

Ανθεκτικότητα ελληνικών ποικιλιών αμπέλου υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής

Υποψήφιος Διδάκτωρ ΞΕΝΟΦΩΝ ΒΕΝΙΟΣ
Επιβλέπων Καθηγητής ΗΛΙΑΣ ΚΟΡΚΑΣ
Τμήμα Επιστημών Οίνου Αμπέλου και Ποτών
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Ημερίδα Οινολογίας: «Νέες Προσεγγίσεις στην Ελληνική Οινοπαραγωγή»
Επιστήμη και Καινοτομία στην Υπηρεσία του Κρασιού
Αθήνα, 3 Φεβρουαρίου 2025

Εισαγωγή

- Η κλιματική αλλαγή με την **αύξηση των επιπέδων του διοξειδίου του άνθρακα**, τις **υψηλότερες θερμοκρασίες**, και την **ξηρασία**, έχουν ήδη αρχίσει να επηρεάζουν την αμπελοκαλλιέργεια.
- Η υπερθέρμανση θα οδηγήσει αναπόφευκτα σε αναδιάρθρωση των αμπελώνων και μετακίνηση τους σε **μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη και υψόμετρα** όπου επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες.
- Αυτό θα διασφαλίσει την βιωσιμότητα τους και την διατήρηση της παραγωγικότητας και της ποιότητας των παραγόμενων οίνων.
- Γίνεται επιτακτική η ανάγκη **ανάδειξης ανθεκτικών και αποδοτικών ποικιλιών**, ικανών να ανταπεξέλθουν στις νέες στρεσογόνες συνθήκες, χωρίς να θυσιάζεται η ποιότητα και η απόδοση.



Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο φύλλωμα (α) και στις ράγες (β) αμπέλου. Douro Valley, Πορτογαλία (Bernardo et al., 2018).

Εισαγωγή

- Σε αμπελουργικές ζώνες όπως η **Μεσόγειος**, που χαρακτηρίζονται από έντονα ξηροθερμικές συνθήκες γίνονται ήδη γίνονται εντατικές προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση.
- Στην **Ισπανία**, την **Ιταλία** και την **Γαλλία**, βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη ερευνητικά προγράμματα με γηγενείς ποικιλίες για την ανάπτυξη θερμοανθεκτικών κλώνων και υβριδίων.
- Στην Ελλάδα οι μελέτες για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην αμπελοκαλλιέργεια βρίσκονται ακόμα σε πρωταρχικό στάδιο.
- Με **γηγενείς ποικιλίες** προσαρμοσμένες στα τοπικά ξηροθερμικά κλίματα, η Ελλάδα διαθέτει μια πλούσια γενετική δεξαμενή για την προσαρμογή του αμπελοοινικού τομέα σε μελλοντικά δυσμενή κλιματικά σενάρια.



Σύγκριση συμπτωμάτων σε δύο ποικιλίες μετά τον καύσωνα της 28ης Ιουνίου 2019 – Vérargues, Hérault, Νότια Γαλλία.
(A) Χωρίς συμπτώματα (**ανθεκτική**).
(B) Έντονα συμπτώματα (**ευαίσθητη**)
(Coupel-Ledru et al., 2024).

Στόχοι της μελέτης

- Αξιολόγηση της αντοχής και της απόδοσης ελληνικών ποικιλιών αμπέλου στις τρέχουσες κλιματολογικές συνθήκες
- Αξιολόγηση της απόκρισης τους σε μελλοντικά κλιματικά σενάρια **αυξημένου CO₂** (700ppm, πρόβλεψη για 2100)
- Αξιολόγηση της αντοχής τους σε **αυξημένες εντάσεις φωτός** διότι :
 - Επίκειται μελλοντική αμπελοκαλλιέργεια σε μεγαλύτερα υψόμετρα όπου εκεί παρατηρείται αυξημένη ηλιοφάνεια
- Αξιολόγηση της προσαρμογής τους σε **συνθήκες σκίασης** λαμβάνοντας υπόψη πρακτικές μείωσης των επιπτώσεων της υπερθέρμανσης όπως :
 - Η τεχνητή σκίαση των πρέμνων (τοποθέτηση διχτυών) και
 - Η κατάλληλη διαμόρφωση του φυλλώματος (προστασία ραγών από ηλιοεγκαύματα)
- Σύγκριση της θερμοαντοχής και της απόδοσης ελληνικών ποικιλιών τόσο μεταξύ τους αλλά και με γνώμονα ήδη γνωστές διεθνείς ποικιλίες

