχνικές, επαρκής και ελλειμματική άρδευση.	Σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης το Ψ _{dp} και των δύο ποικιλιών μειώθηκε, με του Tempranillo να έχει υψηλότερες τιμές. Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού για το Grenache ήταν υψηλότερη. Το ABA επηρεάζει την στοματική λειτουργία ανάλογα με το στάδιο της ανάπτυξης. Τα gs και WUE των φύλλων μπορούν να διαφοροποιηθούν με μεταβολές της οσμωρύθμισης (Martorell <i>et al</i> , 2015).
Grenache, Syrah	Οι ποικιλίες ήταν από διαφορετικά κλίματα, η Grenache από Μεσογειακό και η	Πρόκληση υδατικού στρες και έπειτα άρδευση.	Μετρήθηκε η διαπνοή, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης, η στοματική αγωγιμότητα, ο φθορισμός χλωροφύλλης και η αλληλεπίδρασή τους με περιβαλλοντικούς παράγοντες. Το Grenache όπως ήταν αναμενόμενο, εμφάνισε ισοϋδρική συμπεριφορά, ενώ το Syrah παρά την ανισοϋδρική φήμη

	Syrah από εύκρατο, ισορροπημένης υγρασίας κλίμα.		του έδειξε και σημάδια ισοδρικής συμπεριφοράς. Οι ανισοδρικές ποικιλίες είχαν πιο γρήγορη ανάρρωση μετά το υδατικό στρες: με μικρότερη μείωση της gs διατήρησαν τη φωτοσυνθετική ικανότητά τους σε ικανοποιητικά επίπεδα και αυτό ευνόησε την ανάκαμψή τους. Επίσης είχαν περισσότερη αφομοίωση CO ₂ και υψηλότερες αποδόσεις. Τα αποτελέσματα αυτά δεν συμφωνούν με την κοινή γνώμη, ότι οι ισοδρικές ποικιλίες ανταποκρίνονται καλύτερα στο υδατικό στρες (Pou <i>et al</i> , 2012).
Tempranillo	Ισπανία	Άρδευση για 3 μήνες πριν την έναρξη του πειράματος και έπειτα υδατικό στρες που ακολουθήθηκε από επανάρδευση.	Υπό υδατικό στρες παρατηρήθηκε μειωμένη κίνηση υγρών στο φυτό, μειωμένη στοματική αγωγιμότητα και διαπνοή. Τα φυτά έδειξαν ισοδρική συμπεριφορά και θεωρείται ότι το ABA έδωσε το σήμα για το κλείσιμο των στοματίων. Η καθημερινή ανάπτυξη των αμπελιών σταμάτησε και σχετίστηκε με την κίνηση των υγρών εντός του πρέμνου, ένας παράγοντας που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της βλαστικής ανάπτυξης, τουλάχιστον σε σημαντικές περιόδους, όπως από την άνθηση ως την καρπόδεση (Escalona <i>et al</i> , 2002).
Tempranillo (Aragonez/Tinta Roriz), Trincadeira (Tinta Amarela), Cabernet Sauvignon, Syrah, Touriga Nacional	Πορτογαλία	Έγιναν δύο πειράματα: 1) Τα αμπέλια Tempranillo και Trincadeira ήταν καλά αρδευόμενα (WI, 80% ETc), ή μη αρδευόμενα, μόνο με βροχή (NI) είτε, υποβλήθηκαν σε ρυθμιζόμενη ελλειμματική άρδευση (RDI, 40% ETc). 2) Τα αμπέλια και των πέντε ποικιλιών υποβλήθηκαν σε RDI (30–40% ETc).	Στο πείραμα 1, η στοματική αγωγιμότητα και το υδατικό δυναμικό των φύλλων, αποδείχθηκαν αντιστρόφως ανάλογα με την θερμοκρασία του φύλλου, με πιο χαρακτηριστική περίοδο το απόγευμα. Στο δεύτερο πείραμα η κάθε ποικιλία, παρά το γεγονός ότι όλες είχαν παρόμοια Ψdp, εμφάνισε διαφορετική T φύλλου. Η στοματική αγωγιμότητα και πυκνότητα δεν συσχετίστηκαν, οπότε η κάθε ποικιλία ελέγχει τα στομάτιά της με άλλο τρόπο (Costa <i>et al</i> , 2012).
Cabernet franc	Σικελία, Ιταλία	Δημιουργήθηκαν δύο υδατικές συνθήκες, άρδευσης και υδατικού στρες.	Η μελέτη αυτή επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη της ράγας, συγκεκριμένα στο φλοιό και στην σάρκα. Τα σταφύλια υπό έλλειψη νερού ήταν μικρότερα σε μέγεθος και είχαν μεγαλύτερη αναλογία φλοιού προς σάρκα. Αυτό, μπορεί να αυξήσει την συγκέντρωση των χρήσιμων ουσιών που βρίσκονται εξωτερικά, όπως πρόδρομες αρωματικές ενώσεις και φαινολικά, βελτιώνοντας την ποιότητα του τελικού προϊόντος (Triolo <i>et al</i> , 2019).
Cabernet Sauvignon	Jingyang, Shaanxi, Κίνα	Εφαρμόστηκαν τρεις τεχνικές άρδευσης ανάλογα με την εκτιμώμενη εξατμισοδιαπνοή, από την	Η ελλειμματική άρδευση μείωσε ελαφρώς το μέσο βάρος ανά 100 ράγες, την ολική οξύτητα πριν την ωρίμανση, και αύξησε τα TSS, το pH του γλεύκους, την συγκέντρωση σακχάρων και ολικών ανθοκυανών, με τα καλύτερα

		αρχή της ανάπτυξης ως και 30 μέρες πριν το πείραμα: 1) 30% ETc (RDI1), 2) 50% ETc (RDI2) και 3) 100% ETc (CK).	αποτελέσματα να παρατηρούνται στην RDII (Yang <i>et al</i> , 2020).
Cabernet Sauvignon	Βαλένθια, Ισπανία	Εφαρμόστηκαν τέσσερις τεχνικές άρδευσης:1) Μηδενική, μόνο ότι λάμβανε το φυτό από την βροχή. Άρδευση με: 2) 25% της ETc 3) 50% ETc και 4) 75% ETc.	Τα αμπέλια της πρώτης κατηγορίας εμφάνισαν αρκετά σοβαρό υδατικό στρες, με υδατικό δυναμικό ως -1,6MPa, αλλά, είχαν τα περισσότερα φαινολικά και TSS εξαιτίας της μείωσης μεγέθους των ραγών και ο αλκοολικός βαθμός έφτανε ως 16,5%. Οι περισσότεροι αρδευόμενες κατηγορίες είχαν αύξηση στην απόδοση κατά 26-30% και αποφυγή υπέρ συσσώρευσης σακχάρων και διαλυμένων στερεών. Όμως, οι ολικές τανίνες και ανθοκυάνες και η χρωματική ένταση μειώθηκαν. Οι εκχυλίσμες τανίνες δεν μεταβλήθηκαν (Intrigliolo <i>et al</i> , 2016).
