

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Εργαστήριο Αμπελολογίας

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΑΦΥΛΛΙΚΟΥ ΨΕΚΑΣΜΟΥ ΜΕ ΚΑΟΛΙΝΗ ΣΤΗΝ
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΑΣΥΡΤΙΚΟ (*Vitis Vinefera L.*) ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΜΠΕΛΩΝΑ

Μεταπτυχιακή διατριβή

Ευστράτιος Guillaume ΞΥΡΑΦΗΣ



AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS



DOMAINE SIGALAS

ΑΘΗΝΑ 2019

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Επιλ. Καθ. Μπινιάρη Α. (Επιβλέπουσα)

Επικ. Καθ. Παπαδάκης Ι. (Μέλος)

Αναπ. Καθ. Καλλίθρακα Σ. (Μέλος)

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα απ' όλα την καθηγήτριά μου Μπινιάρη Αικατερίνη για την συνεχή καθοδήγηση, υποστήριξη και συμπαράσταση που επέδειξε σε όλη την διάρκεια του πειράματος. Ευχαριστώ θερμά τους κα Μπούζα Δέσποινα, κο Δασκαλάκη Ιωάννη, κα Σταυρακάκη Μαριτίνα και τον φίλο και συνάδελφό μου Τέλλη Κωσταντίνο για τις συμβουλές και την υποστήριξη που μου παρείχαν κατά την διεκπεραίωση της παρούσας πτυχιακής και για τον χρόνο που αφιέρωσαν για την πραγματοποίηση του πειράματος. Τέλος ευχαριστώ θερμά τους γονείς μου που με στήριξαν αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Πίνακας περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1 Κλιματική αλλαγή και η επίδρασή της στην φυσιολογία της αμπέλου	8
1.2 Αμπελοκαλλιέργεια στην Σαντορίνη και Κλιματική Αλλαγή	10
1.3 Φωτοσύνθεση σε συνθήκες έλλειψης νερού και Υδατική καταπόνηση.	12
1.4 Μέτρηση του υδατικού δυναμικού	16
1.5 Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας	17
1.6 Σκοπός της έρευνας	18
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	18
2.1 Πειραματικός Αμπελώνας	18
2.3 Μέτρηση Υδατικού Δυναμικού.....	22
2.4 Μέτρηση της Φωτοσύνθεσης, Διαπνοής, Στοματικής Αγωγιμότητας και Χλωροφύλλης	23
2.5 Αναλύσεις σταφυλιών	23
2.6 Μετεωρολογικά δεδομένα	26
2.7 Ανάλυση δεδομένων	26
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	27
3.1 Μετεωρολογικά δεδομένα κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018	27
3.2 Επιδράσεις στην σύνθεση των σταφυλιών κατά τον τρυγητό	27
3.3 Επιδράσεις στην φυσιολογία του φυτού	29
3.3.1 Θερμοκρασία φύλλου.....	29
3.3.2 Υδατικό δυναμικό	30
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42

Συντμήσεις

CO_2	Διοξείδιο του άνθρακα
C°	Βαθμοί Κελσίου
A_{net}	Φωτοσύνθεση
g_s	Στοματική Αγωγιμότητα
WUE_i	Αποδοτικότητα χρήσης νερού
Ψ_{leaf}	Υδατικό δυναμικό φύλλου
$\Psi_{predawn}$	Υδατικό δυναμικό του φύλλου πριν την αυγή
Chl_a	Χλωροφύλλη
E	Διαπνοή
$\Delta.S.S$	Διαλυτά Στερεά Συστατικά

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής για την αειφόρο εκμετάλλευση των Μεσογειακών αμπελώνων είναι απαραίτητο η γνώση χρήσης νέων στρατηγικών προσαρμογής στα νέα κλιματολογικά δεδομένα. Οι υψηλές θερμοκρασίες και η ακτινοβολία παράλληλα με την αυξανόμενη συγκέντρωση CO² στην ατμόσφαιρα επιδρούν στο χρόνο ωρίμανσης, στην ισορροπία φαινολικής και τεχνολογικής ωρίμανσης ενώ παράλληλα επηρεάζουν την φυσιολογία των φυτών (Schultz, 2000). Η συγκεκριμένη εργασία εξετάζει την επίδραση του καολίνης στις υδατικές σχέσεις, την φωτοσύνθεση και την σύσταση των σταφυλιών της ποικιλίας Ασύρτικο σε δύο συστήματα μόρφωσης στη περιοχή της Σαντορίνης σε ξηροθερμικές συνθήκες. Η χρήση του καολίνης μείωσε τη θερμοκρασία του φύλλου και στα δύο συστήματα μόρφωσης κατά 6,2% για το γραμμικό σύστημα και 6,9% για το παραδοσιακό σύστημα. Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης υπερτερεί στην επέμβαση του καολίνης για τα δύο συστήματα μόρφωσης. Ως προς το υδατικό δυναμικό η επέμβαση του καολίνης μείωσε την υδατική καταπόνηση και στις δύο περιπτώσεις μόρφωσής με σημαντικότερη διαφορά στο γραμμικό σύστημα. Η διαπνοή του φυτού δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από την επέμβαση του καολίνης. Η φωτοσύνθεση των φυτών παρατηρήθηκε μειωμένη σε σχέση με τον μάρτυρα ενώ ως προς την στοματική αγωγιμότητα δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο καολίνης καθυστέρησε την ωρίμανση των σταφυλιών στην περίπτωση του παραδοσιακού συστήματος μόρφωσης. Ως προς τις υπόλοιπες μηχανικές μετρήσεις και γλευκογραφικές αναλύσεις του σταφυλιού δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Συνεπώς η χρήση του καολίνης μπορεί να αποτελέσει μια αποτελεσματική και οικονομική λύση όσο αφορά την υδατική εξοικονόμηση του φυτού σε ξηροθερμικές συνθήκες βελτιώνοντας την φυσιολογία του φυτού και διατηρώντας τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των σταφυλιών.

Λέξεις κλειδιά: Καολίνης, Σαντορίνη, Υδατική καταπόνηση, Αποδοτικότητα χρήσης νερού, *Vitis vinifera*.

ABSTRACT

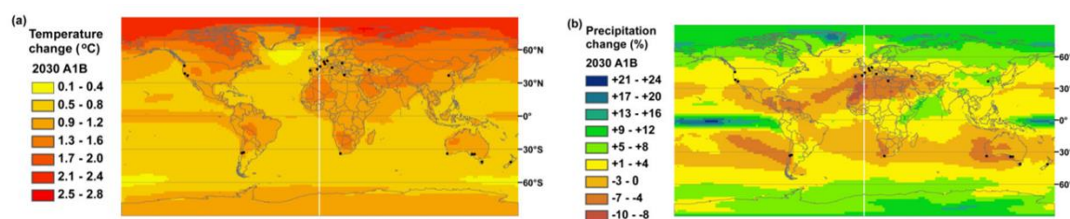
In the context of climate change and for the sustainable exploitation of Mediterranean vineyards, it is necessary to use new strategies to adapt to the new climatic conditions. High temperatures and radiation along with the increasing CO₂ concentration in the atmosphere affect the maturity process, the technological maturity, as well as the physiology of the grapevine. The aim of the present study was to investigate the effects of kaolin foliar application on water relations, photosynthesis and berry composition of grape cultivar Assyrtiko, under drought conditions in Santorini and with two different training systems. The experiment took place in the cultivation season 2017-2018 in Santorini. There were two vineyards, one with the traditional training system of Santorini 'kouloures', and one with a unilateral Guyot training system, on vines of grape cultivar Assyrtiko. In both vineyards, there were vines that underwent kaolin application and control vines. The use of kaolin reduced the leaf temperature in both training systems by 6.2% for the unilateral Guyot system and by 6.9% for the traditional system. Chlorophyll concentration was higher after kaolin application for both training systems. Regarding the water potential, the kaolin application reduced water stress in both training systems, with significant difference observed in the unilateral Guyot system. Vine transpiration did not present statistically significant difference after the kaolin application. The photosynthesis of the vines after kaolin application was lower in comparison with the control vines, while in the case of stomatal conductance, there were no statistically significant differences observed. Kaolin delayed the maturation of the grapes in the case of the traditional training system. Water use efficiency was lower in the treatments with kaolin application compared to control vines. Regarding the other mechanical properties of the grapes and analyses of the must, there were no significant differences observed between the treatments. Therefore, the application of kaolin can be an effective and economical solution for the water saving of the vines in dry conditions, while at the same time it can improve the physiology of the plant and preserve the qualitative and quantitative characters of the grapes.

Keywords: Kaolin, Santorini, *Vitis vinifera* L., water stress, water use efficiency.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Κλιματική αλλαγή και η επίδρασή της στην φυσιολογία της αμπέλου

Η κλιματική αλλαγή παγκοσμίως είναι γεγονός, αυτό έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές επιδράσεις στην αγροτική παραγωγή της οποίας τα προϊόντα εξαρτώνται άμεσα από τις μετεωρολογικές συνθήκες. Η αμπελοκαλλιέργεια έχει επηρεαστεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια από την κλιματική αλλαγή. Τα πιθανά σενάρια εξέλιξης του κλίματος όπως έχουν αναφερθεί από το GIEC (Groupement Intergouvernemental d'Experts sur le Changement Climatique), προβλέπουν ότι στα τέλη του 21^{ου} αιώνα η μέση θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά 2 με 5°C με βάση τις υποθέσεις για τις μελλοντικές εκπομπές CO² του φαινομένου του θερμοκηπίου. Βέβαια τα παραπάνω σενάρια διαφοροποιούνται ανάλογα την εποχή και την περιοχή που βρισκόμαστε. Η Ευρώπη κατέχει το 38% του παγκόσμιου αμπελώνα που βρίσκεται σε μεσογειακό κλίμα, ο οποίος χαρακτηρίζεται από μεγάλες παραγωγικές εποχές, μεσαίες έως υψηλές θερμοκρασίες και άνυδρα καλοκαίρια.



Εικόνα-Διάγραμμα 1,2 Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην περιοχές αμπελοκαλλιέργειας και πρόβλεψη της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης (Webb et al., 2013).

Σύμφωνα με τους Hannah et al., (2013) στις περισσότερες περιοχές αμπελοκαλλιέργειας, όπου θα σημειωθεί αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 2-4 °C, θα παρουσιαστούν σημαντικές αλλαγές στην βιοχημεία και φυσιολογία της αμπέλου. Η παραλλακτικότητα του κλίματος και τα ακραία καιρικά φαινόμενα (καταιγίδες, λειψυδρία και δυνατοί άνεμοι) φαίνεται ότι θα είναι πιο συχνά τα επόμενα χρόνια. Η άμπελος είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στα χαρακτηριστικά και τις αλλαγές του κλίματος ειδικότερα όταν κρίσιμα αναπτυξιακά στάδια όπως η άνθηση (Stock et al. 2004). Οι υψηλές θερμοκρασίες και η ακτινοβολία παράλληλα με την αυξανόμενη συγκέντρωση CO² στην ατμόσφαιρα επιδρούν στην διαπνοή (Schultz, 2000), στις στρεμματικές αποδόσεις και στις διεργασίες που συνθέτουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σταφυλιού όπως τα αρώματα, φαινολικές ενώσεις, σάκχαρα, οξέα (Gladstones 1992; Jones 2005; Webb et al. 2007). Οι παραπάνω αλλαγές που

περιλαμβάνουν μεγάλες περιόδους υψηλών θερμοκρασιών και ξηρασίας οδηγούν στην αναζήτηση νέων τεχνικών καλλιέργειας (ως προς την διαχείριση της φυλλικής επιφάνειας, άρδευσης, λίπανσης) και μέσων για την πρόληψη και αντιμετώπιση των επιπτώσεων των παραγόντων της κλιματικής αλλαγής στην άμπελο και συνεπώς στο κρασί. Συνεπώς η κλιματική αλλαγή θα αναγκάσει του παραγωγούς να αλλάξουν στρατηγική ως προς τον τρόπο διαχείρισης της αμπελοκαλλιέργειας για την αντιμετώπιση του καύσωνα και της ξηρασίας (Costa et al. 2016).

Συγκεκριμένα, η έρευνα αποδεικνύει πως η επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών, σε συνδυασμό με την έλλειψη νερού ή/και την καταγραφή ακραίων καιρικών φαινομένων (όπως έντονες βροχοπτώσεις ή χαλαζοπτώσεις), μπορούν να προκαλέσουν ακόμα και την πλήρη απώλεια της συγκομιδής, ανάλογα με το φαινολογικό στάδιο στο οποίο αυτές παρατηρούνται. Επίσης, παρατηρήθηκε σημαντική προΐμιση της τεχνολογικής ωρίμανσης της σταφυλής με σημαντική αύξηση των σακχάρων στο γλεύκος, αρνητικές επιπτώσεις στα ποιοτικά (οξύτητα, αρωματικές και χρωστικές ενώσεις) και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων οίνων καθώς και αύξηση του αλκοολικού τίτλου (vol.%) στους οίνους.

Ουσιαστικές λύσεις στα παραπάνω προβλήματα μπορεί να δώσει η χρήση συγκεκριμένων φυτικών ουσιών (πινολίνη), ορυκτών (καολίνης, ζεόλιθος) ή αδρανοποιημένων ζυμομυκήτων για την αντιμετώπιση των βιοτικών (εχθροί και ασθένειες) και αβιοτικών (έλλειψη νερού και υψηλές θερμοκρασίες) συνθηκών οδηγώντας σε μια αειφορική διαχείριση του αμπελώνα.

Επίσης, οι συνθήκες αυτές μπορούν να λειτουργήσουν ευνοϊκά για την εξάπλωση κάποιων εχθρών (Ευδεμίδα, Ψευδόκοκκος, κ.α.) και ασθενειών (Βοτρύτης, Περονόσπορος, κ.α.) της αμπέλου.

Για την αντιμετώπιση αυτών των φαινομένων, σημαντικό ρόλο μπορεί να διαδραματίσει η χρήση αδρανών ουσιών, που όταν εφαρμοστούν κατάλληλα στο αμπελώνα μπορούν να μειώσουν τόσο τις βιοτικές όσο και τις αβιοτικές καταπονήσεις των φυτών. Παράλληλα, και παρόλο που το αμπέλι, αποτελεί παραδοσιακά μια μη άρδευόμενη καλλιέργεια, καθιερώθηκε πρόσφατα η ρυθμιζόμενη ελλειμματική άρδευση, μετά την καρπόδεση και έως την ωρίμανση, για να αυξήσει την χαμηλή απόδοση των αμπελοκομικών εκτάσεων, που εύκολα μπορεί να καταγραφεί σε

παρατεταμένη άνυδρη θερινή περίοδο και ταυτόχρονα να επιφέρει αύξηση στην αποδοτικότητα χρήσης νερού (WUE) λόγω μείωσης της στοματικής διαπνοής.