Σκοπός της μελέτης

- Ανάδειξη ελληνικών **θερμοανθεκτικών** ποικιλιών που θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν άλλες **θερμοευαίσθητες** στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου και όχι μόνο, στο άμεσο ή μακροπρόθεσμο μέλλον.
- Επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας για την κάθε ποικιλία με βάση τα νέα κλιματικά δεδομένα.

Υλικά - Μέθοδοι

➤ Διενεργήθηκαν δύο διαφορετικά πειράματα όπου χρησιμοποιήθηκαν 2 σειρές ποικιλιών (λευκές και ερυθρές). Συγκεκριμένα:

- Λευκές: Σαββατιανό, Ασύρτικο, Μοσχάτο Σάμου, Sauvignon Blanc
- Ερυθρές: Αγιωργίτικο, Μοσχοφίλερο, Μαυροδάφνη, Merlot

Υποκείμενο: R110

➤ Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε γλάστρες 8lt με κατάλληλο υπόστρωμα (τύρφη - κοκκινόχωμα - ζεόλιθος σε αναλογία (6-3-1) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών (Conviron CMP-6050) για την διεξαγωγή των μετρήσεων.



Υλικά - Μέθοδοι

Τα φυτά εκτέθηκαν στις ακόλουθες συνθήκες:

- Τρία επίπεδα θερμοκρασίας (23°C, 35°C και 40°C)
- Δύο επίπεδα συγκέντρωσης CO₂ (400ppm και 700ppm)

Στις παραπάνω συνθήκες διεξήχθησαν οι εξής μετρήσεις:

- Μετρήσεις ανταλλαγής αερίων
- Καμπύλες φωτοσυνθετικής απόκρισης με κλιμακούμενες συγκεντρώσεις CO₂ (0-1000ppm)
- Καμπύλες φωτοσυνθετικής απόκρισης με κλιμακούμενες εντάσεις φωτός (0-2000μmol)
- Μετρήσεις συγκέντρωσης χλωροφύλλης
- Μελέτη μορφολογικών χαρακτηριστικών
- Μετρήσεις φθορισμομετρίας



Λευκές

S. Blanc, Σαββατιανό:

Υψηλοί ρυθμοί έως 35°C. Όχι καλή απόδοση στις υψηλές θερμοκρασίες.

Μοσχάτο, Ασύρτικο:

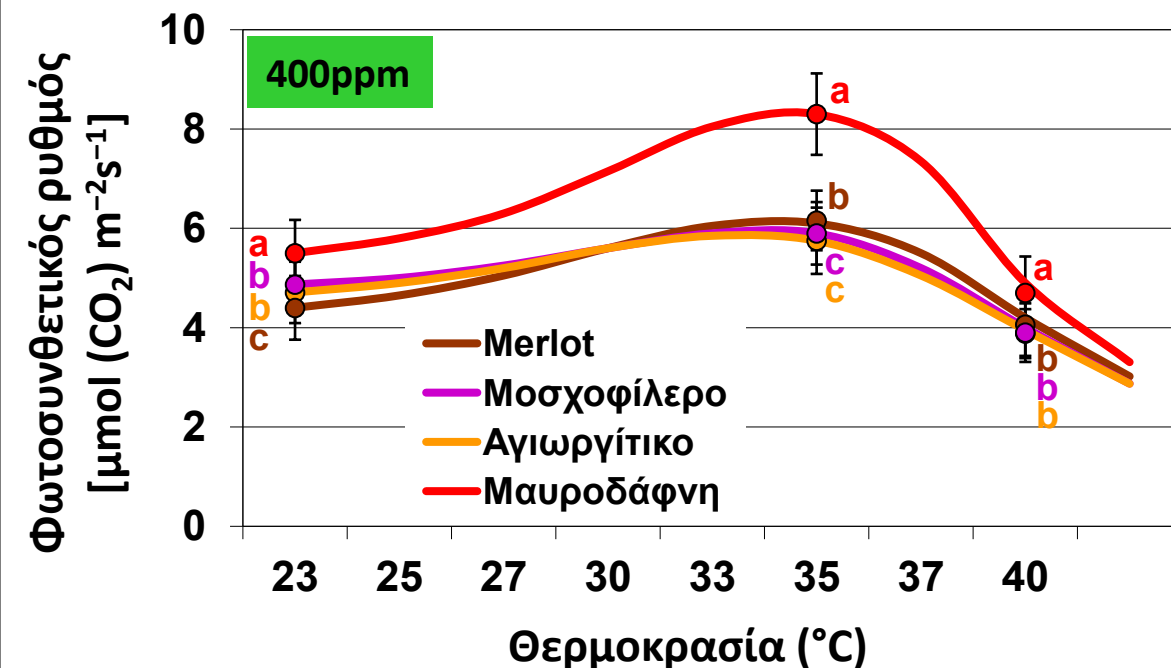
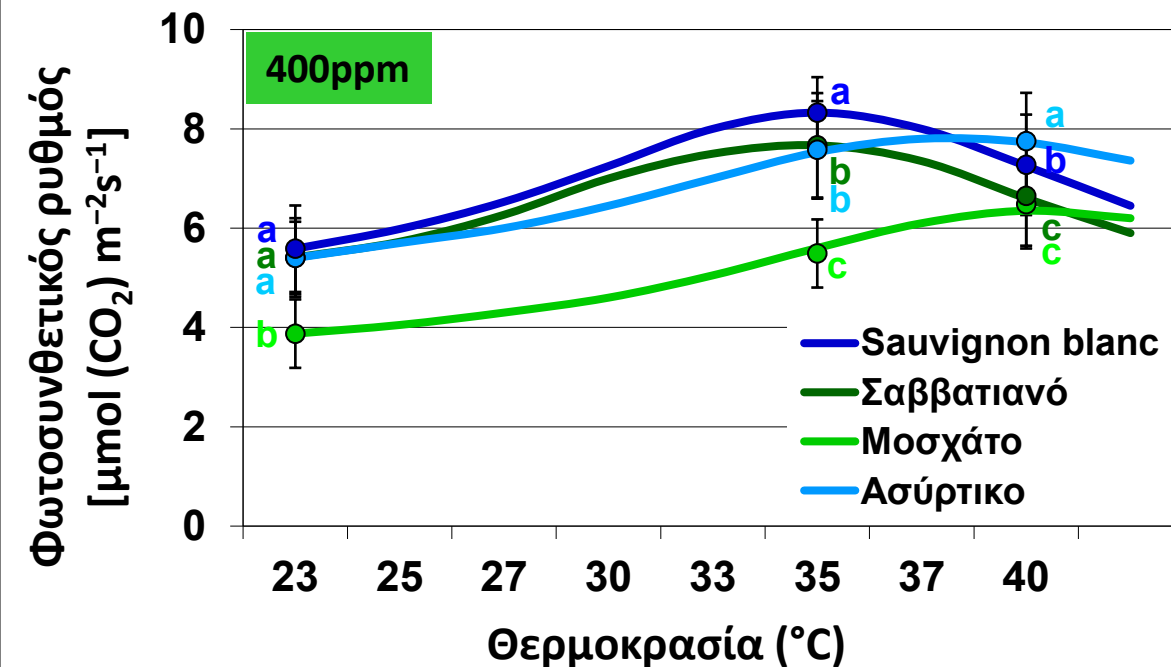
Ισχυρή τάση για διατήρηση υψηλής φωτοσυνθετικής απόδοσης στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες λόγω πιο παρατεταμένου ανοίγματος στομάτων τους μετά τους 35°C. Παρόλο που το Μοσχάτο έχει την μικρότερη απόδοση σε χαμηλές και μέτριες θερμοκρασίες έχει πολύ καλή απόκριση στις υψηλές θερμοκρασίες.