Tempranillo	Καταλονία, Ισπανία	Σε αυτή την έρευνα υπήρχαν τέσσερα επίπεδα άρδευσης: 100, 50, 25 και 0% της εξατμισοδιαπνοής, που εφαρμόστηκαν σε 3 φάσεις. Από την άνθηση-καρπώδεση, πριν τον περκασμό και μετά.	Μετρήθηκε το ξηρό βάρος των ραγών, τα TSS, η ογκομετρούμενη οξύτητα και οι συγκεντρώσεις πολυφαινολών και ανθοκυανών στο γλεύκος. Η ξηρή ύλη επηρεάστηκε περισσότερο από την υδατική έλλειψη στα δύο πρώτα στάδια. Πριν τον περκασμό, η ποιότητα, η οποία καθορίστηκε από τους προαναφερόμενους παράγοντες, μειωνόταν, όσο το υδατικό στρες αυξανόταν, ενώ μετά τον περκασμό, υπό ήπιο στρες η ποιότητα βελτιωνόταν. Γενικότερα, η ποικιλία εμφάνισε μεγάλη φαινολογική ευαισθησία στην ελλειμματική άρδευση (Girona <i>et al</i> , 2009).
Tempranillo	Εξτρεμαδούρα, Ισπανία	Εφαρμόστηκαν τέσσερις τεχνικές άρδευσης: 1) Μηδενική, μόνο ότι λάμβανε το φυτό από την βροχή. Άρδευση με: 2) 25% της ETc 3) 50% ETc και 4) 100% ETc.	Παρόλο που τα ολικά διαλυμένα στερεά παρέμειναν σχεδόν σταθερά καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε παράγοντες ποιότητας ανά χρονιά. Με την άρδευση η ογκομετρούμενη οξύτητα αυξήθηκε ενώ, τα ολικά φαινολικά μειώθηκαν ελαφρώς. Η μη αρδευόμενη κατηγορία, με την 25%, είχαν παρόμοια σύσταση φαινολικών(Ugarte <i>et al</i> , 2016).
Cabernet Sauvignon	Αυστραλία	Στα σταφύλια κατά την ωρίμανση εφαρμόστηκε υψηλή, χαμηλή ή ελεγχόμενη παροχή νερού.	Μετρήθηκαν τα TSS, οι τανίνες των φλοιών και των γιγάρτων και οι ανθοκυάνες των φλοιών των ραγών, αφού αυτές χωρίστηκαν σε κατηγορίες με βάση το βάρος. Έτσι, ελέγχθηκε το πόσο επηρεάζει το μέγεθος και η υδατική διαθεσιμότητα ξεχωριστά. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, όσο μεγάλωνε η ράγα, τόσο αυξάνονταν και τα ο.δ.σ. Τα σάκχαρα και οι ανθοκυάνες μειώθηκαν, οι τανίνες των φλοιών έμειναν σχεδόν ίδιες, με ίσως μικρή πτώση, παράλληλα με την αύξηση του μεγέθους των ραγών. Οι τανίνες των γιγάρτων αυξήθηκαν, μαζί με το μέγεθος, σε

			<p>πολυγίγαρτες ράγες. Συγκριτικά με τα φαινολικά των φλοιών, οι τανίνες των γιγάρτων ποίκιλλαν περισσότερο με βάση το μέγεθος, παρά με την υδατική διαθεσιμότητα. Υπό στρες, τα σταφύλια μείωσαν το μέγεθός τους και αύξησαν τα φαινολικά των φλοιών τους, δίχως να επηρεάσουν τα γίγαρτα. Συνεπώς, το νερό επηρέασε πιο έντονα από το μέγεθος τα φαινολικά της φλούδας, όχι άμεσα στην βιοσύνθεσή τους, αλλά μέσω διαφορετικής ευαισθησίας στην ανάπτυξη του εξωκαρπίου και ενδοκαρπίου (Roby <i>et al</i>, 2008).</p>
<p>Cabernet Sauvignon (Ανισουδρική) Grenache (κοντά σε Ισοϋδρική) Kékfrancos (κοντά σε I) Lambrusco (I) Montepulciano (A) Manto Negro(I,A) Merlot(A) Portugiesier(κοντάσε I) Sangiovese(I) Syrah (A) Tempranillo (I,A, κοντά σε I) Touriga Nacional(A)</p>	-	<p>Ελεγχόμενη υδατική έλλειψη.</p>	<p>Η ελλειμματική άρδευση έχει αναδειχθεί ως ένα μέσο βελτίωσης της ανθεκτικότητας των ποικιλιών στο υδατικό στρες, με μικρό περιορισμό της παραγωγής και βελτιωμένη πρώτη ύλη. Οι χημικές ενώσεις που παράγονται στις ξηρές ρίζες δείχνουν να λειτουργούν ως σήματα μεγάλων αποστάσεων, προκαλώντας το κλείσιμο των στοματίων και/ή τον περιορισμό της φυλλικής ανάπτυξης. Επίσης, οι υδατικές ελλείψεις επηρεάζουν την έκφραση γονιδίων, υπεύθυνων για την παραγωγή μερικών στοιχείων και μεταβολιτών της ράγας. Αυτό, έχει αντίκτυπο στο τελικό προϊόν, αφού, για παράδειγμα, στα ήπια αρδευόμενα σταφύλια παρατηρήθηκε μεγαλύτερη συγκέντρωση στα φαινολικά του φλοιού (Chaves <i>et al</i>, 2010).</p>
<p>Cabernet Sauvignon</p>	<p>Napa Valley, Καλιφόρνια, Η.Π.Α.</p>	<p>Χρησιμοποιήθηκαν τρεις τρόποι στάγδην άρδευσης: 1) Ελάχιστη άρδευση, όπου δεν γινόταν παροχή νερού παρά, αν το Ψmd έπεφτε κάτω από το - 1.6MPa. 2) Βασική άρδευση με 32 λίτρα/αμπέλι/εβδομάδα και 3) Διπλή άρδευση, με 64 λίτρα/αμπέλι/εβδομάδα.</p>	<p>Τα αμπέλια με την λιγότερη άρδευση, είχαν το χαμηλότερο υδατικό δυναμικό φύλλων. Οι αποδόσεις ποίκιλλαν από 15 ως 21,7 τόνους ανά εκτάριο. Οι οίνοι που προέκυψαν από τα λιγότερο αρδευόμενα φυτά, είχαν σημαντικά υψηλότερα αρώματα κόκκινων, μαύρων φρούτων, μαρμελάδας, μαγειρεμένου και αποξηραμένου μούρου και σταφίδας, από ότι οι οίνοι από τα αρδευόμενα. Οι οίνοι βασικής άρδευσης, είχαν υψηλότερα «πράσινα» αρώματα, λαχανικών, πιπεριάς, αρώματα πιπεριού και στυπτικότητα (Charman <i>et al</i>, 2008).</p>
<p>Tempranillo</p>	<p>Badajoz, Ισπανία</p>	<p>Εφαρμόστηκαν δύο RDI τεχνικές και μία μόνο με άρδευση από την βροχή. Η όψιμη RDI-Late DI, έδινε το 75% της ET πριν τον περκασμό και το υπόλοιπο 25% μετά ενώ, η πρόωγη RDI-Early DI έκανε</p>	<p>Στόχος της έρευνας ήταν να αξιολογήσει την αλληλεπίδραση του νερού, με την συγκέντρωση αζώτου στο φυτό, υπό συνθήκες μερικής ξηρασίας. Ακολούθησαν στρατηγικές μηδενικής άρδευσης δηλαδή, μία μόνο άρδευση με την βροχή και δύο ρυθμιζόμενες ελλειμματικές αρδεύσεις-RDI, μία πρόωγη-EDI και μία όψιμη-LDI. Παρατηρήθηκε, ότι 19 αμινοξέα του γλεύκους επηρεάστηκαν από την υδατική κατάσταση του φυτού πριν</p>

		το ανάποδο. Χρησιμοποιήθηκε στάγδην άρδευση.	τον περκασμό. Στην LDI οι τιμές αζώτου του μούστου ήταν υψηλότερες, ειδικά την ξηρή χρονιά, συνεπώς είναι η πιο κατάλληλη τεχνική για αύξηση αζωτούχων ενώσεων (Valdés <i>et al</i> , 2019).