1.2 Αμπελοκαλλιέργεια στην Σαντορίνη και Κλιματική Αλλαγή

Η διεπιστημονική Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής επισημαίνει ότι στην Ελλάδα αναμένεται μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα, αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα κατά 3-4 °C, αύξηση της (προσπίπτουσας) ηλιακής ακτινοβολίας κατά 2,3-4,5 Wm⁻², διπλασιασμός της συγκέντρωσης του CO₂ της ατμόσφαιρας και μείωση της βροχόπτωσης κατά 5-19%.

Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα κατά 2 °C, θα προκαλέσει αλλαγές στον αμπελουργικό χάρτη της Ευρώπης ο οποίος θα επανέλθει στην πριν από τη Μικρή Παγετώδη Εποχή (16ος-19ος αιώνας) μορφή, και η καλλιέργεια της αμπέλου θα είναι πάλι δυνατή σε βορειότερα γεωγραφικά πλάτη.

Το εύρος και η ένταση των επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής στον μεσογειακό αμπελώνα θα εξαρτηθούν από την αμπελουργική περιοχή, την καλλιεργούμενη ποικιλία αμπέλου και την αμπελοκομική τεχνική. Αμπελώνες βορειότερου γεωγραφικού πλάτους ή ορεινών και ημιορεινών περιοχών μάλλον θα ευνοηθούν από τη μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα και πιθανά από την αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας

Οι αμπελώνες του νότου και ειδικότερα η Κρήτη και τα νησιά του Αιγαίου θα βρεθούν σε δυσχερή θέση λόγω της κλιματικής αλλαγής. Αλλά και εντός των αμπελώνων αυτών θα υπάρξει διαφοροποίηση ανάλογα με την ποικιλία και την αμπελουργική περιοχή.

Ειδικότερα στον σαντορινιό αμπελώνα οι κλιματικές συνθήκες βρίσκονται από πλευράς θερμοκρασίας και ηλιοφάνειας κοντά στο ανώτατο όριο για τις περισσότερες από τις καλλιεργούμενες ποικιλίες που σε συνδυασμό με τη συνεχή μείωση των βροχοπτώσεων και το φαινόμενο της ημι-ερημοποίησης, αναμένεται να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα στη βιολογία και αναπτυξιακή φυσιολογία των πρέμνων.

Με βάση τον βιοκλιματικό δείκτη των βαθμοημερών, οι αμπελουργικές περιοχές της Σαντορίνης κατατάσσονται στην ανώτερη, V, κατηγορία, (κατά Amerine και Winkler), στην οποία το ενεργό θερμικό άθροισμα κατά την περίοδο βλάστησης (Απρίλιος – Οκτώβριος) υπερβαίνει τους 2220°C. Αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 1°C στα επόμενα 20-30 χρόνια συνεπάγεται αύξηση του βιοκλιματικού δείκτη κατά 250-300 βαθμοημέρες. Φαίνεται ότι μερικές από τις σαντορινίες-κυκλαδίτικες ποικιλίες πιθανόν να μην είναι σε θέση να παράγουν οίνους ποιότητας τα επόμενα χρόνια. Και στο πιο δυσμενές σενάριο, της μεγαλύτερης δηλαδή αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, είναι πιθανόν να υπάρξει πρόβλημα επιβίωσης σε σημαντικό τμήμα του σαντορινιού αμπελώνα (για παράδειγμα στην περιοχή της Οίας).

Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα αναμένεται να επηρεάσει τον χρόνο εμφάνισης και τη διάρκεια των φαινολογικών σταδίων της αμπέλου, και κυρίως την πορεία ωρίμανσης των σταφυλών και την ποιότητα των παραγόμενων οίνων. Στον κρητικό αμπελώνα παρατηρείται ήδη προϊμότερη εκβλάστηση των λανθανόντων οφθαλμών, μείωση της χρονικής διάρκειας των κύριων φαινολογικών σταδίων και αισθητή προίμιση του περκασμού και της πλήρους (εμπορικής και τεχνολογικής) ωρίμανσης των σταφυλών, με όλες τις συνακόλουθες επιπτώσεις στις φυσιολογικές λειτουργίες, καθώς και στην ποιότητα και την ποσότητα της παραγωγής. Το 2018 η πλήρης ωρίμανση και ο τρύγος έγιναν νωρίτερα κατά 10 μέρες ανάλογα με την ποικιλία και την περιοχή. Όλα τα δεδομένα συνηγορούν ότι η ωρίμανση των σταφυλών θα γίνεται σε ολοένα και υψηλότερες θερμοκρασίες, με ό,τι αυτό συνεπάγεται για την ανάπτυξη του φαινολικού και του αρωματικού χαρακτήρα του γλεύκους και συνακόλουθα των οίνων.

Αντίθετα ο συνεχής εμπλουτισμός της ατμόσφαιρας με CO₂ αναμένεται να έχει και ευεργετική επίδραση στην παραγωγικότητα των πρέμων (αύξηση της φωτοσυνθετικής ταχύτητας, μείωση της αγωγιμότητας των στοματίων, αύξησης της αποτελεσματικότητας χρήσης του νερού) τόσο των επιτραπέζιων ποικιλιών όσο και των ερυθρών ποικιλιών οινοποιίας.

Αλλά η πιθανολογούμενη κλιματική αλλαγή εκτός από την άμεση επίδραση στη βιολογία και τη αναπτυξιακή φυσιολογία της αμπέλου αναμένεται να παίζει σημαντικό

ρόλο στη διασπορά και την ένταση των προσβολών από εχθρούς και ασθένειες, η την εμφάνιση νέων ζιζανίων κοκ.

Είναι προφανές ότι η ορθολογική και αποτελεσματική αντιμετώπιση των προβλημάτων που θα προκαλέσει η κλιματική αλλαγή στον σαντορινιό αμπελώνα (όπως βεβαίως και στις άλλες αμπελουργικές περιοχές της χώρας) αλλά και η βέλτιστη αξιοποίηση των θετικών επιδράσεων, προϋποθέτει ολοκληρωμένο πρόγραμμα που θα περιλαμβάνει βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα μέτρα.

Στα βραχυπρόθεσμα μέτρα περιλαμβάνονται (ενδεικτικά) η διαχείριση της βλάστησης με την εφαρμογή των κατάλληλων χλωρών κλαδεμάτων, η τροποποίηση των συστημάτων μόρφωσης και υποστύλωσης των πρέμων, η διαχείριση του υδατικού δυναμικού, η χρήση των νέων τεχνολογιών της αμπελουργίας της ακριβείας για οικονομικότερη και αποτελεσματικότερη διαχείριση του αμπελώνα.

Στα μακροπρόθεσμα, μεταξύ άλλων η ανάδειξη επιθυμητών κλώνων των πιο σημαντικών ποικιλιών, η πυκνή φύτευση και η μόρφωση των πρέμων σε χαμηλά σχήματα των νέων αμπελώνων, η ποικιλιακή αναδιάρθρωση κ.ά..

1.3 Φωτοσύνθεση σε συνθήκες έλλειψης νερού και Υδατική καταπόνηση.

Η φωτοσυνθετική λειτουργία, παρουσιάζεται εξαιρετικά ευαίσθητη σε συνθήκες έλλειψης νερού και υδατικής καταπόνησης. Η διαθέσιμη ποσότητα νερού στο φυτό είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που ρυθμίζουν την φωτοσυνθετική απόδοση, αφού η απόδοση αυτή μειώνεται με την έλλειψη νερού. Η έλλειψη νερού, μπορεί να αναστείλει τη φωτοσύνθεση με α) την ελάττωση της επιφάνειας των φύλλων, β) το κλείσιμο των στοματίων και γ) την ελάττωση της υδάτωσης του πρωτοπλάσματος. Το κλείσιμο των στοματίων, περιορίζει την πρόσληψη του CO₂ και μειώνει τη φωτοσύνθεση. Δεν είναι ασύνηθες για τα φυτά να εμφανίζουν αρχόμενο μαρασμό κατά τη θερμή περίοδο της ημέρας προκαλώντας κλείσιμο των στοματίων και προσωρινό σταμάτημα πρόσληψης CO₂. Η έλλειψη του νερού, μπορεί επίσης να αλλάξει την ενυδάτωση των πρωτεϊνών, επηρεάζοντας έτσι τη δραστηριότητα τους. Οι παραπάνω επιδράσεις έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή του μεταβολισμού και ειδικά για την περίπτωση της φωτοσύνθεσης, την ελάττωση της απόδοσης της (Καράταγλης, 1999). Στα αμπέλια, όπως και σε άλλα φυτικά είδη, έχει περιγραφεί μια καμπυλόγραμμη

συσχέτιση μεταξύ της στοματικής αγωγιμότητας και της καθαρής φωτοσύνθεσης. Λόγω αυτής της συσχέτισης και στο γεγονός ότι το κλείσιμο των στοματιών είναι από τα πρώτα γεγονότα που συμβαίνουν κάτω από συνθήκες έλλειψης νερού-ξηρασίας, θεωρήθηκε ότι η ξηρασία που προκαλεί μείωση της φωτοσύνθεσης γίνεται μέσω του κλεισίματος των στοματιών (Schachtman and Goodger, 2008). Κάτω από ήπιο υδατικό στρες, είναι πιθανό ότι η φωτοσύνθεση της αμπέλου καταστέλλεται σχεδόν αποκλειστικά από το κλείσιμο των στοματιών, όπως φαίνεται από την αύξηση της αποδοτικής χρήσης νερού (WUE). Αυτό πιθανώς να είναι ένα γενικό χαρακτηριστικό για τα περισσότερα είδη. Χρησιμοποιώντας την στοματική αγωγιμότητα (g_s) σαν μια ολοκληρωμένη παράμετρο που αντικατοπτρίζει τη βαρύτητα της υδατικής καταπόνησης, διαφορετικές ποικιλίες αμπέλου ή ακόμη και διαφορετικά είδη C3, ακολούθησαν μια παρόμοια πορεία, της προς τα κάτω ρύθμισης των διαφορετικών φωτοσυνθετικών παραμέτρων στο πλαίσιο της σταδιακής εξάντλησης νερού του εδάφους (Κανάκης, 2007). Στην περίπτωση της αμπέλου, αυτή η παρατήρηση είναι σύμφωνη, με την παραπάνω περιγραφή μιας σχεδόν ισουδρικής συμπεριφοράς σε πολλές προσαρμοσμένες στην ξηρασία ποικιλίες, και με την υπόδειξη πως το αμψισσικό οξύ (ABA) του οποίου η σύνθεση επάγεται με το κλείσιμο των στοματιών και χωρίς τη μείωση του υδατικού δυναμικού των φύλλων είναι η πιο άμεση απόκριση των φύλλων στην ξηρασία. Χρησιμοποιώντας την στοματική αγωγιμότητα (g_s), ως μια ολοκληρωμένη παράμετρο της ξηρασίας, τρεις φάσεις της φωτοσυνθετικής απόκρισης μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα τη βαθμίδα του υδατικού στρες τις οποίες μοιράζονται από κοινού διαφορετικές ποικιλίες αμπέλου. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι φάσεις: (Cifre et al., 2005).

Στοματική Αγωγιμότητα g_s (mol H₂O m⁻² sec⁻¹)	Επιδράσεις
$g_s \geq 0,15$	Η φωτοσυνθετική δραστηριότητα μειώνεται αργά, δεν παρατηρείται μεταβολή στον ρυθμό μεταφοράς ηλεκτρονίων και η αποδοτικότητα χρήσης νερού αυξάνεται.
$0,15 \geq g_s \geq 0,05$	Η παροχή του CO ₂ μειώνεται δραστικά λόγω του κλεισίματος των στοματιών και

	έτσι μειώνεται σημαντικά η φωτοσύνθεση. Παράλληλα μειώνεται ο ρυθμός μεταφοράς ηλεκτρονίων ενώ η αποδοτικότητα χρήσης νερού αυξάνεται φτάνοντας σε ένα μέγιστο για τιμή $g_s = 0,05 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.
$g_s < 0,05$	Η φωτοσύνθεση μειώνεται δραστικά και οι τιμές του ρυθμού μεταφοράς ηλεκτρονίων και της αποδοτικότητας χρήσης νερού πέφτουν σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Πίνακας 1 Επίδραση του μεγέθους της στοματικής αγωγιμότητας στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα.

Η διαθεσιμότητα του νερού στο περιβάλλον επηρεάζει την ανάπτυξη και την επιβίωση των φυτικών οργανισμών. Οι δυσμενείς επιδράσεις της υδατικής καταπόνησης, εξετάζονται συνήθως υπό το πρίσμα της έλλειψης και όχι της περίσσειας νερού. Η υδατική καταπόνηση, εμφανίζεται είτε με τη μορφή της αφυδάτωσης, είτε της οσμωτικής καταπόνησης. Το κοινό χαρακτηριστικό και των δύο περιπτώσεων είναι η διαμόρφωση χαμηλού υδατικού δυναμικού του νερού (και επομένως ελλείμματος νερού) στους φυτικούς ιστούς. Τα φυτά, έχουν αναπτύξει τρεις κυρίως στρατηγικές για την αντιμετώπιση της υδατικής καταπόνησης: την διαφυγή, την ανθεκτικότητα, και την αποφυγή. Η διαφυγή αφορά την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου με επάρκεια νερού εντός της ευνοϊκής περιόδου. Η ανθεκτικότητα, αναφέρεται στη διατήρηση στοιχειώδους μεταβολικής δραστηριότητας ακόμη και σε πολύ χαμηλά επίπεδα υδατικού δυναμικού. Τέλος, η αποφυγή της οποίας οι κύριες παραλλαγές της στρατηγικής αυτής είναι η αποφυγή με οικονομία νερού και η αποφυγή με κατανάλωση νερού, αφορά τη διατήρηση του υδατικού δυναμικού των κυττάρων σε σχετικά υψηλά επίπεδα με αποτέλεσμα τα κύτταρα των ιστών τους να μην αφυδατώνονται. Η άμπελος, αντιμετωπίζει την υδατική καταπόνηση με τη στρατηγική της ανθεκτικότητας (Καραμπουρνιώτης, 2003). Οι επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης στη φυσιολογία της αμπέλου συνοψίζονται ως εξής:

1. Στη φωτοσυνθετική λειτουργία: Κλείσιμο στοματίων: Το κλείσιμο των στοματίων είναι η αμεσότερη απόκριση της αμπέλου στην υδατική καταπόνηση και η κυριότερη (σχεδόν αποκλειστική), αιτία επιβράδυνσης της φωτοσύνθεσης σε συνθήκες ήπιου υδατικού στρες. Η υδατική καταπόνηση, μειώνει την Τεχνικές ελλειμματικής άρδευσης στην καλλιέργεια αμπελιού διαπνοή, τη φωτοσύνθεση, καθώς και τη συγκέντρωση του CO₂ στο μεσόφυλλο.