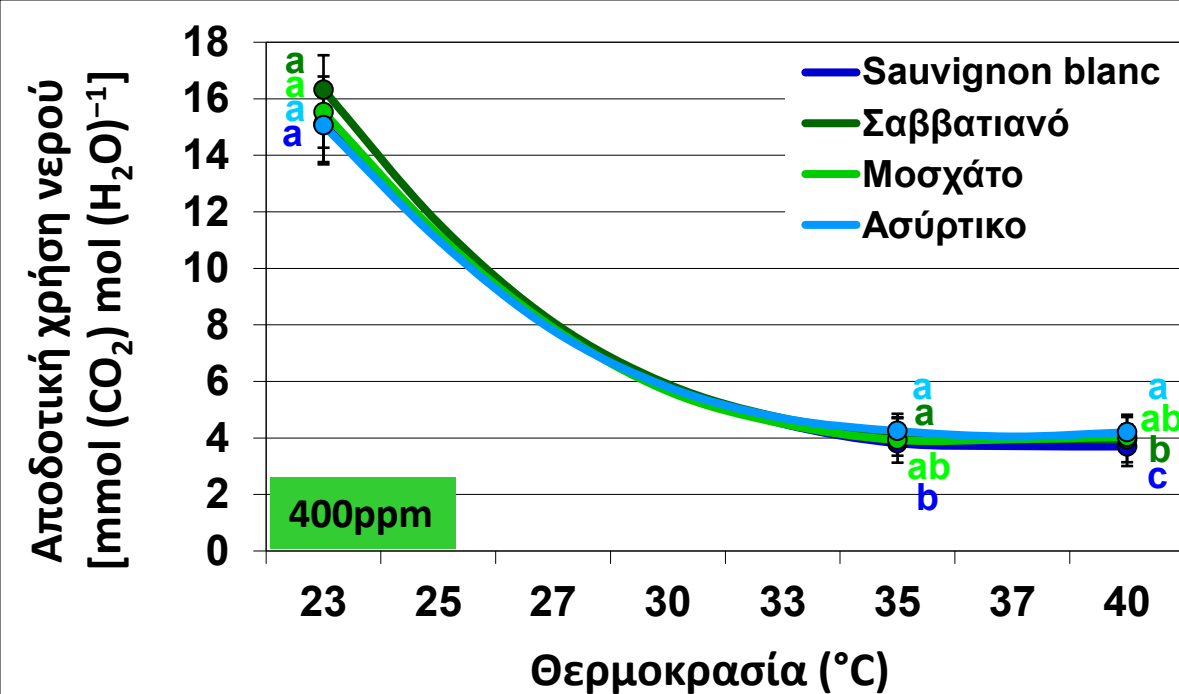
Ερυθρές

Μαυροδάφνη: Υψηλή φωτοσυνθετική απόδοση σε όλες τις θερμοκρασίες ακόμα και μετά τους 35°C. Πολύ καλή προσαρμογή στο θερμικό στρες.

Μοσχοφίλερο, Αγιωργίτικο, Merlot:

Παρόμοιες φωτοσυνθετικές αποδόσεις σε όλες τις θερμοκρασίες σε καθεστώς χαμηλού CO₂ (12-30% χαμηλότερες από Μαυροδάφνη).