Tempranillo	Rioja, Ισπανία	Υδατικό στρες υπό διαφορετικές κλιματικές συνθήκες.	Μεταξύ του περκασμού και της ωρίμανσης, μετρήθηκε το βάρος, η οξύτητα και τα φαινορικά των ραγών σταφυλιών και συσχετίστηκαν με την υδατική διαθεσιμότητα κατά την ανάπτυξη. Τα σταφύλια που δέχονταν μόνο το νερό της βροχής εμφάνισαν μέτριο-υψηλό υδατικό στρες σε ορισμένες περιόδους. Αύξηση του διαθέσιμου νερού του εδάφους ανάμεσα στην 1η-3η εβδομάδα μετά την άνθηση και στο τέλος της ωρίμανσης, προκάλεσε αύξηση της οξύτητας-μείωση του pH, ενώ στην 2η-7 ^η αυξήθηκε το βάρος και μειώθηκαν τα φαινορικά. Γενικότερα, η ανάπτυξη της ράγας είναι πιο ευαίσθητη σε υδατικές ελλείψεις μετά την άνθηση και επίσης, παίζει ρόλο αν αυτές λαμβάνουν χώρα μετά την σχηματισμό των καρπών. Μειώσεις στην ανάπτυξη κατά την έκπτυξη των οφθαλμών ως την άνθηση, λόγω στρες, είναι μη αναστρέψιμες με επιπλέον άρδευση. Επίσης, η απόδοση επηρεάζεται από τη διαθεσιμότητα του νερού στην παραπάνω περίοδο. Ένα έλλειμμα νερού έως και 50% της εξατμισοδιαπνοής (ETc) έχει ελάχιστη επίδραση στην απόδοση, αλλά πάνω από το ποσοστό αυτό, αρχίζει να μειώνεται. Η συγκέντρωση σακχάρων επηρεάζεται από όψιμες υδατικές ελλείψεις, οι οποίες «χτυπούν» τη φωτοσύνθεση. Υδατικό στρες πριν τον περκασμό είχε αρνητικές επιπτώσεις στο άρωμα, στην ογκομετρούμενη οξύτητα και στο μηλικό οξύ. Το τελευταίο, μειώθηκε και υπό στρες και υπό άρδευση, αυξάνοντας τον λόγο τρυγικού/μηλικού οξέος. Η σύνθεση των ανθοκυανών, των φλαβονολών και των προανθοκυανιδινών, καθώς και η συγκέντρωσή τους, μεταβλήθηκε. Μονοτερπένια, φαινυλοπροπανοειδή και τοκοφερόλες αυξήθηκαν, ενώ καροτενοειδή και φλαβονοειδή εξαρτήθηκαν από το στάδιο ανάπτυξης του αμπελιού και το στρες. Με άρδευση στο 100% της Etc τα φαινορικά ήταν στις χαμηλότερες συγκεντρώσεις (Ramos <i>et al</i> , 2020).
Cabernet Sauvignon	Stellenbosch, Νότια Αφρική	Μετρήθηκαν 12 κατηγορίες, εκ των οποίων οι δύο ήταν αρδευόμενες.	Η υδατική κατάσταση των αμπελιών επηρεάζει την φαινολική τους σύσταση. Το υδατικό στρες που υφίσταται κάθε φυτό δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια μέσω της υδατικής του κατάστασης, καθώς αυτή, εξαρτάται από την τοπογραφία, τις καλλιεργητικές τεχνικές και το έδαφος. Στο πείραμα, τα στρεσαρισμένα φυτά και η υδατική τους

			<p>κατάσταση, συνδέθηκαν με αλλαγές στην σύνθεση-υφή του εδάφους και στην τοπογραφία. Τα σάκχαρα των σταφυλιών τους, είχαν αυξηθεί κατά 6,7%, οι ανθοκυάνες κατά 22,2%, οι τανίνες κατά 27,5% και η απόδοση μειώθηκε κατά 53,2%. Όλα αυτά συγκριτικά με τις αρδευόμενες κατηγορίες. Βρέθηκε, πώς τα φυτά που βρίσκονταν σε μεγαλύτερη κλίση, δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και ισχυρούς ανέμους, με αποτέλεσμα να χάνουν περισσότερο νερό.</p> <p>Η απόδοση και η σύνθεση εξαρτώνται από την προσαρμοστικότητα του φυτού στην ξηρασία. Το αν θα καταφέρει να επανέλθει με άρδευση, είναι απόρροια περιβαλλοντικών παραγόντων και σχετίζεται με την ποικιλία (Jasse <i>et al</i>, 2021).</p>
Refošk	Sagrado, Friuli Venezia Giulia, Carso D.O.C., Βορειοανατολική Ιταλία	<p>Συγκρίθηκαν δύο εφαρμογές άρδευσης, μία με το 50% της εξατμισοδιαπνοής και μία με το 20%.</p> <p>Χρησιμοποιήθηκε στάγδην άρδευση, 1-2 φορές την εβδομάδα, με αλλαγές σε περίπτωση βροχής.</p>	<p>Η έρευνα αυτή στόχευσε στην μελέτη της επίδρασης δύο διαφορετικών αρδεύσεων, στην απόδοση, στην ωρίμανση, στη συγκέντρωση φαινολών, στη σύστασή τους και στην εκχυλισματικότητά τους. Ελέγχθηκαν οι τιμές δύο εποχών, μίας ζεστής και μίας ψυχρής. Και στις δύο, υπήρχαν διαφορές στην υδατική κατάσταση των αμπελιών, αλλά, το υδατικό δυναμικό δεν έδειξε έντονο υδατικό στρες. Με το 20%, αυξήθηκαν οι ολικές και οι εκχυλισιμες ανθοκυάνες, ενώ οι προνθοκυανιδίνες δεν επηρεάστηκαν. Το pH αυξήθηκε, ο πιθανός αλκοολικός βαθμός μειώθηκε και οι σπόροι είχαν πιο σκούρο χρώμα (Calderan <i>et al</i>, 2021).</p>
Bobal	Requena, Βαλένθια, Νοτιοανατολική Ισπανία	<p>Ο πειραματικός αμπελώνας αρδευόταν με τρεις τεχνικές: Άρδευση μόνο με βροχή, με το 35% ETc και με το 100%ETc. Την άνοιξη η συχνότητα ήταν 1-2 φορές την εβδομάδα και το καλοκαίρι 5-6.</p>	<p>Τα αμπέλια της πρώτης κατηγορίας ήταν λιγότερο ζωνηρά, παραγωγικά, στον τρύγο βρέθηκαν περισσότερα ολικά διαλυμένα στερεά και φαινολικά και χαμηλότερο pH, εξαιτίας της μειωμένης απόδοσης και του μεγέθους των ραγών. Η ελλειμματική άρδευση είχε ενδιάμεσες τιμές από τις άλλες δύο. Τα ο.δ.σ. ήταν λιγότερα από αυτά των αμπελιών με βροχή και περισσότερα από τα πλήρως αρδευόμενα, δίνοντας οίνους χαμηλότερου αλκοολικού βαθμού και πιο επιθυμητούς στους καταναλωτές. Η οξύτητα ήταν περισσότερη από τα πλήρως αρδευόμενα, καθώς και το φαινολικό δυναμικό. Η εκχυλισματικότητα των ανθοκυανών ήταν παρεμφερής σε όλες τις κατηγορίες και συνεπώς το χρώμα δεν επηρεάστηκε.</p> <p>Η τεχνική που βοηθά στην εξισορρόπηση της τεχνολογικής και φαινολικής ωριμότητας και στην βελτίωση της απόδοσης, είναι η ελλειμματική. Γευστικά και χρωματικά δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα, ενώ εξοικονομεί και νερό (Pérez-Álvarez <i>et al</i>, 2021).</p>

Cabernet Sauvignon	Isla de Maipo, Χιλή	Οι εφαρμογές άρδευσης έγιναν με σκοπό το Ψstem να έχει τις ακόλουθες τιμές: 1) 0.8-0.95 MPa, 2)1.0-1.2 MPa και 3)1.25-1.4 MPa από την φύτευση ως τον τρύγο.	Τα αποτελέσματα ποίκιλλαν σχετικά με τα ποιοτικά συστατικά, ανάλογα με το έτος και την άρδευση. Η 3 ^η κατηγορία είχε ράγες μικρότερου μεγέθους, 6% σε σχέση με την 1 ^η , μεγάλη αναλογία φλοιού/σάρκας, 13% μεγαλύτερη από την 1 ^η και σημαντική αύξηση ο.δ.σ. και ανθοκυανών. Βελτίωση των ραγών ποιοτικά, παρατηρήθηκαν σε συνθήκες ήπιου υδατικού στρες, κυρίως στη 2 ^η και 3 ^η κατηγορία. Η ποιότητα συσχετίστηκε άμεσα με το υδατικό δυναμικό, ενώ η απόδοση δεν φάνηκε να επηρεάζεται (Acevedo-Opazo <i>et al</i> , 2010).