2. Στη βλαστική ανάπτυξη της αμπέλου: Η κυτταρική μεγέθυνση εξαρτάται από τη σπαργή του κυττάρου. Συνεπώς, η αναστολή της αύξησης των βλαστών και των φύλλων αποτελεί την πρώτη αντίδραση της αμπέλου στην υδατική καταπόνηση. Αντίθετα, η αύξηση της ρίζας αναστέλλεται σε μικρότερο βαθμό. Η ρίζα συγκεντρώνει ιόντα K⁺ καθώς και σάκχαρα και αμινοξέα ώστε να διατηρεί ένα χαμηλό υδατικό δυναμικό που της επιτρέπει να συντηρεί αφενός την απορρόφηση νερού (και να αποφεύγει τις εμβολές των αγγείων) και αφετέρου την είσοδο του κατεργασμένου χυμού (και να συνεχίζει την αύξηση της προς βαθύτερα στρώματα).

3. Στη φυσιολογία της αναπαραγωγής της αμπέλου: Το υδατικό στρες μειώνει την παραγωγή στην ίδια και την επόμενη βλαστική περίοδο ιδιαίτερα όταν επέρχεται νωρίς στην βλαστική περίοδο. Περισσότερο ευαίσθητο στάδιο για τις ταξιανθίες είναι λίγο πριν και κατά τη διάρκεια της άνθησης, οπότε η έλλειψη νερού επηρεάζει αρνητικά την παραγωγή γύρης, την επικονίαση και την γονιμοποίηση. Ακόμη, το υδατικό στρες επιδρά αρνητικά επί της διαφοροποίησης ανθικών καταβολών στους λανθάνοντες οφθαλμούς παρότι το ήπιο υδατικό στρες μπορεί να έχει θετικό αποτέλεσμα. Στην περίπτωση εφαρμογής ήπιου υδατικού στρες, κατά την εκβλάστηση των λανθανόντων οφθαλμών, η ταχύτητα αύξησης του βλαστού μειώνεται, οι νέοι έλικες που σχηματίζονται έχουν μικρό μήκος, ενώ σε σοβαρότερη υδατική καταπόνηση η ανασχέση της αύξησης του βλαστού συνεχίζεται με αποτέλεσμα τα νέα φύλλα να επικαλύπτουν την αυξανόμενη κορυφή του βλαστού. Στην περίπτωση αυτή, οι μεν αυξανόμενες κορυφές παίρνουν χρώμα πράσινο σκούρο, οι δε μη ξυλοποιημένες έλικες καθίστανται ιδιαίτερα ευαίσθητες στην έλλειψη νερού και αρχίζουν να μαραίνονται πριν από τα φύλλα. Επομένως, η ζωνρότητα του βλαστού και οι χαρακτήρες της αυξανόμενης κορυφής του βλαστού και των ελίκων, μπορούν να αποτελέσουν μακροσκοπικούς δείκτες της υδατικής κατάστασης των πρέμων και της έναρξης της υδατικής καταπόνησης. Υποστηρίζεται ότι πρώιμη, μετά την εκβλάστηση των

λανθανόντων οφθαλμών, σχετική έλλειψη νερού, επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη των ταξιανθιών οι οποίες εξαιτίας και της μείωσης της ζωηρότητας των βλαστών είναι σε θέση να ανταγωνισθούν για την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων (Σταυρακάκης, 2013). Επιπροσθέτως, η έλλειψη νερού κατά τη φάση 1 της αύξησης της ράγας μειώνει το τελικό βάρος της ράγας λόγω της μείωσης των κυτταροδιαίρεσεων. Στη φυσιολογία της ωρίμανσης της ράγας: Σοβαρή υδατική καταπόνηση ιδιαίτερα κατά την περίοδο της έντονης κυτταροδιαίρεσης, προκαλεί ανάσχεση του ρυθμού αύξησης, που συνεπάγεται σημαντική μείωση του μεγέθους των ραγών και συνολικά του φορτίου, αφού μειώνεται η ταχύτητα της φωτοσύνθεσης ή αποφύλλωσης του βασικού τμήματος του βλαστού, μειώνεται ο αριθμός των μεσοκαρδίων, μαραίνονται και ακολούθως ξηραίνονται οι έλικες, νεκρώνεται πρώιμα ο επάκριος οφθαλμός, καθώς και τμήματα των σταφυλών, ενώ σημαντικές είναι και οι επιπτώσεις στο χρόνο ωρίμανσης και στην ποιότητα των σταφυλιών. Αντίθετα, ήπια έως μέτρια υδατική καταπόνηση κάτω από ορισμένες συνθήκες είναι δυνατόν να βελτιώσει τους ποιοτικούς χαρακτήρες και να επιταχύνει την ωρίμανση των σταφυλιών μέσω της μείωσης της ζωηρότητας της βλάστησης και της αύξησης της συγκέντρωσης των σακχάρων στις ράγες, της δημιουργίας ευνοϊκού μικροκλίματος στη ζώνη καρποφορίας, της άμβλυνσης του ανταγωνισμού μεταξύ βλάστησης και καρποφορίας, άρα και της καλύτερης θρέψης των ραγών και της μέχρι ενός ορίου μείωσης του μεγέθους των ραγών. Η βελτίωση του χρώματος των ερυθρών ποικιλιών που παρατηρείται σε ήπια υδατική καταπόνηση οφείλεται κυρίως στη μείωση του μεγέθους των ραγών (βελτίωση του λόγου φλοιός: σάρκα) αλλά και στην αύξηση της βιοσύνθεσης των ανθοκυανών. Ανάλογα με την καλλιεργούμενη ποικιλία, ήπια έως μέτρια υδατική καταπόνηση κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, γενικά βελτιώνει τους χαρακτήρες ποιότητας οίνων. Επισημαίνεται όμως ότι ίδιας έντασης υδατική καταπόνηση που βελτιώνει την παραγωγή των ερυθρών ποικιλιών οινοποιίας μπορεί να προκαλέσει σημαντική υποβάθμιση των οίνων των λευκών ποικιλιών. Επομένως, τα ερευνητικά δεδομένα που αφορούν τις ερυθρές ποικιλίες αμπέλου δεν μεταφέρονται μηχανιστικά και στις λευκές ποικιλίες (Ρουμπελάκη Α. κ.α 2011, Σταυρακάκης, 2013).

1.4 Μέτρηση του υδατικού δυναμικού

Η μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων χρησιμοποιείται ως δείκτης της υδατικής κατάστασης των φυτών. Η μέτρηση αυτή πραγματοποιείται στον αγρό με τον

θάλαμο πίεσης το σχεδιάστηκε από τους Scholander et al. (1965). Με τον θάλαμο πίεσεως μετρηθεί το υδατικό δυναμικό με 3 διαφορετικές μεθοδολογίες :

Ψ_{predawn} (μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων πριν την αυγή): Μετράται η υδατική κατάσταση των πρέμνων ενώ οι απώλειες είναι μηδενικές (δηλαδή τα στομάτια είναι κλειστά) και παρέχει πληροφορίες για το δυναμικό του εδαφικού ύδατος, καθώς θεωρείται ότι το υδατικό δυναμικό πριν την αυγή ισούται με αυτό του εδάφους.

Ψ_{leaf} (μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων το ηλιακό μεσημέρι) : Η μέτρηση πραγματοποιείται σε ένα φύλλο και εκφράζει την υδατική κατάσταση του φύλλου. Εξαρτάται από το έλλειμα υδρατμών της ατμόσφαιρας, την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, την διαθεσιμότητα του νερού, την υδραυλική αγωγιμότητα του φυτού και την κατάσταση των στοματίων.

Ψ_{stem} (μέτρηση του υδατικού δυναμικού του βλαστού) : Η μέτρηση αυτή γίνεται το ηλιακό μεσημέρι σε φύλλο που δεν διαπνέει ώστε το υδατικό δυναμικό του να εξισωθεί με αυτό του βλαστού που τα φέρει. Η ημερήσια μεταβολή του, είναι αποτέλεσμα της συνολικής διαπνοής του φυτού και της εδαφικής και ριζικής-εδαφικής υδραυλικής αγωγιμότητας.

Σε έρευνα του Chone et al. (2001) θεωρούν ότι πιο αξιόπιστοι δείκτες της υδατικής κατάστασης των πρέμνων ενός αμπελώνα είναι το Ψ_{stem} και το Ψ_{predawn} .

1.5 Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Σε πείραμα τριών καλλιεργητικών περιόδων (2012-2014) που πραγματοποιήθηκε από τους Brillante et al. 2016 στην Καλαβρία της Νότιας Ιταλίας στην ποικιλία Cabernet Sauvignon όπου έγινε ψεκασμός με καολίνη και με το φυσικό αντιδιαπνευστικό την πινολίνη, αποδείχθηκε ότι η χρήση του καολίνη βελτίωσε την αποδοτική χρήση του νερού στις επικροτούμενες ξηροθερμικές συνθήκες. Ενώ βελτίωσε σημαντικά της ποιότητα του σταφυλιού και την εκτίμηση του κρασιού σε αυτές τις συνθήκες. Η χρήση του καολίνη αύξησε αποτελεσματικά το WUE_i κατά την διάρκεια της ξηρασίας ενώ δεν είχε αρνητικά αποτελέσματα στον αριθμό, το βάρος και τα σάκχαρα των σταφυλλών. Η συγκέντρωση των ανθοκυάνων παρατηρήθηκε αυξημένη στην επέμβαση του καολίνη. Τα κρασιά που παρήχθησαν από την επέμβαση του καολίνη εκτιμήθηκαν καλύτερα από εκείνα της επέμβασης της πινολίνης. Τα παραπάνω συμφωνούν και με το πείραμα των Dinis et al. 2017 όπου επιβεβαιώνουν ότι ο καολίνης

αποτελεί μία οικονομική και αποδοτική λύση στην εξοικονόμηση του νερού στο φυτό. Συγκεκριμένα παρατήρησαν ότι ο καολίνης μείωσε την θερμοκρασία του φύλλου, μείωσε το υδατικό στρες ενώ βελτίωσε την συνολική φυσιολογική κατάσταση των φυτών.

1.6 Σκοπός της έρευνας

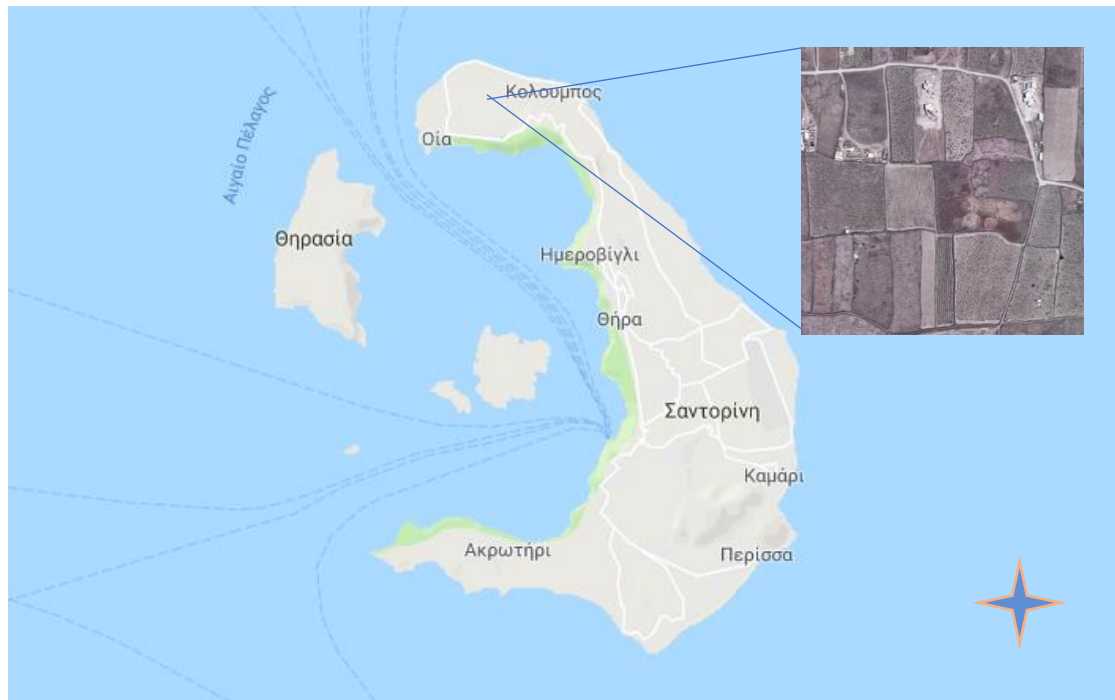
Στην παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε σύγκριση του διαφυλλικού ψεκασμού του καολίνης με έναν απέκαστο μάρτυρα σε δύο συστήματα μόρφωσης (Guyot και Κουλούρα) της ποικιλίας Ασύρτικο στις ξηροθερμικές συνθήκες της Σαντορίνης. Σκοπός της εργασίας είναι να μελετηθεί ότι η χρήση του καολίνης αποτελεί μια αποτελεσματική και οικονομική λύση στην υδατική οικονομία και προστασία του φυτού από τις ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής διασφαλίζοντας την αειφορία του Σαντορινιού αμπελώνα, διατηρώντας ή και βελτιώνοντας την ποιότητα του σταφυλιού.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματικός Αμπελώνας

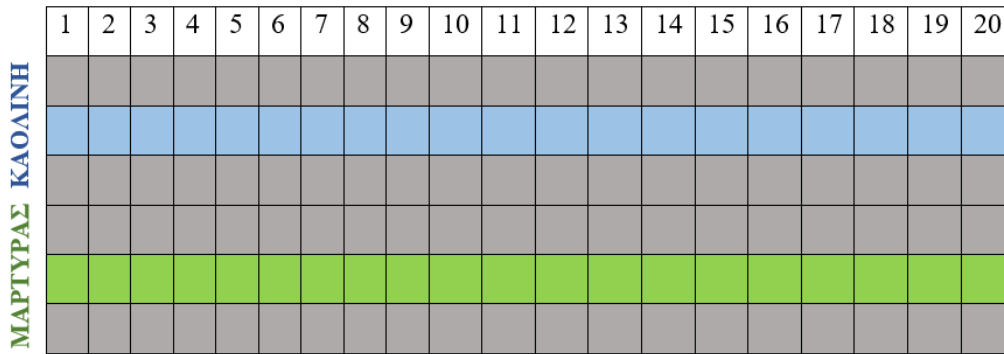
Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στους αμπελώνες του κτήματος Σιγάλα την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 σε 4 ετών γραμμικό αρδευόμενο αμπέλι με όνομα Δίπλα Γεροντάμπελο, διαμορφωμένο σε μονόπλευρο Guyot και σε παραδοσιακό ξηρικό αμπέλι με όνομα Πολίτης, διαμορφωμένο σε καλάθια-κουλούρες στην τοποθεσία της Οίας Σαντορίνης, Ελλάδα. Και στις δύο περιπτώσεις η καλλιεργούμενη ποικιλία είναι το Ασύρτικο φυτεμένο με αυτόριζα φυτά. Στην περίπτωση του αμπελιού Δίπλα Γεροντάμπελο ο προσανατολισμός των γραμμών είναι Βορράς-Νότος διαμορφωμένο σε σύστημα Guyot με μία αμολυτή με 6-8 οφθαλμούς με αποστάσεις φύτευσης 2x0,9x0,9m, η πυκνότητα φύτευσης είναι 7700φυτά/ha και συνολικής έκτασης 0,3ha. Στην περίπτωση του αμπελιού Πολίτης, οι αποστάσεις φύτευσης είναι κατά μέσο όρο 2x2m, η πυκνότητα φύτευσης \approx 2500/ha και συνολική έκταση 0,6ha.