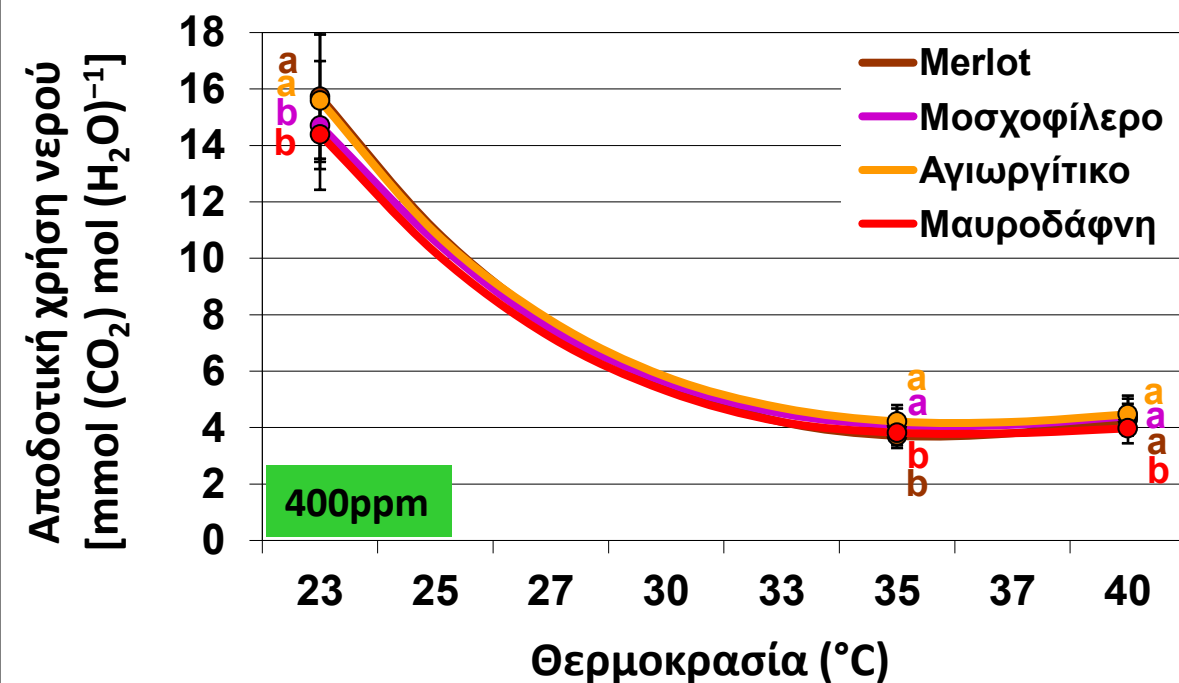
Μείωση στην αποδοτικότητα χρήσης νερού με την αύξηση της θερμοκρασίας ως τους 35°C (άνοιγμα στομάτων). Σταθεροποίηση σε υψηλότερες θερμοκρασίες (κλείσιμο στομάτων).

Λευκές

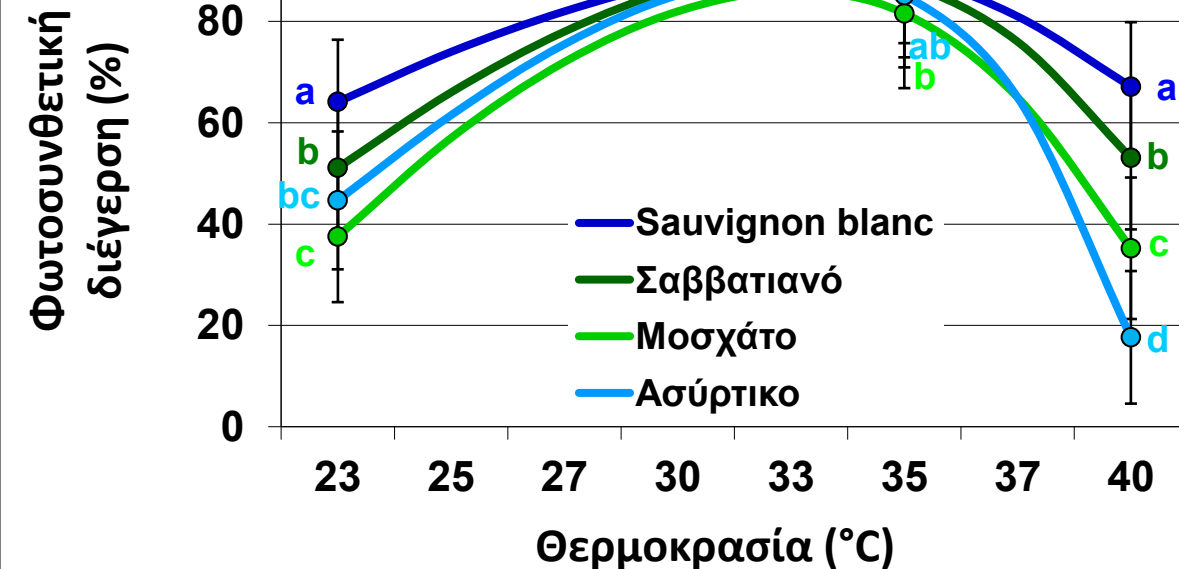
Ασύρτικο, Μοσχάτο και Σαββατιανό εμφανίζουν πιο αποτελεσματική χρήση νερού σε σχέση με το **S. Blanc**