Tempranillo	Βαλένθια, Ισπανία	Στην έρευνα μελετήθηκαν δύο περιπτώσεις. Στην 1 ^η , τα φυτά δέχονταν άρδευση ίση με το 100% της εξατμισοδιαπνοής και στην 2 ^η , δεν υπήρχε άρδευση.	Τα αμπέλια δίχως άρδευση εμφάνισαν χαμηλότερο υδατικό δυναμικό, μικρότερη στοματική αγωγιμότητα, με τις πιο έντονες διαφορές να παρατηρούνται σε πολύ πρωινές μετρήσεις. Η μέγιστη, ημερήσια διάμετρος του πρέμνου χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του υδατικού στρες, μέχρι και τον περκασμό, σε αντίθεση με την μέγιστη, ημερήσια σμίκρυνση. Και στις δύο κατηγορίες η ανάπτυξη του πρέμνου σχεδόν σταμάτησε τελείως. Τα αποτελέσματα στηρίζουν την κατηγοριοποίηση της ποικιλίας αυτής, ως ισουδρική (Intrigliolo <i>et al</i> , 2005).
Rizamat	Ποταμός Shiyang, Βορειοδυτική Κίνα	Έγιναν τρεις τεχνικές στάγδην άρδευσης σε αυτή την έρευνα: 1 ^η) CDI-Conventional drip irrigation, συμβατική άρδευση και στις δύο πλευρές του ριζικού, 2 ^η) ADI-Alternative drip irrigation, εναλλακτική άρδευση όπου ποτίζονται εναλλάξ οι πλευρές του ριζικού και 3 ^η) FDI-Fixed drip irrigation, περιορισμένη άρδευση μόνο στη μία πλευρά του ριζικού, με χρήση της μισής ποσότητας νερού.	Ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης στην εναλλακτική άρδευση (ADI) και η απόδοση, παρέμειναν σταθερά σε σχέση με την συμβατική (CDI). Επίσης, η διαπνοή μειώθηκε, η AXN αυξήθηκε σε ποσοστό 26,7-46,4%, ενώ η σάρκα κατά 3,88-5,78%. Αύξηση είχε και η βιταμίνη C καθώς και ο λόγος των TSS προς την ογκομετρούμενη οξύτητα. Το υδατικό δυναμικό δεν έδειξε σημαντικές διαβαθμίσεις. Συνεπώς, η ADI ωφέλησε ποιοτικά το σταφύλι χωρίς να επηρεάζει την απόδοση, αξιοποιώντας παράλληλα, λιγότερο νερό (Du <i>et al</i> , 2008).
Cabernet Sauvignon	Paterson, WA, Η.Π.Α.	Εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικές, ελεγχόμενες, ελλειμματικές αρδεύσεις (RDI). Η συμβατική, με εβδομαδιαία παροχή του 70% της ET καλά αρδευόμενων αμπελιών. Η	Έντονες ήταν οι διαφορές στην ανταλλαγή αερίων και στην διαπνοή, μεταξύ των συμβατικά αρδευόμενων και των λιγότερο αρδευόμενων φυτών. Πριν τον περκασμό, στα αμπέλια με πρόωμη άρδευση, εμφανίστηκαν 40% λιγότερος άνθρακας και 46% λιγότερη, ημερήσια διαπνοή, συγκριτικά με τα συμβατικά. Μετά τον περκασμό, η διαπνοή των όψιμων φυτών ήταν ελαττωμένη κατά 38% σε

		<p>πρώιμη, με εβδομαδιαία εφαρμογή του 35% της ET από την καρπόδεση ως τον περκασμό και έπειτα επιστροφή στην συμβατική. Τέλος, η όψιμη, όπου γίνεται συμβατική άρδευση μέχρι τον περκασμό και μετά ως τον τρύγο, εβδομαδιαία άρδευση με το 35% της ET. Από τον τρύγο ως την πτώση των φύλλων, όλα τα φυτά ποτίζονταν καλά.</p>	<p>σχέση με τα συμβατικά. Τα πρώιμα δεν μπόρεσαν να επανέλθουν πλήρως. Τα ίδια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στα αμπέλια με όψιμη άρδευση και στα πρώιμα πριν τον περκασμό, σχετικά με μειώσεις στην αφομοίωση άνθρακα και με την διαπνοή. Μόνο μικρές διαφορές ανιχνεύθηκαν στη φωτοσύνθεση και στη διαπνοή, μεταξύ των εφαρμογών, πριν και μετά τη συγκομιδή, όταν οι θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας ήταν χαμηλότερες και η διάρκεια της ημέρας ήταν μικρότερη από ότι κατά τον περκασμό. Δεν παρατηρήθηκαν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα των σταφυλιών, όταν εφαρμόστηκε μεγαλύτερη υδατική έλλειψη μεταξύ καρπόδεσης και περκασμού, η οποία ελάττωσε τον ετήσιο όγκο νερού κατά 38% (Tarara <i>et al</i>, 2005).</p>
Castelão	Centro Experimental De Pegões, Νότια Πορτογαλία	<p>Υπήρχαν τέσσερις κατηγορίες: 1) Αμπέλια δίχως άρδευση-NI, 2) Άρδευση με το 50% της εξαμυσοδιαπνοής σε μία πλευρά του ριζικού κάθε φορά, με εναλλαγή ανά 15 ημέρες – Partial Root Drying 3) Ελλειμματική άρδευση με το 50% της ET μοιρασμένο σε δύο πλευρές του ριζικού-DI και 4) Πλήρης άρδευση με το 100% της ET-FI.</p>	<p>Στα φύλλα των πλήρως αρδευόμενων φυτών το υδατικό δυναμικό την αυγή ήταν υψηλό, σε αντίθεση με αυτό των καθόλου αρδευόμενων. Τα αμπέλια της 2^{ης} κατηγορίας εμφάνισαν μεγαλύτερο έλεγχο της ανάπτυξης συγκριτικά με αυτά της 3^{ης} και 4^{ης}. Αυτό, εκφράστηκε με μικρότερη φυλλική επιφάνεια κατά τον τρύγο, αριθμό φυλλικής στοιβάδας, πλάτος υπέργειου τμήματος και αριθμό πρέμων, επιτρέποντας σε περισσότερο φως να περνά και έτσι, βελτιώθηκαν κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η άρδευση δεν επηρέασε την περιεκτικότητα σακχάρων αλλά αύξησε την ογκομετρούμενη οξύτητα. Στις δύο τελευταίες κατηγορίες, οι ανθοκύανες και οι φαινόλες του φλοιού ήταν χαμηλότερες από ότι στην μη αρδευόμενη. Στην 2^η είτε δεν υπήρχε μείωση, είτε ήταν πολύ χαμηλότερη από ότι στις άλλες. Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού αυξήθηκε κατά 80% στην PRD, Διςυγκριτικά με την FI, ενώ οι αποδόσεις ήταν σχεδόν ίδιες και στις τρεις εξαιτίας βροχών την άνοιξη (Santos <i>et al</i>, 2003).</p>