Ως προς το έδαφος τα δύο αμπέλια (Δίπλα Γεροντάμπελο, Πολίτης) είναι γειτονικά συνεπώς έχουν παρόμοια εδαφολογική σύσταση. Πρόκειται περί εδάφους ελαφριάς μηχανικής σύστασης -πηλοαμμώδες έδαφος, όξινης αντίδρασης pH μηδενικής περιεκτικότητας σε ανθρακικό ασβέστιο, μέτριας περιεκτικότητας σε οργανική ουσία 1% και υψηλή αλατότητα.



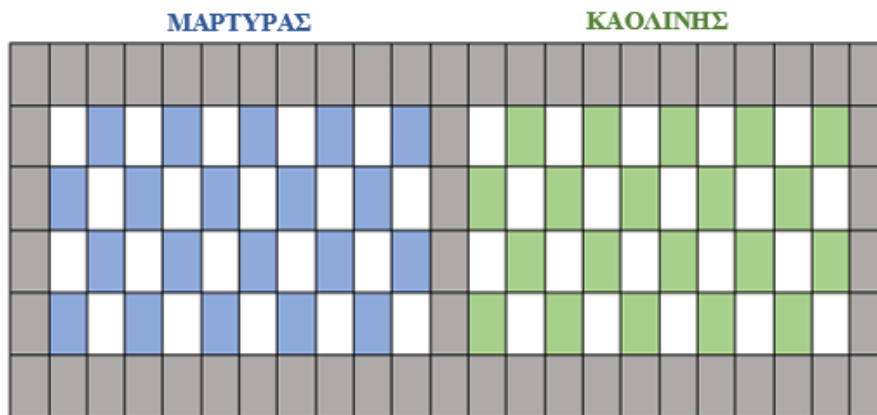
Εικόνα 1 Τοποθεσία αμπελοτεμαχίων.

Το πείραμα αποτελείται από 2 μεταχειρίσεις την μεταχείριση του Καολίνη και ένα Μάρτυρα δηλαδή το ανέκαστο μέρος. Οι μεταχειρίσεις συμβολίζονται αντίστοιχα ως Κ και Μ. Για την περίπτωση του Κ πραγματοποιήθηκαν 3 ψεκασμοί με τον πρώτο να εφαρμόζεται στο στάδιο της πράσινης ράγας. Σκοπός των ψεκασμών ήταν να παραμείνει η φυλλική επιφάνεια άσπρη σε όλα τα στάδια μέχρι την τεχνολογική ωρίμανση. Οι ψεκασμοί πραγματοποιήθηκαν με την χρήση ψεκαστικού, πρωινές ώρες σε συνθήκες άπνοιας ανέμου. Χρησιμοποιήθηκε η συνιστώμενη δόση Καολίνης 5kg/100L νερού και προσθήκη προσκολλητικού. Το σκεύασμα που χρησιμοποιήθηκε για την συγκεκριμένη μεταχείριση ήταν το Surround WP CROP PROTECTANT.



Εικόνα 2 Πειραματικός σχεδιασμός αμπελοτεμαχίου με ονομασία Δίπλα Γεροντάμπελο.

Στην **Εικόνα 2** απεικονίζεται ο πειραματικός σχεδιασμός του αμπελιού Δίπλα Γεροντάμπελο. Επιλέχτηκαν 20 πρέμνα ανά μεταχείριση, με γαλάζιο χρώμα η μεταχείριση του καολίνη και με πράσινο ο μάρτυρας. Οι γκρι γραμμές είναι τα όρια.



Εικόνα 3 Πειραματικός σχεδιασμός αμπελοτεμαχίου με ονομασία Πολίτης.

Στην **Εικόνα 3** απεικονίζεται ο πειραματικός σχεδιασμός του αμπελιού Πολίτης. Και σε αυτή την περίπτωση επιλέχτηκαν 20 πρέμνα ανά μεταχείριση, με χαλάζιο χρώμα ο καολίνης και με πράσινο χρώμα ο μάρτυρας.

Και στις 2 περιπτώσεις κάθε μεταχείριση είχε 4 επαναλήψεις από 5 πρέμνα.



Εικόνα 4 Πειραματικός αμπελώνας Δίπλα Γεροντάμπελο



Εικόνα 6 Πειραματικός αμπελώνας Πολίτης



Εικόνα 5 Σταφυλή της μεταχείρισης του καολίνη



Εικόνα 7 Διαφυλλικός ψεκασμός με καολίνη

2.2 Τρύγος της Σαντορίνης για το έτος 2018

Ο τρύγος του 2018 για τον σαντορινιό αμπελώνα καταγράφεται ως ένας από τους χαμηλότερους σε παραγωγή τα τελευταία 20 χρόνια, ενώ παράλληλα φαίνεται να είναι και ένας από τους πρωιμότερους τρύγους στην πρόσφατη ιστορία του νησιού.

Το κλίμα της Σαντορίνης κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 χαρακτηρίστηκε από έναν ήπιο χειμώνα, και μια θερμή και άνυδρη, με έντονους ανέμους άνοιξη. Το καλοκαίρι σκιαγραφείται ως τυπικό νησιώτικο χωρίς καύσωνες και συνεχόμενες υψηλές θερμοκρασίες αλλά με δροσερά μελέμια και χαμηλά όμως επίπεδα υγρασίας, γεγονός που συνετέλεσε στο να μην προκληθούν ιδιαίτερα προβλήματα ασθενειών στο σταφύλι αλλά οδήγησε σε μικρότερες στρεμματικές αποδόσεις από αυτές των αρχικών εκτιμήσεων. Συνάμα τα παραπάνω συνετέλεσαν στην ομαλή ωρίμανση των σταφυλιών διατηρώντας την υψηλή ποιότητα τους. Συγκεκριμένα, με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, η μέση θερμοκρασία του περιβάλλοντος για το έτος 2018 καταγράφηκε 2°C υψηλότερη από εκείνη του 2017. Παράλληλα, το σύνολο της βροχόπτωσης για την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018

(από τον Σεπτέμβριο 2017 έως τον Ιούλιο 2018) είναι 156 mm ενώ αντίστοιχα στην περσινή περίοδο, ο δείκτης κατέγραφε την τιμή των 248,6 mm.

Τα παραπάνω κλιματολογικά φαινόμενα συνετέλεσαν στην καθολική προώιμηση της ωρίμανσης των σταφυλιών κατά 10 μέρες. Στο Κτήμα Σιγάλα ο τρύγος άρχισε στις 25 Ιουλίου με την ποικιλία Αθήρι, στις 27 Ιουλίου με το Ασύρτικο, στις 28 Ιουλίου με τις Μανδηλαριές, στις 5 Αυγούστου με τα Μαυροτράγανα και στις 7 Αυγούστου με τα Αηδάνια και ολοκληρώθηκε στις 24 Αυγούστου. Ιδιαίτερα για την περιοχή της Οίας - όπου βρίσκεται και η πλειοψηφία των αμπελιών του κτήματος - παρατηρήθηκε έντονη ξηρασία με τις βροχές να σταματάνε τον Φεβρουάριο ενώ την άνοιξη (συγκεκριμένα τον μήνα Μάρτιο) να σημειώνεται έντονος νότιος ανατολικός άνεμος και χαλάζι φαινόμενα τα οποία αποδείχθηκαν καταστρεπτικά, με αποτέλεσμα να καταγράφονται απώλειες στην παραγωγή, οι οποίες εκτιμώνται στο 20% του συνόλου.

Συμπερασματικά, η παρατηρούμενη για τέταρτη συνεχόμενη χρονιά, μειωμένη απόδοση του σαντορινιού αμπελώνα δεν είναι ξένη ως προς την παρατηρούμενη κλιματική αλλαγή, τα επιφαινόμενα της οποίας γίνονται ορατά κατά καιρούς σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη διαμορφώνοντας νέες συνθήκες για την ανθρώπινη δραστηριότητα αλλά και για κατάλληλες επιλογές, διαρκή έρευνα και καινοτομία.

2.3 Μέτρηση Υδατικού Δυναμικού

Για την πραγματοποίηση των εκτιμήσεων του υδατικού δυναμικού χρησιμοποιήθηκε θάλαμος πίεσεως με τον οποίο μετρήθηκαν το υδατικό δυναμικό των φύλλων πριν την αυγή (Ψ_{predawn}) και το υδατικό δυναμικό των φύλλων το ηλιακό μεσημέρι (Ψ_{leaf}).

Οι μετρήσεις του Ψ_{predawn} πραγματοποιήθηκαν πριν την αυγή συγκεκριμένα από τις 3:30 μέχρι την ολοκλήρωσή τους, στην περίπτωση του Ψ_{leaf} οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τις 12:30 μέχρι τις 15:00. Για την μέτρηση του Ψ_{predawn} χρησιμοποιήθηκαν πλήρως ανεπτυγμένα, ώριμα φύλλα από την σκιαζόμενη πλευρά της κόμης. Επιλέχθηκαν 5 φύλλα ανά μεταχείριση και στις 2 μετρήσεις. Στην περίπτωση του Ψ_{leaf} επιλέχθηκαν φύλλα πλήρως ανεπτυγμένα, ώριμα φύλλα εκτεθειμένα στο άμεσο ηλιακό φως. Για το Ψ_{leaf} τα φύλλα τοποθετήθηκαν σε πλαστική σακούλα 2 δευτερόλεπτα πριν την μέτρηση έτσι ώστε να περιοριστούν οι απώλειες λόγω διαπνοής αντίθετα για το Ψ_{predawn} τα φύλλα χρησιμοποιήθηκαν απευθείας στον θάλαμο πίεσεως για την μέτρηση. Στις παραπάνω μετρήσεις ο χρόνος από την ώρα που

τα φύλλα κόπηκαν μέχρι την έναρξη της μέτρησης ήταν 10-15 δευτερόλεπτα. Ο ρυθμός αύξησης της πίεσως ήταν μικρότερος από 0,3bar/δευτερόλεπτο. Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων επιλέχθηκαν ημέρες πλήρως ηλιόλουστες, χωρίς σύνεφα και με φυσιολογικές θερμοκρασίες, επίπεδα υγρασίας και ταχύτητας ανέμου για την περίοδο που πραγματοποιήθηκαν.

Οι παραπάνω μετρήσεις έγιναν σε 3 διαφορετικές ημερομηνίες σε 3 διαδοχικά στάδια της αμπέλου: πράσινη ράγα 15/6/2018, περκασμός 29/6/2018 και ωρίμανση 27/7/2018. Επιλέχθηκαν 5 πρέμνα ανά μεταχείριση και έγιναν μετρήσεις σε 2 φύλλα ανά πρέμνο.

2.4 Μέτρηση της Φωτοσύνθεσης, Διαπνοής, Στοματικής Αγωγιμότητας και Χλωροφύλλης

Για την μέτρηση της φωτοσύνθεσης και της στοματικής αγωγιμότητας χρησιμοποιήθηκε το ειδικό όργανο Li-6400 (της εταιρείας Li-Cor, Lincoln Nebraska, USA). Πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις στα τρία φαινολογικά στάδια (πράσινα ράγα, περκασμός, ωρίμανση). Οι μετρήσεις έγιναν από τις 12:30 έως τις 15:00 σε 5 φύλλα από διαφορετικά πρέμνα ανά μεταχείριση, τα οποία ήταν σημαδεμένα και στα οποία πραγματοποιήθηκαν στα 3 στάδια οι μετρήσεις. Τα φύλλα ήταν πλήρως ανεπτυγμένα ώριμα και πλήρως εκτεθειμένα στο άμεσο ηλιακό φως. Στα ίδια φύλλα πραγματοποιήθηκε και η μέτρηση της χλωροφύλλης με το ειδικό όργανο SPAD 502 (της εταιρείας Konica Minolta, Europe).



Εικόνα 8 Μέτρηση φωτοσύνθεσης και στοματικής αγωγιμότητας στο γραμμικό σύστημα μόρφωσης στην τοποθεσία Δίπλα Γεροντάμπελο.



Εικόνα 9 Μέτρηση φωτοσύνθεσης και στοματικής αγωγιμότητας στο παραδοσιακό σύστημα μόρφωσης (κουλούρα) στην τοποθεσία Πολίτης.

2.5 Αναλύσεις σταφυλιών

Κατά τον τρυγητό μετρήθηκαν: η απόδοση ανά πρέμνο, ο αριθμός των σταφυλιών ανά πρέμνο, το βάρος των 50 ραγών, το μήκος-πλάτος της σταφυλής, το μήκος πλάτος της ράγας, τα διαλυτά στερεά συστατικά των σταφυλιών, η ολική οξύτητα, το pH του γλεύκους, η συνεκτικότητα της ράγας και η δύναμη πρόσφυσης της ράγας.

Μηχανικές αναλύσεις σταφυλής και ράγας:

1. Η απόδοση ανά πρέμνο
2. Βάρος σταφυλής όπου από τα πρέμνα κάθε ποικιλίας ληφθήκαν τυχαία 3 ομάδες από 3 σταφυλές, όπως αναφέρθηκε, και μετρήθηκε το βάρος κάθε ομάδας με ζυγό ακριβείας. Υπολογίστηκε το μέσο βάρος σταφυλής διαιρώντας το βάρος κάθε ομάδας με τον αριθμό σταφυλών της ομάδας.
3. Μέσο βάρος ράγας όπου λήφθηκαν τυχαία 3 ομάδες 50 ραγών από κάθε ομάδα των 3 σταφυλών και μετρήθηκε το βάρος κάθε ομάδας με ζυγό ακρίβειας. Αυτό το βάρος διαιρέθηκε με τον αριθμό των ραγών και έτσι υπολογίστηκε το μέσο βάρος ράγας σε γραμμάρια, για κάθε ομάδα.
4. Το μήκος πλάτος της σταφυλής όπου για τις ίδιες ομάδες, μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος κάθε μίας σταφυλής με ακρίβεια χιλιοστού του μέτρου. Υπολογίστηκε το μέσο μήκος και πλάτος σταφυλής προσθέτοντας τις τιμές των σταφυλών της ομάδας και διαιρώντας το σύνολο με τον αριθμό σταφυλών της ομάδας.
5. Το μήκος πλάτος της ράγας όπου από κάθε ομάδα ραγών ληφθήκαν 10 ράγες και μετρήθηκε το μήκος και το πλάτος κάθε ράγας με τη βοήθεια βερνιέρου και με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων. Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος του μήκους και του πλάτους ράγας για κάθε ομάδα.
6. Η συνεκτικότητα της ράγας μετρήθηκε με επιτραπέζιο πενετρόμετρο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το όργανο TR-TURONY
7. Η δύναμη πρόσφυσης της ράγας όπου για κάθε ποικιλία, ληφθήκαν 5 ομάδες των 10 ραγών από τις παραπάνω σταφυλές, και μετρήθηκε η δύναμη πρόσφυσης της κάθε ομάδας με δυναμόμετρο.
8. Αριθμός σταφυλιών ανά πρέμνο.

Μετρήσεις γλευκογραφικών χαρακτηριστικών:

1. Τα διαλυτά στερεά συστατικά του γλεύκους με διαθλασίμετρο εκφρασμένη σε Brix (Digital Hand Held ATAGO-3810 PAL-1). Ο δείκτης διάθλασης του γλεύκους μετριέται με την βοήθεια διαθλασιμέτρου και εάν η θερμοκρασία μέτρησης είναι διαφορετική των 20 °C η τιμή διορθώνεται μέσω πίνακα. Αρχικά το διαθλασίμετρο μηδενίζεται. Το μηδέν του οργάνου ρυθμίζεται με απεσταγμένο νερό και το όριο του διαχωρισμού των δύο ζωνών διαφορετικής φωτεινότητας, πρέπει να βρίσκεται στο μηδέν της κλίμακας. Στη συνέχεια τοποθετούνται δύο σταγόνες του προς εξέταση γλεύκους στην επιφάνεια του σταθερού πρίσματος, κατεβαίνει το κινητό πρίσμα και κατευθύνεται το όργανο προς μια πηγή φωτός. Επί της εν λόγω κλίμακας διακρίνεται μια διαχωριστική γραμμή μεταξύ μίας φωτεινής και μιας σκοτεινής ζώνης. Γίνεται ανάγνωση της ένδειξης εκεί όπου βρίσκεται η διαχωριστική γραμμή. Οι επιφάνειες του πρίσματος, μετά από κάθε μέτρηση, σκουπίζονται με ένα καθαρό πανί.
2. Το pH του γλεύκους ή ενεργή οξύτητα. Ως ενεργός οξύτητα καλείται το σύνολο των ελεύθερων καρβοξυλομάδων που βρίσκονται σε διάσταση και δίνουν H⁺. Σε αντίθεση με την ολική οξύτητα η ενεργή οξύτητα εξαρτάται και από το είδος των οργανικών οξέων π.χ. ο οίνος που περιέχει μια ορισμένη ποσότητα τρυγικού οξέος είναι πιο όξινος από τον οίνο που περιέχει ισόποσο ηλεκτρικό οξύ λόγω του διαφορετικού βαθμού διάστασης των ελεύθερων καρβοξυλομάδων. Το pH των οίνων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως για παράδειγμα η αμπελοργική περιοχή, η ποικιλία της αμπέλου και η τιμή τους και κυμαίνεται από 2,8 μέχρι 4,2.

Βαθμονομείται το όργανο (pH-μετρο) (εικόνα 13) με διαλύματα γνωστού pH. Στη συνέχεια τοποθετείται το δείγμα, που πρέπει να βρίσκεται σε θερμοκρασία 20°C, σε ποτήρι ζέσεως κι εμβαπτίζεται το ηλεκτρόδιο. Λαμβάνεται η ένδειξη του οργάνου με δύο δεκαδικά ψηφία.
3. Ολική οξύτητα με τιτλοδότηση. Η ολική οξύτητα καθορίζεται από το σύνολο των καρβοξυλομάδων και εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε οργανικά οξέα και ανόργανα ανιόντα και κατιόντα. Ο προσδιορισμός βασίζεται στην ογκομέτρηση αλκαλικού διαλύματος (συνήθως NaOH 0,1N) που καταναλώνεται από τα οξέα του γλεύκους μέχρι το pH του δείγματος να φτάσει στην τιμή 7 της κλίμακας του pH. Ως δείκτης για τον καθορισμό του σημείου εξουδετέρωσης χρησιμοποιείται η

φαινολοφθαλεΐνη. Η φαινολοφθαλεΐνη αποτελεί το δείκτη που σηματοδοτεί το τέλος της αντίδρασης, δηλαδή την πλήρη εξουδετέρωση των οξέων του διαλύματος από το NaOH, αλλάζοντας χρώμα σε pH 8,3-10,5.

2.6 Μετεωρολογικά δεδομένα

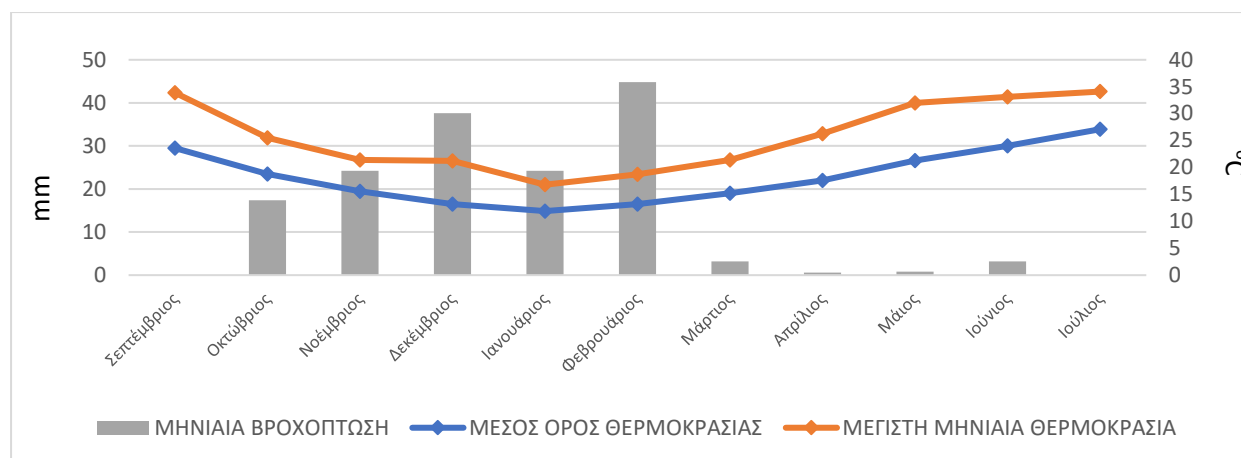
Τα μετεωρολογικά δεδομένα καταγράφηκαν στην περιοχή των Φηρών σε υψόμετρο 183 μέτρων από το μετεωρολογικό σταθμό Vantage Pro2 wireless Fan-aspirated (Davis instruments) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.

2.7 Ανάλυση δεδομένων

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων έγινε με το πρόγραμμα Jump 8.0 (SAS Institute Inc). Η σημαντικότητα των αποτελεσμάτων ελέγχθηκε με ανάλυση της διασποράς (Analysis of Variance). Στην παράθεση των αποτελεσμάτων οι μέσοι όροι ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου υποδηλώνοντας την ύπαρξη ή μη στατιστικά σημαντικής διαφοράς και από το στατιστικό σφάλμα του μέσου.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Μετεωρολογικά δεδομένα κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018



Διάγραμμα 1 Μετεωρολογικοί παράμετροι για την περίοδο Σεπτέμβριο 2017- Ιούλιο 2018.

Από τα μετεωρολογικά δεδομένα που καταγράφηκαν από τον Μάρτιο, όπου είχαμε την εκβλάστηση των οφθαλμών, έως και τον Ιούλιο δηλαδή μέχρι την τεχνολογική ωρίμανση των σταφυλιών, παρατηρείται ότι οι κλιματολογικές συνθήκες είναι ξηροθερμικές με υψηλές θερμοκρασίες και με ένα σύνολο 7 mm βροχόπτωσης για αυτή την περίοδο. Όπως φαίνεται και στο **Διάγραμμα 1** το σύνολο της βροχόπτωσης για την καλλιεργητική περίοδο 2017-2018 (από τον Σεπτέμβριο 2017 έως τον Ιούλιο 2018) είναι 156 mm ενώ αντίστοιχα στην περσινή περίοδο, ο δείκτης κατέγραφε την τιμή των 248,6 mm. Ως προς τον άνεμο αξίζει να σημειωθεί ότι την άνοιξη (συγκεκριμένα τον μήνα Μάρτιο) καταγράφηκε έντονος νότιος ανατολικός άνεμος 90-100km/h και χαλάζι φαινόμενα τα οποία αποδείχθηκαν καταστρεπτικά, με αποτέλεσμα να καταγράφονται απώλειες στην παραγωγή, οι οποίες εκτιμώνται στο 20% του συνόλου.

3.2 Επιδράσεις στην σύνθεση των σταφυλιών κατά τον τρυγητό

Κατά την τεχνολογική ωρίμανση πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε ποσοτικούς και ποιοτικούς δείκτες προκειμένου να εξεταστεί εάν υφίστανται διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Πίνακας 1 Σύσταση του σταφυλιού και αποδόσεις στην τεχνολογική ωρίμανση για τις διαφορετικές επεμβάσεις.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΦΩΣΗΣ		ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΦΩΣΗΣ	
	Μ	Κ	Μ	Κ
Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (Brix°)	20,97±0,03b	22,9±0,03a	20,9±0,05b	19,2±0,13c
Ενεργός οξύτητα pH	2,77±0,03c	3,19±0,01a	3,08±0,005b	3,02±0,003b
Ολική ογκομετρούμενη οξύτητα (g L ⁻¹)	8,38±0,09a	7,48±0,11b	7,48±0,09b	7,32±0,07b
Συνεκτικότητα (N)	2,13±0,07a	0,56±0,07b	0,52±0,03b	0,53±0,03b
Πρόσφυση (N)	1,34±0,17a	1,02±0,13ab	1,01±0,12ab	0,46±0,05b
Βάρος σταφυλής (g)	158,83±25,37a	213,83±14,61a	179,79±33,53a	199,4±33,94a
Πλάτος σταφυλής (cm)	7,58±0,72a	7,68±0,62a	7,93±1,02a	8,2±0,64a
Μήκος σταφυλής (cm)	12,33±0,72a	14,08±0,98a	12,07±2,11a	15,1±1,04a
Βάρος 50 ραγών (g)	61,66±3,3b	75,33±2,02a	71,66±2,33ab	70,33±2,18ab
Μήκος ράγας (mm)	15,74±0,30b	17,03±0,25a	16,6±0,27ab	15,95±0,30b
Πλάτος ράγας (mm)	14,26±0,29ab	13,91±0,21b	14,3±0,22ab	14,89±0,19a
Αριθμός σταφυλών ανά πρέμνο	2,8±0,18b	3,15±0,30b	14,25±1,49a	17,42±1,79a

Με βάση τον **Πίνακα 1** παρατηρείται ότι ως προς τα Δ.Σ.Σ οι επεμβάσεις παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές και στα δύο συστήματα μόρφωσης. Στην περίπτωση του γραμμικού συστήματος, ο μάρτυρας είχε χαμηλότερη τιμή σε σχέση με την επέμβαση του καολίνη. Το οποίο δεν είναι αναμενόμενο. Αντίθετα στο παραδοσιακό σύστημα μόρφωσης ο μάρτυρας είχε υψηλότερη τιμή από την επέμβαση του καολίνη το οποίο δικαιολογείται λόγω του ότι ο καολίνης καθυστερεί την ωρίμανση των σταφυλιών (Brillante 2016). Στα δύο συστήματα μόρφωσης ο μάρτυρας δεν είχε στατιστικά σημαντική διαφορά. Συνεπώς φαίνεται ότι στην περίπτωση του

παραδοσιακού συστήματος μόρφωσης επιβεβαιώνεται ότι ο καολίνης καθυστέρησε την συσσώρευση των σακχάρων στα σταφύλια.