Freisa	Ιταλία	<p>Τα φυτά ποτίζονταν με στάγδην άρδευση μία φορά την ημέρα στις 9:00 το πρωί για 85 μέρες μετά το «σκάσιμο» των οφθαλμών. Έπειτα, ένα τυχαίο δείγμα υποβλήθηκε σε διαφορετικές υδατικές συνθήκες για 40 ημέρες και στις τελευταίες 35 της περιόδου ανάπτυξης επανήλθε το αρχικό σχέδιο</p>	<p>Στα φυτά που υπέστησαν υδατικό στρες η απώλεια νερού, σε μορφή διαπνοής και κίνησης υγρών εντός του ξυλώματος, ήταν μικρότερη. Στο χαμηλότερο στρες, δεν υπήρχαν εμβολές, σε αντίθεση με το υψηλό και η αγωγιμότητα ήταν χαμηλή, λόγω μείωσης της διαμέτρου των αγγείων. Η στοματική αγωγιμότητα μειώθηκε με αύξηση του υδατικού στρες. Η μειωμένη ανάπτυξη των αγγείων του ξυλώματος, σε φυτά υπό ελεγχόμενο υδατικό στρες, μπορεί να συνεισφέρει στον έλεγχο της ροής του νερού και στην μείωση της ευαισθησίας προς τις εμβολές (Lovisollo και Schubert, 1998).</p>

		<p>άρδευσης. Η πρώτη κατηγορία αρδεύταν με το 22% του $\Psi_{leaf-midday} = -0.35MPa$. Τα αμπέλια της δεύτερης κατηγορίας υπέστησαν υδατικό στρες, με $\Psi_{leaf-midday} = -0.60MPa$, με άρδευση ίδιας συχνότητας αλλά για τον μισό χρόνο.</p>	
Castelão, Aragonez, Cabernet Sauvignon	Πορτογαλία	<p>Μία κατηγορία με άρδευση με το 50% της εξατμισοδιαπνοής σε μία πλευρά του ριζικού κάθε φορά, με εναλλαγή - Partial Root Drying. Η επόμενη, ελλειμματική άρδευση με το 50% της ET μοιρασμένο σε δύο πλευρές του ριζικού-DI και τέλος, πλήρης άρδευση με το 100% της ET-FI.</p>	<p>Τα φυτά που είχαν ελλειμματική άρδευση PRD ή DI, είχαν αυξημένη AXN συγκριτικά με αυτά της FI κατηγορίας. Οι διαφορές μεταξύ AXN και κλεισίματος των στοματίων ήταν ασήμαντες για τις ελλειμματικές αρδεύσεις, αλλά η PRD μείωσε την ανάπτυξη, καθώς η φυλλική επιφάνεια ήταν μικρότερη όπως και το βάρος των κλαδεμένων τμημάτων. Η αραιότερη φυλλική επιφάνεια επιτρέπει την καλύτερη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας και ως απόρροια, βελτιώνεται η ωρίμανση και η ποιότητα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός, ότι στα φυτά της PRD η υδατική κατάσταση είναι καλύτερη από αυτών της DI, αλλά παρ' όλα αυτά, εμφανίζουν μειωμένη ανάπτυξη. Συνεπώς, οι παράγοντες της ανάπτυξης είναι μη συσχετιζόμενοι με το νερό. Για έλεγχο της ζωηρότητας και της ποιότητας, πάντα σχετικά με το στάδιο ανάπτυξης και την ένταση του στρες, μπορεί να αξιοποιηθεί η PRD. Μειωμένη απόδοση υπήρχε κυρίως, όταν η ελάττωση του νερού γινόταν πριν τον περκασμό, με την PRD όμως, όπως ήδη έχει αναφερθεί, να μην προκαλεί τέτοιες σημαντικές μειώσεις. HDI εξαιτίας της μειωμένης φυλλικής επιφάνειας των πρέμων, παρουσιάζει καλύτερη φαινολογική ωρίμανση από τα φυτά της πλήρους άρδευσης. Αλλά, έρευνα που έγινε για το Cabernet Sauvignon, έδειξε ότι οι ανθοκύανες στο 20% και 100% της ηλιακής έκθεσης ήταν ίδιες. Άρα, μετά από ένα σημείο είναι διαφορετικοί οι παράγοντες που επηρεάζουν τον σχηματισμό τους.</p>
Castelão	Νότια Πορτογαλία	<p>Εφαρμόστηκε στάγδην άρδευση, παροχής 4L/ώρα για τα πλήρως αρδευόμενα αμπέλια-FI και για αυτά της μερικής ξήρανσης-PRD και 2L/ώρα για αυτά υπό ελλειμματική άρδευση-DI. Το νερό μοιραζόταν στις</p>	<p>Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι με ελάττωση του νερού κατά 50%, είναι εφικτή η βελτίωση της ποιότητας και της AXN, χωρίς προβλήματα στην παραγωγή. Στα μη αρδευόμενα και σε πολλά φυτά υπό PRD, οι ανθοκύανες και ολικές φαινόλες των φλοιών είχαν μεγαλύτερες τιμές από τις άλλες κατηγορίες. Εμφανίστηκε ελαφριά μείωση του ανοίγματος των στοματίων στην PRD και εξαιτίας της μειωμένης ζωηρότητας, το ηλιακό φως είχε ευκολότερη</p>

		<p>δύο πλευρές του ριζικού, εκτός της PRD όπου άλλαξε πλευρά ανά 15 ημέρες. Υπήρχαν επίσης, αμπέλια μόνο με το νερό της βροχής- NI. Η άρδευση γινόταν δύο φορές την εβδομάδα από την αρχή της ανάπτυξης τον Ιούνιο, ως τον τρύγο τον Σεπτέμβρη.</p>	<p>«πρόσβαση». Οι τιμές της υδατικής κατάστασης μεταξύ PRD καιDI δεν απέκλειαν ιδιαίτερα. Σε περιπτώσεις όπου ίσχυε το ανάποδο, η PRD είχε υψηλότερο φυλλικό υδατικό δυναμικό, που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στην αντίστοιχη κατηγορία την ανάπτυξη δεν την έλεγχαν υδατικοί παράγοντες. Σχετικά με τον ρυθμό της φωτοσύνθεσης, τον φθορισμό της χλωροφύλλης και την AXN δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις. Τέλος, οι τιμές του δ¹³C αυξήθηκαν στις PRD καιDIράγες. Αυτό, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για παρακολούθηση της AXN κατά την περίοδο ανάπτυξης των φυτών. Ανάλογα με το κλίμα και την ποικιλία, κάθε φυτό ανταποκρίνεται αλλιώς στον υδατικό περιορισμό (Chaves <i>et al</i>, 2007).</p>