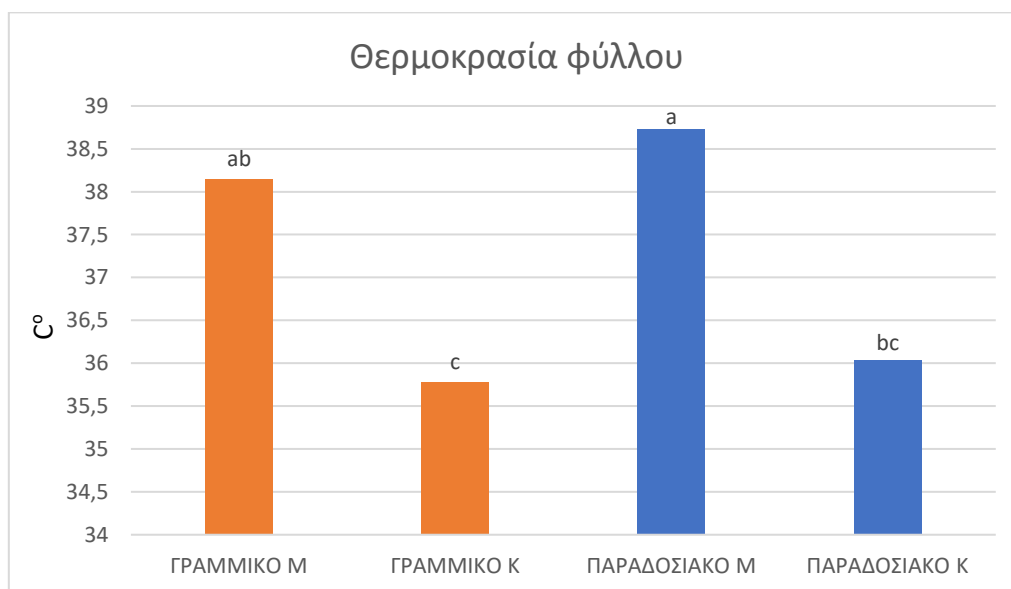
Ως προς την ενεργό οξύτητα στο γραμμικό σύστημα ο μάρτυρας κατέγραψε μικρότερο pH από τον καολίνη με σημαντική διαφορά. Το παραδοσιακό σύστημα μόρφωσης δεν σημείωσε σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η ολική οξύτητα στην περίπτωση του γραμμικού συστήματος ήταν υψηλότερη στον μάρτυρα ενώ στο παραδοσιακό σύστημα δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Στις μετρήσεις του βάρους, του μήκους και του πλάτους των σταφυλλών δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ούτε των συστημάτων μόρφωσης.

Ως προς την ράγα ο μάρτυρας του γραμμικού συστήματος παρουσίασε τις χαμηλότερες τιμές όσον αφορά το βάρος των 50 ραγών και το μήκος της ράγας.

3.3 Επιδράσεις στην φυσιολογία του φυτού

3.3.1 Θερμοκρασία φύλλου

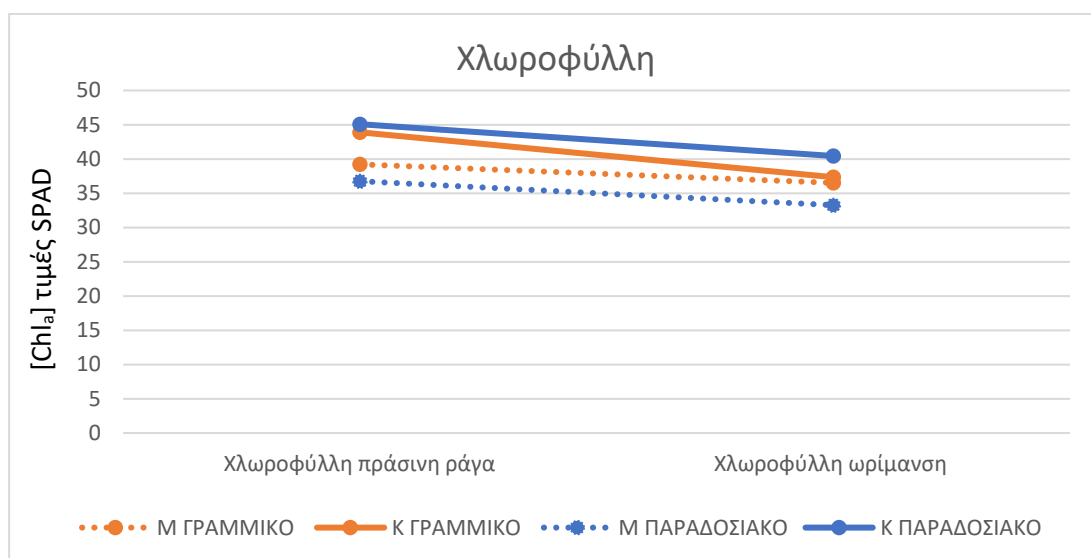


Διάγραμμα 2 Μέτρηση της θερμοκρασίας του φύλλου (C°) στο στάδιο του περκασμού τις μεσημεριανές ώρες.

Στο **Διάγραμμα 2** σημειώνονται οι τιμές της θερμοκρασίας του φύλλου στα δύο συστήματα μόρφωσης. Παρατηρείται ότι και στα 2 συστήματα ο μάρτυρας έχει

σημαντικά υψηλότερη θερμοκρασία φύλλου σε σχέση με την επέμβαση του καολίνη. Τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Brillante et al. 2016. Χαμηλότερη θερμοκρασία φύλλου σημειώνει η επέμβαση του καολίνη στο γραμμικό σύστημα με στατιστικά σημαντική διαφορά από τον μάρτυρα ενώ την υψηλότερη τιμή σημείωσε ο μάρτυρας στο παραδοσιακό σύστημα με στατιστικά σημαντική διαφορά από τον καολίνη. Ο ψεκάσμος με καολίνη παρουσίασε χαμηλότερες τιμές θερμοκρασιών φύλλου λόγω των σωματιδίων αργίλου που επιδρούν πάνω στην ανακλαστικότητα του φύλλου. Σύμφωνα τον Rosati et al. (2006), η παραπάνω ιδιότητα του καολίνη μειώνει σημαντικά πιθανές ζημιές από ηλιόκαυμα και το υδατικό στρες. Τα αποτελέσματα μας συμφωνούν με πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε πολλά είδη δέντρων όπως μηλιές, ροδιές, καρυδιές, αμυγδαλιές αχλαδιές και πορτοκαλιές όπου ο καολίνης μείωσε την θερμοκρασία της φυλλικής επιφάνειας κατά 1-6°C (Glenn et al. 2003, Rosati).

3.3.2 Μέτρηση χλωροφύλλης

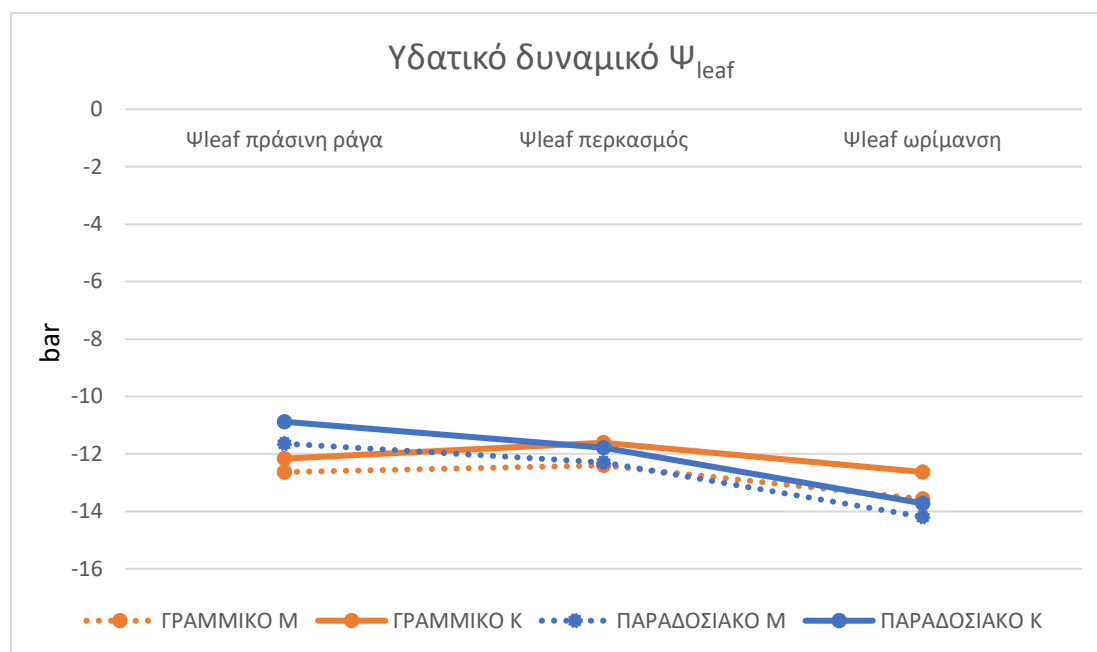


Διάγραμμα 3 Συγκέντρωση της χλωροφύλλης σε τιμές SPAD

Στο **Διάγραμμα 3** παρουσιάζονται οι τιμές της χλωροφύλλης (τιμές SPAD). Δεν επισημαίνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων ούτε μεταξύ των συστημάτων μόρφωσης. Όμως και στα δύο συστήματα μόρφωσης φαίνεται ότι ο

καολίνης υπερτερεί ελαφρά σε σχέση με τον μάρτυρα. Αυτό συμφωνεί με τα ευρήματα των Dinis L.T., et al. 2017.

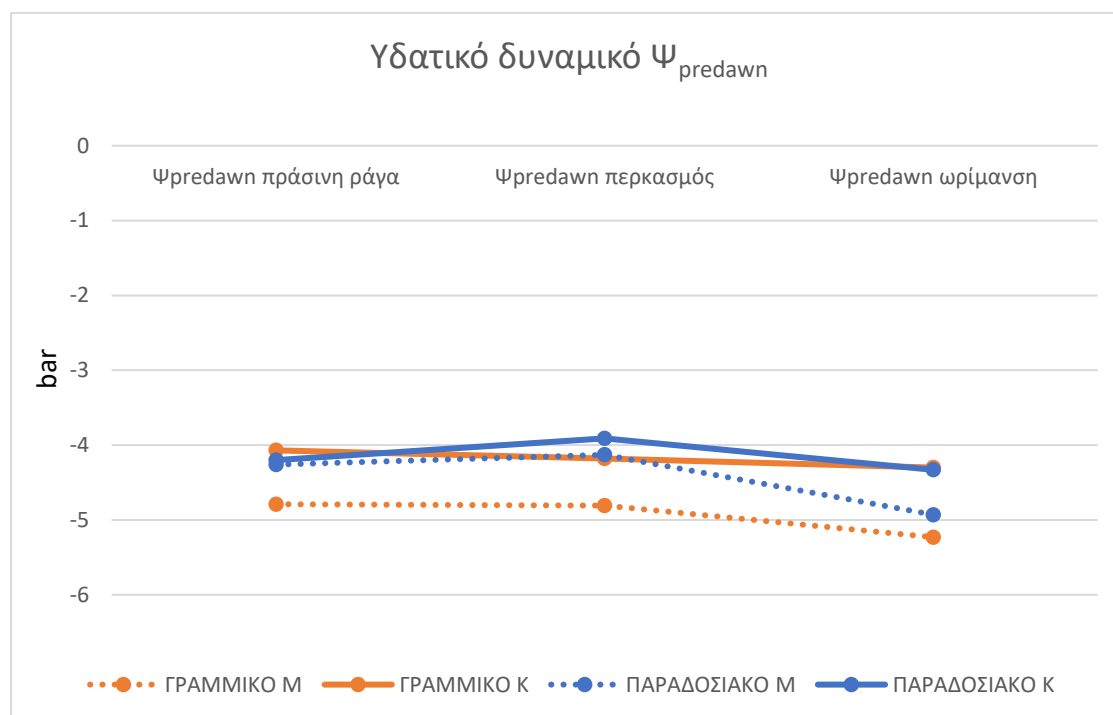
3.3.3 Υδατικό δυναμικό



Διάγραμμα 4 Μέτρηση του υδατικού δυναμικού του φύλλου Ψ_{leaf} στα τρία φαινολογικά στάδια (πράσινη ράγα, περκασμός και ωρίμανση).

Στο **Διάγραμμα 4** απεικονίζεται το υδατικό δυναμικό των φύλλων στα δύο συστήματα μόρφωσης και στις δύο επεμβάσεις στα φαινολογικά στάδια της πράσινης ράγας, του περκασμού και της ωρίμανσης. Σε όλα τα φαινολογικά στάδια των δύο συστημάτων μόρφωσης παρατηρήθηκε ότι η επέμβαση του καολίνη μείωσε το υδατική καταπόνηση. Αντίθετα φαίνεται ότι τα φυτά του μάρτυρα έχουν χαμηλότερο υδατικό δυναμικό. Η πορεία της υδατικής καταπόνησης όπως παρουσιάζεται στο **Διάγραμμα 4** είναι ανοδική για την περίπτωση του παραδοσιακού συστήματος μόρφωσης και λιγότερο ανοδική για το γραμμικό σύστημα. Αυτό πιθανόν να εξηγείται λόγω της πυκνότητας φύτευσης του γραμμικού συστήματα δηλαδή ότι τα πρέμνα είναι λιγότερο εκτεθειμένα στον ήλιο απ ότι τα παραδοσιακά, στο ότι το γραμμικό σύστημα τα προηγούμενα έτη αρδευόταν αλλά και στην ηλικία των πρέμνων. Οι τιμές του υδατικού δυναμικού στο γραμμικό σύστημα μόρφωση και στα τρία φαινολογικά στάδια κυμαίνονται στα όρια της μέτριας υδατικής καταπόνησης. Στην περίπτωση του παραδοσιακού συστήματος

το υδατικό δυναμικό και στις δύο επεμβάσεις στο στάδιο της πράσινης ράγας χαρακτηρίζεται ήπια υδατική καταπόνηση, στο στάδιο του περκασμού μέτρια υδατική καταπόνηση ενώ στο στάδιο της ωρίμανσης ως υψηλή υδατική καταπόνηση (Greenspan, 2005; Williams, 2001).



Διάγραμμα 5 Μέτρηση του υδατικού δυναμικού του φύλλου πριν την αυγή $\Psi_{predawn}$ στα τρία φαινολογικά στάδια (πράσινη ράγα, περκασμός και ωρίμανση).