Cabernet Sauvignon	Langhorne Creek, Νότια Αυστραλία	<p>Το πείραμα είχε δύο περιόδους. Στην 1^η η άρδευση ξεκίνησε από τις 30 Νοεμβρίου ως τις 4 Απριλίου και στην 2^η, από τις 5 Νοεμβρίου ως τις 12 Μαρτίου. Υπήρχαν φυτά με κανονική άρδευση, μικρότερη όμως από τις άλλες αρδευόμενες περιοχές, και το δείγμα υπό PRD, με 40% λιγότερο νερό από την συμβατική. Η βροχή που δέχθηκαν τα φυτά ήταν 85mm και 90mm αντίστοιχα για τις δύο περιόδους.</p>	<p>Σε αυτή την έρευνα, το βάρος των ραγών υπό μερική ξήρανση ήταν μικρότερο από αυτό των συμβατικών, χωρίς όμως αλλαγή στις ολικές ανθοκυάνες. Αυξήθηκαν σημαντικά οι γλυκοζίτες των ανθοκυανιδινών: Δελφινιδίνη, Κυανιδίνη, Πετουινιδίνη, Πεονιδίνη, ενώ αυτοί της Μαλβιδίνης δεν επηρεάστηκαν από την PRD. Οι συγκεντρώσεις της ακέτυλο-3-ρ-κουμαρόλης και των μονογλυκοζιτικών ανθοκυανών δεν επηρεάστηκαν. Οι παραγόμενοι οίνοι από τα σταφύλια υπό στρες είχαν πιο έντονο χρώμα κατά 15%, με την αναλογία των ανθοκυανών χωρίς Μαλβιδίνη, προς τις ολικές, να έχει αυξηθεί. Οι αλλαγές αυτές θεωρούνται απόρροια του διαφορετικού τρόπου σύνθεσης των φαινολικών και όχι, του μικροκλίματος του σταφυλιού. Τα ο.δ.σ. δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αρδεύσεων, αλλά, στον μούστο από την PRD το pH ήταν αυξημένο και η ογκομετρούμενη οξύτητα μειωμένη. Αιτία της μείωσης της οξύτητας είναι η υδατική έλλειψη, η οποία κατά την ωρίμανση, προκαλεί απότομη ελάττωση της συγκέντρωσης του μηλικού οξέος στις ράγες (Bindon <i>et al</i>, 2008).</p>
Tempranillo, Manto Negro σε αμπελώνα και 22 Μεσογειακές ποικιλίες σε γλάστρες.	Ισπανία	<p>Ο αμπελώνας χωρίστηκε σε δύο ομάδες: 1^η Αρδευόμενη με το 40% περίπου της ET με στάγδην άρδευση, δύο φορές την εβδομάδα, από τον Ιούνιο ως τον τρύγο. 2^η Μόνο με το νερό της βροχής. Τα φυτά στις γλάστρες ποτίζονταν κάθε μέρα κατά την διάρκεια του</p>	<p>Στην έρευνα αυτή εξετάστηκε η σταδιακή μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού, σε ξηρό κλίμα, για διάφορες ποικιλίες. Το υδατικό στρες των φύλλων ελέγχθηκε μέσω των τιμών της μέγιστης, πρωινής-μεσημεριανής στοματικής αγωγιμότητας. Όταν η στοματική αγωγιμότητα μειώθηκε αρχικά, μειώθηκε και η υποστοματική συγκέντρωση του CO₂-Ci, η αναμενόμενη συγκέντρωση CO₂ των χλωροπλαστών-Cc και η διαφορά της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής, που ορίζεται ως net photosynthesis-AN. Ο βαθμός μεταφοράς των ηλεκτρονίων-ETR, έμεινε αναλλοίωτος. Όταν η ξηρασία</p>

		καλοκαιριού. Στα τέλη Αυγούστου σταμάτησε η άρδευση για 6 ημέρες και τα φυτά υπέστησαν υδατικό στρες.	επιδεινώθηκε, όλοι οι παραπάνω παράγοντες, μαζί με την ETR και την εκτιμώμενη αγωγιμότητα του μεσόφυλλου-gmes, μειώθηκαν περαιτέρω. Προβλήματα του μεταβολισμού αποδόθηκαν σε μειωμένη αγωγιμότητα του μεσόφυλλου (Flexas <i>et al</i> , 2002).
Tinto Cao, Touriga Nacional, Tinta Roriz-Tempranillo	Οινική Περιοχή Douro, Βόρεια Πορτογαλία	Δεν εφαρμόστηκε άρδευση στα φυτά.	Σε αυτή την έρευνα που έγινε υπό Μεσογειακές κλιματικές συνθήκες, αντικείμενα μελέτης ήταν 3 ποικιλίες αμπέλου. Προσοχή δόθηκε στην παρατήρηση των εξωτερικών χαρακτηριστικών των φυτών, στις συγκεντρώσεις των ολικών σακχάρων και πολυσακχαριτών, όπως το άμυλο, εντός των ραγών, στην ανταλλαγή αερίων των στοματιών, στην συγκέντρωση χρωστικών που συμμετέχουν στην φωτοσύνθεση, στον φθορισμό της χλωροφύλλης και στις υδάτινες σχέσεις των φύλλων. Η χλωροφύλλη ήταν σε μικρότερη συγκέντρωση στην Tinto Cao, η οποία είχε επίσης την χαμηλότερη απορρόφηση φωτονίων και την μεγαλύτερη φωτοχημική απόδοση του 2 ^{ου} φωτοσυστήματος. Το Ψleaf της TC νωρίς το πρωί και το μεσημέρι ήταν το μικρότερο από όλες τις ποικιλίες, τα φύλλα είχαν την περισσότερη ελαστικότητα και το ανοιχτό πράσινο χρώμα τους προσέφερε προστασία έναντι της έντονης ακτινοβολίας από τον ήλιο και των θερμών ανέμων που σχετίζονταν με την υδατική έλλειψη. Η Tinta Roriz είχε τον χαμηλότερο φωτοσυνθετικό ρυθμό, μικρότερες συγκεντρώσεις σακχάρων και περιορισμένη στοματική αγωγιμότητα σε σχέση με τις άλλες δύο ποικιλίες. Τέλος, η οσμωτική προσαρμογή ήταν σχεδόν ίδια για όλες τις ποικιλίες (Moutinho-Pereira <i>et al</i> , 2007).
Cabernet Sauvignon	Isla De Maipo, Χιλή	Υπήρχαν τρεις κατηγορίες ανάλογα με το επιθυμητό υδατικό δυναμικό: 1 ^η -0,8 με -0,95 MPa 2 ^η -1,0 με -1,2 MPa 3 ^η -1,25 με -1,4 MPa. Η άρδευση άρχισε στην φύτευση και τελείωσε στον τρύγο.	Ανάλογα με την χρονιά και τις συνθήκες, τα αποτελέσματα διέφεραν. Οι μικρότερες ράγες ήταν της τρίτης κατηγορίας με διαφορά από την 1 ^η κατά 6%, με αυξημένα ο.δ.σ. και ανθοκύανες και 13% ανεβασμένο τον λόγο φλοιού/σάρκα. Γενικότερα, υπό ήπιο υδατικό στρες περίπου -1,2 MPa, παρατηρήθηκαν τα καλύτερα ποιοτικά, ποσοτικά αποτελέσματα και η αποτελεσματικότερη αξιοποίηση νερού. Είναι δύσκολο να προγραμματιστεί η άρδευση με βάση την εδαφική υγρασία και το ριζικό σύστημα για διάφορους λόγους. Αρχικά, οι ρίζες μπορούν να φτάνουν σε βάθη ως και 3,5 μέτρα, κάτι που καθιστά δύσκολη την μελέτη της προσρόφησης νερού από το έδαφος. Το βάθος δεν είναι εντελώς ακριβές, η σύσταση του εδάφους ποικίλει και ρόλο παίζει και η εμβέλεια της άρδευσης (Acevedo-Orpazo <i>et al</i> , 2010).