Στο **Διάγραμμα 5** απεικονίζεται το υδατικό δυναμικό του φύλλου πριν την αυγή. Παρατηρείται ότι οι τιμές είναι αρκετά χαμηλές σε όλα τα στάδια και στις δύο επεμβάσεις. Αυτό εξηγείται λόγω της αυξημένης ξηρασίας που επικράτησε καθόλη την καλλιεργητική περίοδο του 2018. Στα δύο συστήματα μόρφωσης τα πρέμνα του μάρτυρα έχουν υψηλότερο υδατικό στρες. Συγκεκριμένα στο γραμμικό σύστημα ο μάρτυρας διαφέρει στατιστικά σημαντικά και στα τρία στάδια σε σχέση με την επέμβαση του καολίνης. Ο καολίνης σημείωσε υψηλότερες τιμές $\Psi_{predawn}$ το οποίο μεταφράζεται σε χαμηλότερη υδατική καταπόνηση του φυτού. Παρόμοια είναι η εικόνα και στο παραδοσιακό σύστημα αλλά με μικρότερη διαφορά από τον μάρτυρα. Στην περίπτωση του παραδοσιακού ο μάρτυρας διαφέρει στατιστικά σημαντικά στο στάδιο της ωρίμανσης. Πατηρούνται αυτές οι χαμηλές τιμές στο $\Psi_{predawn}$ πιθανόν

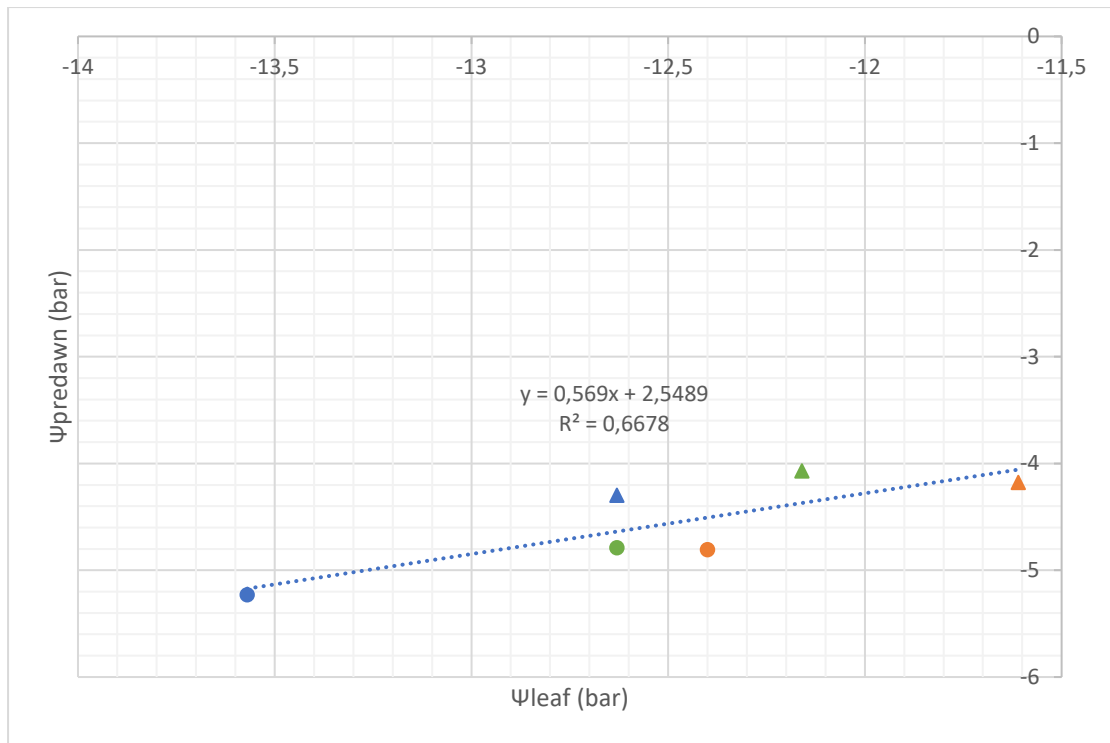
επειδή τα φυτά διαπνέουν το βράδυ είτε λόγω των ανέμων είτε λόγω της έλλειψης της εδαφικής υγρασίας. Όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγάλη, η κίνηση του αέρα ελαττώνει το πάχος του στρώματος των υδρατμών στην επιφάνεια των φύλλων με αποτέλεσμα να ανοίγουν τα στομάτια και έχουμε απώλεια νερού.

Από την στατιστική ανάλυση των μετρήσεων προέκυψαν διαφορές ανάμεσα στους μέσους των επεμβάσεων στις εξής περιπτώσεις:

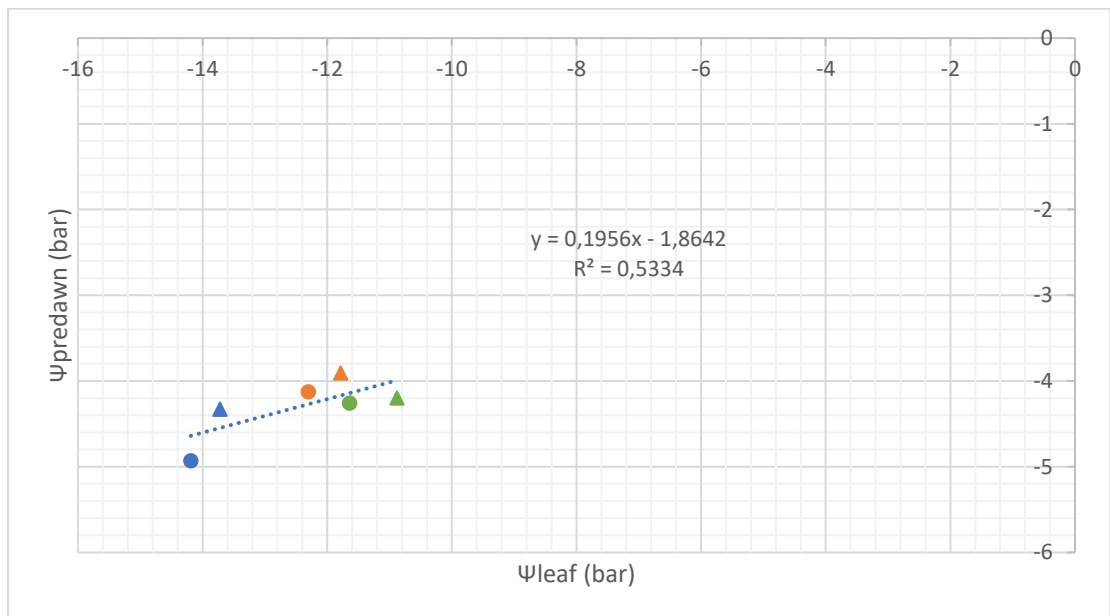
Πίνακας 2 Σύγκριση μέσων επεμβάσεων των τιμών Ψ_{leaf} και $\Psi_{predawn}$

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ (bar)	ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΦΩΣΗΣ		ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΦΩΣΗΣ	
	Μ	Κ	Μ	Κ
Ψ_{leaf} πράσινη ράγα	-12,63±0,08a	12,16±0,24a b	-11,64±0,27bc	-10,88±0,17c
Ψ_{leaf} περκασμός	-12,4±0,64a	- 11,61±0,08a	-12,3±0,14a	-11,78±0,02a
Ψ_{leaf} ωρίμανση	-13,57±0,23ab	- 12,63±0,19b	-14,19±0,42a	-13,72±0,32ab
$\Psi_{predawn}$ πράσινη ράγα	-4,79±0,16a	-4,07±0,12b	-4,26±0,20ab	-4,2±0,02ab
$\Psi_{predawn}$ περκασμός	-4,81±0,14a	-4,18±0,04a	-4,13±0,14a	-3,91±0,34a
$\Psi_{predawn}$ ωρίμανση	-5,23±0,20a	-4,3±0,11b	-4,93±0,24ab	-4,33±0,14b

Στα διαγράμματα 6 και 7 μπορούμε να δούμε από το σύνολο των μετρήσεων στις επεμβάσεις την γραμμική σχέση που συνδέει τα υδατικά δυναμικά Ψ_{leaf} και $\Psi_{predawn}$:



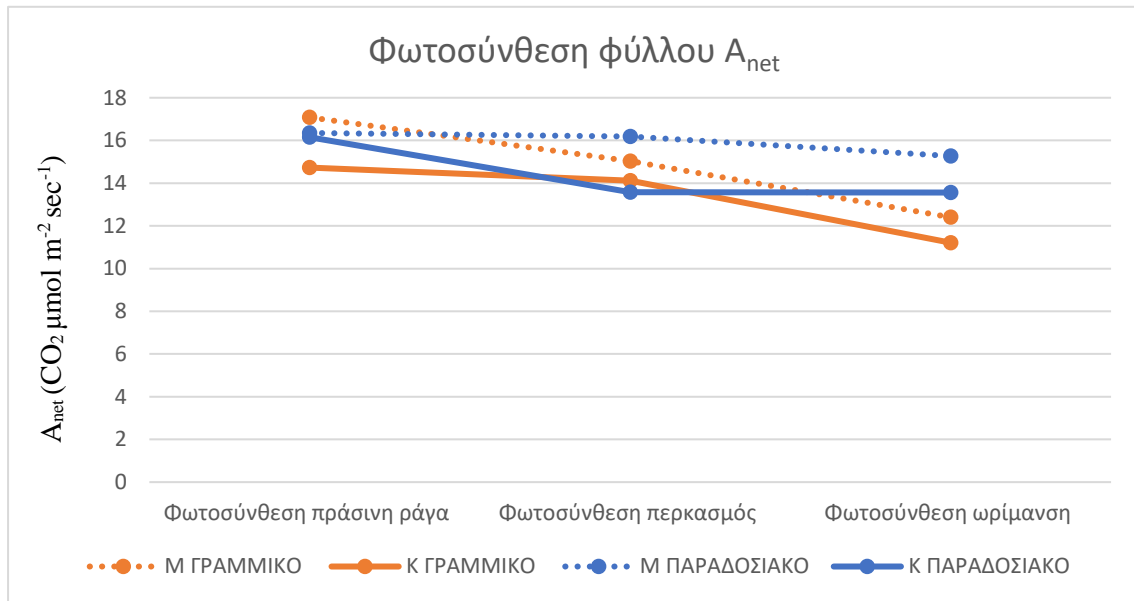
Διάγραμμα 6 Βαθμός συσχέτισης των μετρήσεων Ψ_{leaf} και $\Psi_{predawn}$ για το γραμμικό σύστημα μόρφωσης.



Διάγραμμα 7 Βαθμός συσχέτισης των μετρήσεων Ψ_{leaf} και $\Psi_{predawn}$ για το παραδοσιακό σύστημα μόρφωσης.

Επεξήγηση συμβόλων διαγραμμάτων 5,6

▲ Κ πράσινη ράγα	▲ Κ περκασμός	▲ Κ ωρίμανση
● Μ πράσινη ράγα	● Μ περκασμός	● Μ ωρίμανση

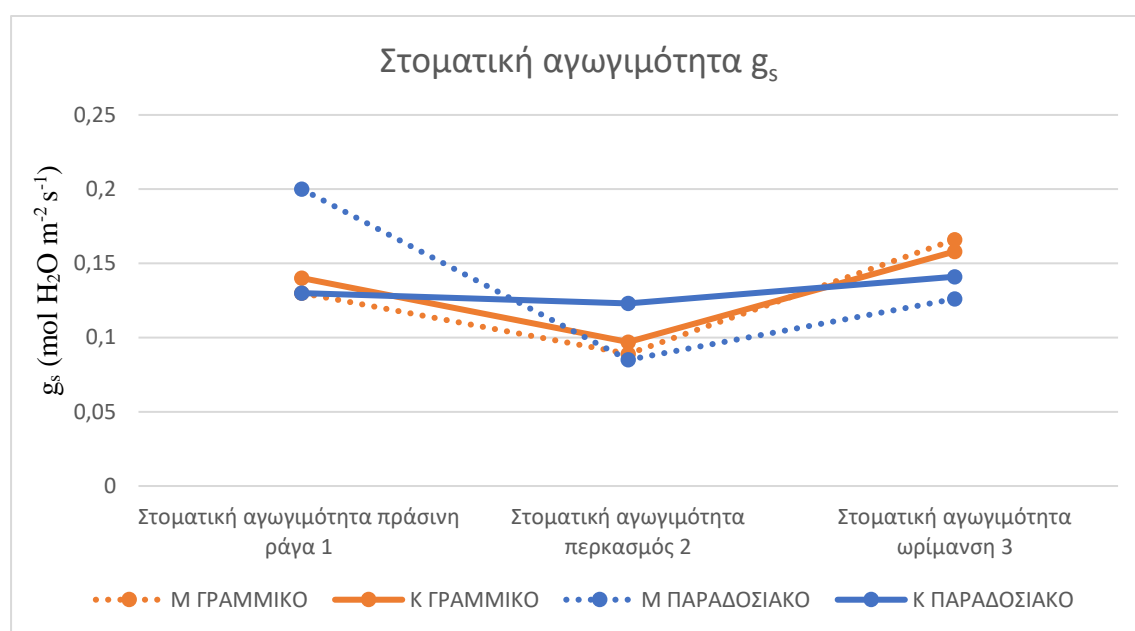


Διάγραμμα 8 Φωτοσύνθεση του φύλλου A_{net} σε τρία φαινολογικά στάδια για τα δύο συστήματα μόρφωσης.

Στο **Διάγραμμα 8** παρατηρείται ότι ο μάρτυρας και στα δύο συστήματα μόρφωσης παρουσιάζει υψηλότερες τιμές φωτοσύνθεσης από ότι ο καολίνης με στατιστικά σημαντική διαφορά. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ο καολίνης δημιουργεί συνθήκες σκίασης. Φαίνεται ότι στο παραδοσιακό σύστημα μόρφωσης η διαφορά της φωτοσύνθεσης μεταξύ των επεμβάσεων είναι πιο μεγάλη απ ότι στο γραμμικό σύστημα. Αυτή η επίδραση του καολίνης πάνω στην φωτοσύνθεση των φυτών συμφωνεί με τα ευρήματα των Brillante et al. (2016). Στο στάδιο της πράσινης ράγας στην περίπτωση του παραδοσιακού συστήματος φαίνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Πίνακας 3 Σύγκριση μέσων επεμβάσεων των τιμών της φωτοσύνθεσης.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ A_{net} ($\text{CO}_2 \text{ mol m}^{-2} \text{ sec}^{-1}$)	ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΦΩΣΗΣ		ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΦΩΣΗΣ	
	Μ	Κ	Μ	Κ
Φωτοσύνθεση πράσινη ράγα	17,08±0,73a	14,73±0,91b	16,35±2,00a	16,15±0,72a
Φωτοσύνθεση περκασμός	15,03±0,0006b	14,12±0,03c	16,19±0,4a	13,57±0,19c
Φωτοσύνθεση ωρίμανση	12,04±0,2bc	11,21±0,30c	15,27±0,38a	13,56±0,51b



Διάγραμμα 9 Στοματική αγωγιμότητα g_s σε τρία φαινολογικά στάδια για τα δύο συστήματα μόρφωσης.

Στο **Διάγραμμα 9** παρατηρείται η στοματική αγωγιμότητα των φυτών για τρία φαινολογικά στάδια για τις επεμβάσεις στα δύο συστήματα μόρφωσης.