Tempranillo	Μαδρίτη, Ισπανία	Χρησιμοποιήθηκαν	Αλλαγές στην στοματική αγωγιμότητα προέκυψαν, σε

		<p>τέσσερις τεχνικές άρδευσης, οι οποίες εφαρμόστηκαν από όταν σταμάτησε η ανάπτυξη των βλαστών. Μία μηδενικής παροχής νερού και άλλες τρεις με αντίστοιχη παροχή: 1^η45% ET, 2^η30% ET, 3^η15% ET.</p>	<p>περισσότερες από τις μισές περιπτώσεις, εξαιτίας διαφοροποιήσεων της εδαφικής υγρασίας. Η σ.α. συσχετίστηκε με το πόσο διοξείδιο του άνθρακα απορροφάται και είχε μεγαλύτερες τιμές στις πρωινές μετρήσεις της ανατολικής πλευράς του αμπελώνα. Συγκεκριμένα, συγκριτικά με τις μεσημεριανές, δυτικές μετρήσεις, ήταν αυξημένη κατά 25-30%. Η φωτοσύνθεση μειώθηκε επίσης, όσο πλησίαζε η μεσημεριανή ώρα, ενώ από το πρωί ως το απόγευμα, η διαπνοή αυξήθηκε από 15-25%. Γενικότερα, ασχέτως με την άρδευση, τα αμπέλια εμφανίζουν μείωση από το πρωί προς το απόγευμα, των A και G και αύξηση της E. Η φωτοσύνθεση το απόγευμα, μειώθηκε λόγω αυξημένης δραστηριότητας της οξυγενάσης της Rubisco. Αυτό, γίνεται εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας του φύλλου, μεγαλύτερης από ότι το πρωί, παρά την εντονότερη διαπνοή. Τέλος, ανεξάρτητα με την άρδευση, τους θερμούς μήνες προκαλείται υδατικό στρες στα φυτά, κυρίως στα φύλλα με έκθεση στη δύση του ηλίου, λόγω αυξημένων εξωτερικών θερμοκρασιών (Cuevas <i>et al</i>, 2006).</p>
Castelaño	Centro Experimental de Regoñes, Λισαβόνα, Πορτογαλία	<p>Τα φυτά χωρίστηκαν σε τέσσερις κατηγορίες: 1^η Rainfed- Non Irrigated 2^η PRD, 50% ET στη μία πλευρά με αλλαγή ανά 15 ημέρες 3^η DI, 50% ET και στις δύο πλευρές 4^η FI, 100% ET και στις δύο πλευρές.</p>	<p>Το υδατικό δυναμικό των φύλλων στα μη αρδευόμενα φυτά ήταν το πιο χαμηλό, ενώ τα PRD και DI είχαν το υψηλότερο. Η φωτοσύνθεση των πλήρως αρδευόμενων αμπελιών και αυτή των ελλειμματικών δεν είχαν μεγάλη διαφορά. Μείωση στο ρυθμό της φωτοσύνθεσης εξαιτίας στοματικών παραγόντων εμφανίζεται κυρίως στα μη αρδευόμενα φυτά. Το διοξείδιο του άνθρακα που αφομοιώθηκε δεν είχε επηρεαστεί από το υδατικό στρες (Souza <i>et al</i>, 2005).</p>
Tempranillo, Manto Negro	Μαγιόρκα, Ισπανία	<p>Τα φυτά δεν δέχτηκαν καμία άρδευση.</p>	<p>Μελετήθηκε η ημερήσια αφομοίωση άνθρακα στα φύλλα 8 διαφορετικών πρέμων, χωρισμένα ανάλογα με το ύψος. Τα πιο ψηλά, είχαν και την μεγαλύτερη αφομοίωση. Η φωτοσύνθεση από την περίοδο του Ιουλίου ως τον Αύγουστο, μειώθηκε σημαντικά, ενώ η χαμηλότερη τιμή της βρέθηκε στα φύλλα του εσωτερικού του φυλλώματος. Η AXN αυξήθηκε σε όλες τις κατηγορίες και ήταν υψηλότερη στα σημεία με την υψηλότερη αφομοίωση άνθρακα. Το μεγαλύτερο ποσοστό φυλλικής ξηρής μάζας μετρήθηκε, στο τέλος της σεζόν, στο χαμηλότερο σημείο του φυτού και για τις δύο ποικιλίες. Οι τιμές της απόδοσης των σταφυλιών ήταν συμβατές με τα αποτελέσματα της ανάπτυξης σε κάθε επίπεδο (Escalona <i>et al</i>, 1999).</p>
Campbell Early, Kyoho	Suwon, Κορέα	<p>Τα φυτά είχαν καθημερινή</p>	<p>Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης αυξήθηκε και στις 2 ποικιλίες</p>

		παροχή νερού.	απότομα, κατά τις πρωινές ώρες ενώ, μετά το μεσημέρι, μειώθηκε σταδιακά. Η διαπνοή και η στοματική αγωγιμότητα άλλαξαν ανάλογα με τη φωτοσύνθεση, υποδεικνύοντας ότι είναι αλληλοεξαρτώμενες διεργασίες (Yu <i>et al</i> , 2009).
Tempranillo, Manto Negro	Mallorca, Ισπανία	Η άρδευση στη μία κατηγορία γινόταν στο 30% της ET, με αφαίρεση της ποσότητας νερού που δέχονταν από ενδεχόμενη βροχή. Η δεύτερη κατηγορία ήταν υπό υδατικό στρες.	Στα αμπέλια με χρόνιο υδατικό στρες, η στοματική αγωγιμότητα, η απόδοση, ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης και η απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα μειώνονται. Για κάθε περίπτωση, παρατηρείται υψηλή συσχέτιση μεταξύ της gs και της A. Υπό την επίδραση του υδατικού στρες οι μη στοματικοί περιορισμοί επικεντρώνονται στην μεταβολική διαδικασία της αναγέννησης της Rubisco. Το Manto Negro είχε υψηλότερη ενδογενή AXN σε στρεσαρισμένες συνθήκες, λόγω χαμηλότερων μη στοματικών περιορισμών(Escalona <i>et al</i> , 2000).
Shiraz		PRD 90-100% ET DI 65% ET	Η ευαισθησία των στοματίων ενισχύθηκε, συγκριτικά με αμπέλια που δέχονταν άρδευση και στα δύο μέρη του ριζικού. Χρησιμοποιήθηκε λιγότερο νερό, σχεδόν η μισή ποσότητα από την συμβατική άρδευση. Ανάμεσα στις κατηγορίες των αμπελιών:PRD,DI και συμβατική, δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στο υδατικό δυναμικό των βλαστών, συνεπώς, οι μεταβολές των στοματίων οφείλονται σε χημικούς παράγοντες πχ ABA. Η ποικιλία αυτή κατατάσσεται στις ανισοδρικές, όμως εδώ, η αυξημένη ανταπόκριση των στοματίων κατά το υδατικό στρες, δίνει άλλα συμπεράσματα (Collins <i>et al</i> , 2010).
Sangiovese	Ιταλία	PRD	Στα φυτά υπό στρες, τα υδατικά δυναμικά του βλαστού και της μεσημεριανής ώρας ήταν πολύ χαμηλότερα από τα αρδευόμενα. Από αυτό, συμπεραίνεται ότι η ποικιλία έχει ανισοδρικό χαρακτήρα. Η ενδογενής AXN αυξήθηκε, κάτι που συνηθίζεται σε ισοδρικές ποικιλίες. Η απόδοση δεν επηρεάστηκε ενώ, η σύνθεση των ραγών σχετικά με τα ολικά διαλυμένα στερεά και τις ανθοκυάνες, βελτιώθηκε, παρά την μειωμένη φωτοσύνθεση (Poni <i>et al</i> , 2007).
Tempranillo	Requena, Βαλένθια, Ισπανία	Rainfed-NI, 50% ET, 50% ET-PRD, 100% ET, 100% ET-PRD	Ανάλογα με το έτος τα αποτελέσματα διέφεραν. Την πρώτη χρονιά, η απόδοση ήταν χαμηλή και η άρδευση δεν επηρέασε τα σταφύλια ούτε το κρασί. Την επόμενη, η απόδοση ήταν πολύ μεγαλύτερη λόγω της αυξημένης υγρασίας, σχεδόν 1/3 περισσότερη από τα φυτά δίχως άρδευση. Στο γλεύκος τα ολικά διαλυμένα στερεά αυξήθηκαν, το ίδιο και ο αλκοολικός βαθμός του οίνου. Η PRD δεν επηρέασε σημαντικά τη φυσιολογία των αμπελιών, αλλά η ποσότητα νερού το έκανε (Intrigliolo και Castel, 2008).

Grenache, Syrah	Montpellier, Γαλλία Geisenheim, Γερμανία	1) Εβδομαδιαία άρδευση με 30Λ/αμπέλι 2) Στάγδην άρδευση με 50Λ/αμπέλι/εβδο-μάδα 3) Μη αρδευόμενα αμπέλια	Σε χαμηλότερες τιμές του Ψleaf, που ήταν μέσα στην ημέρα και στα στρεσαρισμένα φυτά, η μέγιστη στοματική αγωγιμότητα και φωτοσύνθεση, παρέμειναν στα ίδια επίπεδα για το Syrah. Αυτό, δείχνει ότι η ποικιλία έχει ανισοδρικό χαρακτήρα. Το ισοδρικό Grenache από την άλλη, δεν είχε σημαντική μείωση στο Ψleaf. Η υδραυλική αγωγιμότητα πιθανότατα ρυθμίζει το χαρακτήρα των ποικιλιών (Schultz, 2003).
Aragones	Douro, Πορτογαλία	NI, 4mm/ημέρα από άνθηση ως περκασμό, 8mm/ημέρα από άνθηση ως περκασμό, 4mm/ημέρα από περκασμό ως «εμπορική» ωρίμανση, 8mm/ημέρα από περκασμό ως «εμπορική» ωρίμανση και άρδευση από άνθηση ως «εμπορική» ωρίμανση με 8mm/ημέρα.	Για την εκτίμηση της χρήσης νερού και του στρες, μετρήθηκε: η ροή υγρών, το υδατικό δυναμικό διαφόρων ωρών, η στοματική αγωγιμότητα και η διαπνοή. Ροή, Ψ και Ε που μετρήθηκαν στις 14:00 συσχετίστηκαν έντονα με το εδαφικό νερό (Sousa <i>et al</i> , 2006).
Cabernet Sauvignon, Grenache, Merlot, Tempranillo	Ισπανία	Τα φυτά χωρίστηκαν σε αυτά με καθημερινή άρδευση και σε αυτά με προοδευτική υδατική έλλειψη. Όταν η δεύτερη κατηγορία έφτανε σε σοβαρό στρες, εφαρμοζόταν στάγδην άρδευση καθημερινά.	Σε αυτή την μελέτη της συμπεριφοράς των αμπελιών μετά από επανάρδευση, το Grenache είχε την καλύτερη προσαρμοστικότητα, την υψηλότερη AXN και εξοικονόμησε το περισσότερο νερό. Αντίθετα, το Tempranillo δεν είχε τα ίδια αποτελέσματα, όμως εγκλιματίστηκε καλύτερα από το Cabernet Sauvignon και το Merlot μετά την άρδευση (Santesteban <i>et al</i> , 2009).
Lambrusco	Κοιλάδα Ρο, Ιταλία	Half Stress Well Watered Το μισό ριζικό του κάθε φυτού ήταν σε γλάστρα. Στην πρώτη περίπτωση, στη μία γλάστρα γινόταν κατακράτηση νερού, ενώ, στην δεύτερη ποτίζονταν και οι δύο καθημερινά.	Υπό στρες, τα στομάτια εμφάνισαν αυξημένη ευαισθησία στις αλλαγές της πίεσης, παράλληλα με χαμηλή αφομοίωση CO ₂ , υψηλή AXN και διακοπή της ανάπτυξης των βλαστών. Εξαιτίας του αρκετά χαμηλότερου Ψleaf στην HS η ποικιλία χαρακτηρίζεται ανισοδρική. Η AXN των φύλλων στα στρεσαρισμένα αμπέλια ήταν μη σύμφωνη με την αντίστοιχη AXN των πρέμων. Επίσης, μερικές φορές, στα καλά αρδευόμενα, είχε υψηλότερες τιμές. Το δ ¹³ C ήταν παρόμοιο και στις δύο κατηγορίες. Συνεπώς, η εικόνα αξιοποίησης του νερού μπορεί να μην είναι ακριβής, «σαμποτάροντας» την προσπάθεια εξοικονόμησης νερού. Η απόδοση και η σύσταση των σταφυλιών στα φυτά υπό στρες ήταν σταθερή, με την συγκέντρωση ο.δ.σ. και ανθοκυανών βελτιωμένη. Κάποιες πιθανές αιτίες είναι η καλύτερη ωρίμανση, η υψηλή αναλογία φυλλικής επιφάνειας/σταφύλια και η πρόωμη παύση της ανάπτυξης (Poni <i>et al</i> , 2008).

Tempranillo	Requena, Βαλένθια, Ισπανία	<p>1) 25% ET από την άνθηση ως τον περκασμό και έπειτα 35% ET από τον περκασμό ως τον τρύγο.</p> <p>2) 50% ET από την άνθηση ως τον περκασμό και 35% ET από τον περκασμό ως τον τρύγο.</p> <p>3) Μη αρδευόμενα φυτά</p>	<p>Η απόδοση και ο λόγος της φυλλικής επιφάνειας/ απόδοση την πρώτη χρονιά είχαν αρκετά μεγαλύτερες τιμές. Διαφορές στη σύνθεση των σταφυλιών και των οίνων παρατηρήθηκαν μόνο μεταξύ των αρδευόμενων και μη, φυτών. Τα κρασιά από τα αμπέλια δίχως άρδευση είχαν πιο έντονο χρώμα, περισσότερες ολικές ανθοκυάνες και πιο έντονη οξύτητα. Την επόμενη χρονιά, η άρδευση δεν είχε τόσο έντονη επιρροή. Αρνητικά αποτελέσματα σχετικά με την σύνθεση των ραγών, παρατηρήθηκαν μόνο σε φυτά με τον λόγο της φυλλικής επιφάνειας/ απόδοση < 1.5 m²/kg (Intrigliolo και Castel, 2010).</p>
-------------	----------------------------	---	--