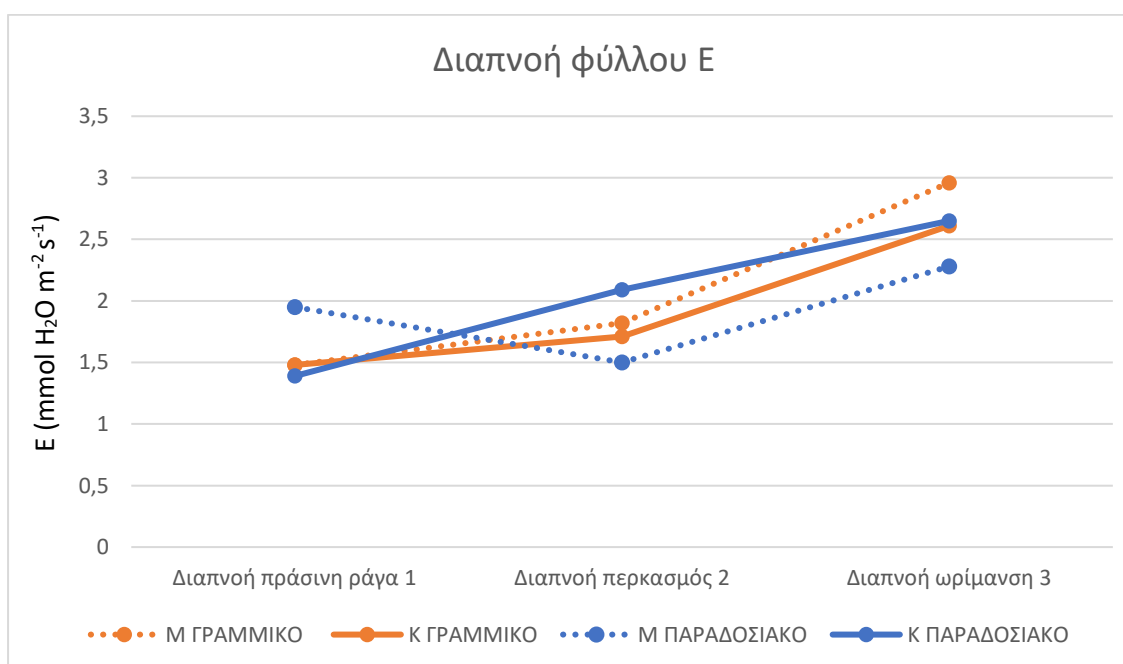
Οι τιμές της στοματικής αγωγιμότητας που καταγράφηκαν είναι γενικά χαμηλές λόγω των ξηροθερμικών συνθηκών του πειραματικού αμπελώνα.

Η στοματική αγωγιμότητα στην περίπτωση του γραμμικού συστήματος μόρφωσης ο καολίνης έχει υψηλότερη στοματική αγωγιμότητα από τον μάρτυρα στα στάδια της πράσινης ράγας και στον περκασμό αλλά χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά. Στην περίπτωση του παραδοσιακού συστήματος ο καολίνης παρουσιάζει υψηλότερες τιμές στοματικής αγωγιμότητας για τα στάδια του περκασμού και της ωριμάνσης με αυτή

του περκασμού να είναι στατιστικά σημαντική. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία το κλείσιμο των στοματίων περιορίζει το CO₂ και οδηγεί σε μείωση της φωτοσύνθεσης το οποίο δεν συμβαίνει στην συγκεκριμένη περίπτωση.

Πίνακας 4 Σύγκριση μέσων επεμβάσεων των τιμών της στοματικής αγωγιμότητας.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ Σ g _s (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΦΩΣΗΣ		ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΦΩΣΗΣ	
	Μ	Κ	Μ	Κ
Στοματική αγωγιμότητα πράσινη ράγα	0,13±0,004b	0,14±0,003b	0,20±0,025a	0,13±0,004b
Στοματική αγωγιμότητα περκασμός	0,089±0,002ab	0,097±0,004ab	0,085±0,007b	0,123±0,014a
Στοματική αγωγιμότητα ωρίμανση	0,166±0,0004a	0,158±0,01a	0,126±0,009a	0,141±0,014a



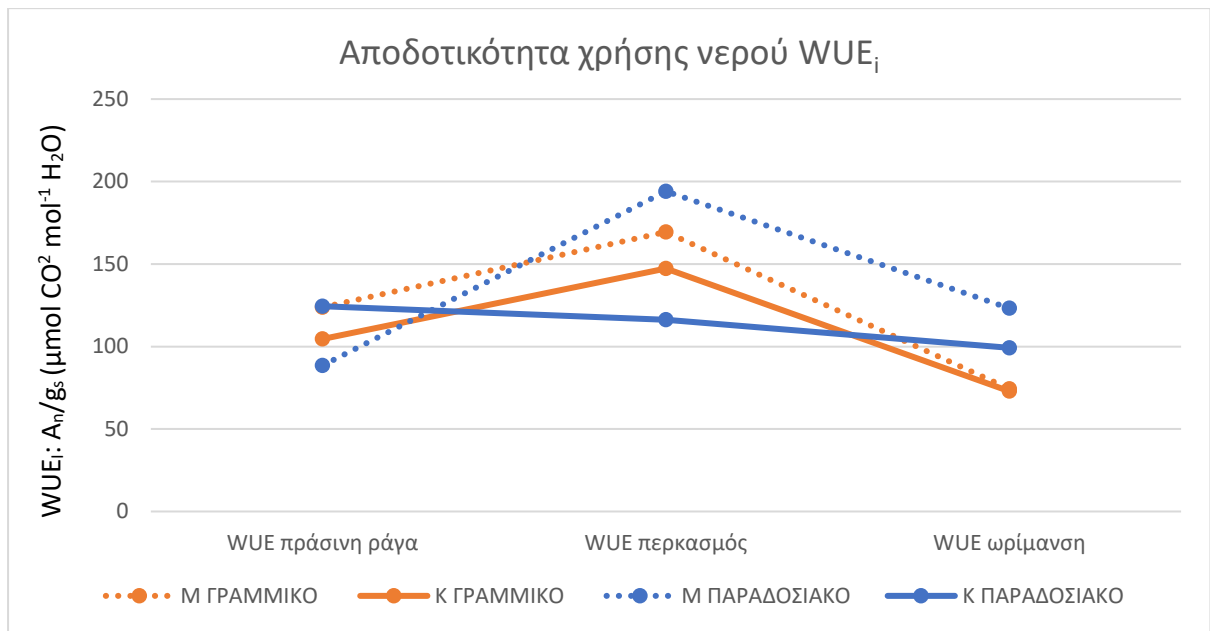
Διάγραμμα 10 Διαπνοή του φύλλου στα τρία φαινολογικά στάδια για τα διαφορετικά συστήματα μόρφωσης.

Στο **Διάγραμμα 10** παρουσιάζεται η εξέλιξη της διαπνοής από την πράσινη ράγα έως την ωρίμανση. Από το διάγραμμα φαίνεται ότι στην περίπτωση του γραμμικού συστήματος μόρφωσης δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ

των επεμβάσεων και στα τρία στάδια. Στην περίπτωση του παραδοσιακού συστήματος μόρφωσης στα στάδια του περκασμού και της ωρίμανσης υπερτερεί με στατιστικά σημαντική διαφορά ο καολίνης. Παρατηρείται ότι η διαπνοή έχει ανοδική πορεία και στις δύο περιπτώσεις των συστημάτων μόρφωσής και στις δύο επεμβάσεις. Φαίνεται λοιπόν ότι η χρήση του καολίνης δεν λειτουργεί ως αντιδιαπνευστικό αντίθετα στην περίπτωση του παραδοσιακού συστήματος αυξάνει την διαπνοή του φυτού.

Πίνακας 5 Σύγκριση μέσων επεμβάσεων των τιμών της διαπνοής

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΦΩΣΗΣ		ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΦΩΣΗΣ	
	Μ	Κ	Μ	Κ
Διαπνοή πράσινη ράγα	1,48±4,36a	1,48±3,43a	1,95±0,16a	1,39±0,04a
Διαπνοή περκασμός	1,82±7,29ab	1,71±0,07ab	1,50±0,12b	2,09±0,22a
Διαπνοή ωρίμανση	2,96a ±0,06	2,61ab ±0,11	2,28b ±0,11	2,65ab ±0,23



***Διάγραμμα 11** Αποδοτικότητα χρήσης νερού $WUE_i : A_n/g_s$*

Στο **Διάγραμμα 10** παρουσιάζεται ο δείκτης αποδοτικότητας χρήσης του νερού στα τρία φαινολογικά στάδια. Στην περίπτωση γραμικού συστήματος φαίνεται ότι ο καολίνης παρουσίασε χαμηλότερες τιμές απ ότι ο μάρτυρας χωρίς όμως να σημειώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά. Στην περίπτωση του παραδοσιακού συστήματος στο στάδιο του περκασμού ο καολίνης είναι χαμηλότερος απ ότι ο μάρτυρας με στατιστικά σημαντική διαφορά. Η ίδια εικόνα επαναλαμβάνεται και στο στάδιο της ωρίμανσης χωρίς όμως να υπάρχει σημαντική διαφορά.

Πίνακας 6 Σύγκριση μέσων επεμβάσεων των τιμών του δείκτη WUE_i

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΦΩΣΗΣ		ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΡΦΩΣΗΣ	
	Μ	Κ	Μ	Κ
$WUE_i: A_n/g_s$ ($\mu\text{mol CO}_2$ $\text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)				
WUE πράσινη ράγα	123,83±4,05a	104,55±5,90a	88,51±17,65a	124,423±8,3a
WUE περκασμός	169,41±3,88ab	147,27±7,26bc	194,1±13,02a	116,244±12,58c
WUE ωρίμανση	74,34±1,40bc	72,89±4,62c	123,29±8,2a	99,22±9,6ab

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η χρήση του καολίνη μείωσε κατά 6,2% και 6,9% την θερμοκρασία του φύλλου στο γραμμικό και παραδοσιακό σύστημα αντίστοιχα.
- Ως προς το υδατικό δυναμικό η επέμβαση του καολίνη μείωσε την υδατική καταπόνηση και στις δύο περιπτώσεις μόρφωσης με σημαντικότερη διαφορά στο γραμμικό σύστημα.
- Ο καολίνης παρουσίασε χαμηλότερες τιμές φωτοσύνθεσης από τον μάρτυρα και στα δύο συστήματα μόρφωσης με πιο έντονες διαφορές στο γραμμικό σύστημα.
- Δεν επηρέασε την διαπνοή στο γραμμικό σύστημα. Ενώ αύξησε την διαπνοή στο παραδοσιακό.
- Η χρήση του καολίνη καθυστέρησε την ωρίμανση των σταφυλιών στην περίπτωση του παραδοσιακού συστήματος μόρφωσης.
- Ως προς τις υπόλοιπες μηχανικές μετρήσεις και γλευκογραφικές αναλύσεις του σταφυλιού δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων.
- Συνεπώς φαίνεται ότι η χρήση του καολίνη μπορεί να αποτελέσει μια οικονομική και αποτελεσματική λύση στην εξοικονόμηση ύδατος του φυτού χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά η σύσταση του σταφυλιού σε μια χρονιά με έντονες ξηροθερμικές συνθήκες.
- Βέβαια απαιτείται η επανάληψη της έρευνας έτσι ώστε να επιβεβαιωθούν τα ευρήματα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Brillante L, Belfiore N, Gaiotti F, Lovat L, Sansone L, Poni S, et al. (2016) Comparing Kaolin and Pinolene to Improve Sustainable Grapevine Production during Drought. PLoS ONE 11(6):e0156631.doi:10.1371/journal.pone.0156631.

Cifre J., Bota J., Escalona J.M, Medrano H. and Flexas J. (2005) Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L). An open gate to improve water-use efficiency? *Agri. Ecosyst. Environ.* 106, 159-170.

Dinis L-T, Bernardo S, Conde A, Pimentel D, Ferreira H, Félix L. (2017) Kaolin exogenous application boosts antioxidant capacity and phenolic content in berries and leaves of grapevine under summer stress. *J Plant Physiol.* Elsevier GmbH.; 2016; 191: 45–53.

Glenn D.M., Puterka G.J. (2005) Particle films: A new technology for agriculture. – In: Janick J. (ed.): *Horticultural Reviews*, Vol.31; 1-44.

Hansen J, Sato M, Ruedy R, Lo K, Lea DW, Medina-Elizade M. (2006) Global temperature change. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 103: 14288–14293. doi: 10.1073/pnas.0606291103 PMID: 17001018

John Roberts, Paul T.W Rosier, *Physiological studies in young Eucalyptus stands in southern India and derived estimates of forest transpiration*, *Agricultural Water Management*, Volume 24, Issue 2, 1993, Pages 103-118.

Rosati A., Metcalf S.G., Buchner R.P. (2006) Physiological effects of kaolin applications in well-irrigated and waterstressed walnut and almond trees. – *Ann. Bot.-London* 98: 267-275.

Schachtman, D.P. and Goodger, Q.D. (2008) Chemical Root to Shoot Signaling under Drought. *Trends in Plant Science*, 13, 281-287.

Schultz HR. (2008) European challenges. In: Proceedings of the 13th AWITC eds Rae Blair, Pat Williams, Sakkie Pretorius. pp 33–36.

Shellie KC, King BA. (2013) Kaolin particle film and water deficit influence red winegrape color under high solar radiation in an arid climate. *Am J Enol Vitic.* 64: 214–222.

Stock M, Gerstengarbe FW, Kartschall T, Werner PC. (2004) Reliability of climate change impact assessments for viticulture. VII International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology 689:29–40.

Tomasi D, Jones GV, Giust M, Lovat L, Gaiotti F. (2011) Grapevine phenology and climate change: relationships and trends in the Veneto region of Italy for 1964–2009. *Am J Enol Vitic.* 62: 329–339. doi: 10.5344/ajev.2011.10108

Van Leeuwen C, Tregoat O, Choné X. (2009) Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *J Int des Sci la Vigne du Vin.* 43: 121–134.

Webb LB, Whetton PH, Barlow EWR. (2007) Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 13:165–175.

Κανάκης, Ι. (2007) Επίδραση των υδατικών σχέσεων στην ποσότητα και ποιότητα των αμπελουργικών προϊόντων της ποικιλίας Syrah (*Vitis vinifera* L.) σε συνθήκες αμπελώνα. Μεταπτυχιακή μελέτη. Αθήνα.

Οι Περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα. ΕΜΕΚΑ, 2011.