Ερυθρές

Αγιωργίτικο, Μοσχοφίλερο και Merlot εμφανίζουν καλύτερη αξιοποίηση του νερού σε σχέση με την **Μαυροδάφνη**.



Συμπέρασμα: Οι ποικιλίες **Μαυροδάφνη** και **S. Blanc** δεν αξιοποιούν τόσο αποτελεσματικά το νερό σε καθεστώς χαμηλού CO₂ (μεγαλύτερη σπατάλη νερού σε σχέση με την απόδοση).



Ο εμπλουτισμός με CO₂ αύξησε την
φωτοσύνθεση κατά:
37-64% στους 23°C
77-89% στους 35°C
18-68% στους 40°C

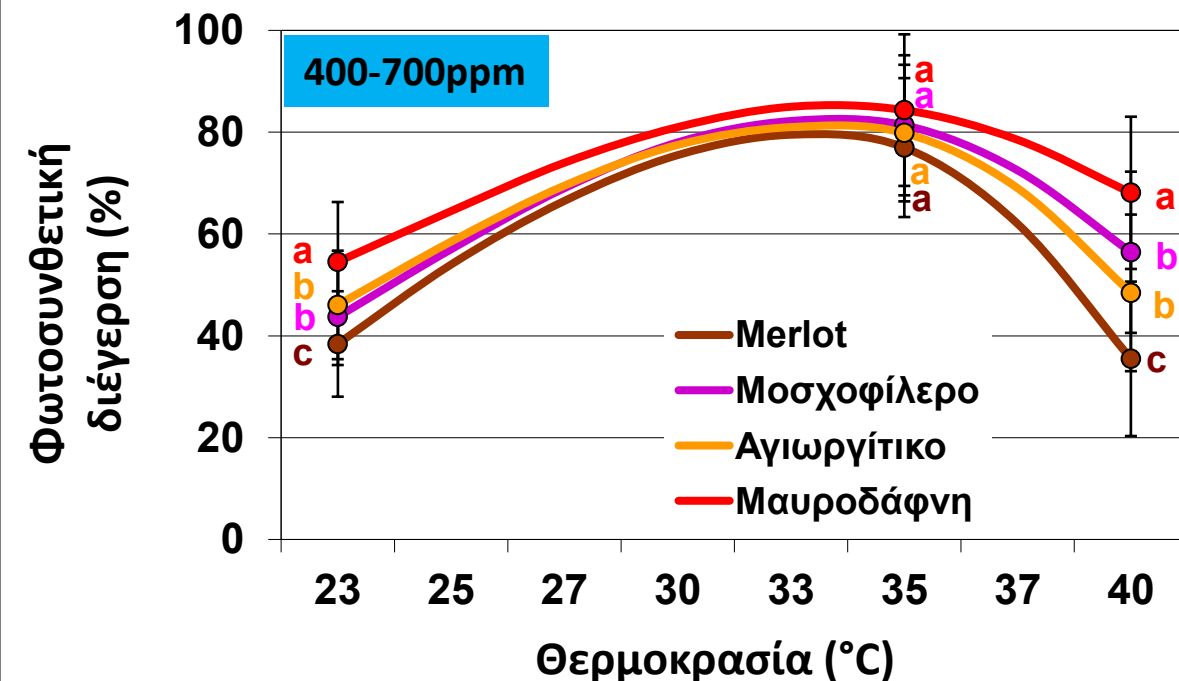
Μέγιστο όφελος: 33-35°C

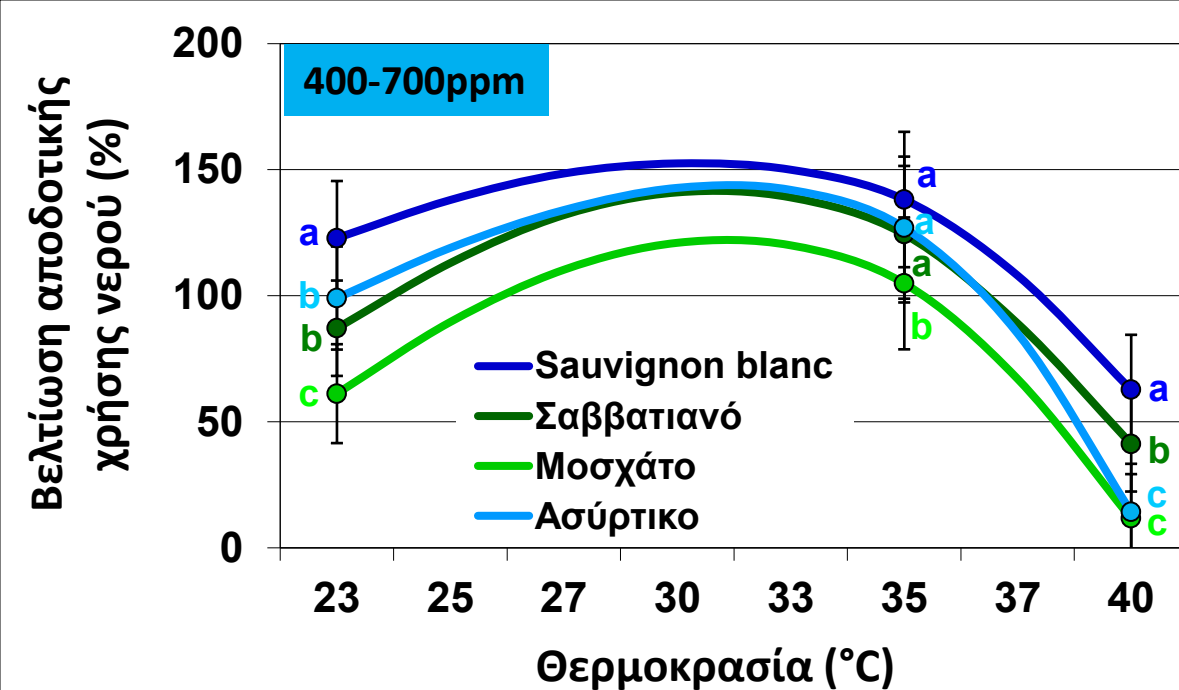
Λευκές

Μεγαλύτερο φωτοσυνθετικό όφελος
έδειξε το **S. Blanc** με το **Σαββατιανό**
να ακολουθεί δεύτερο. Το **Ασύρτικο**
επωφελήθηκε σημαντικά από την
αύξηση του CO₂ έως τους 35°C, αλλά η
απόδοση του έπεσε κατακόρυφα στις
υψηλότερες θερμοκρασίες. Το
Μοσχάτο βελτίωσε την φωτοσύνθεση
του στον μικρότερο βαθμό αλλά
καλύτερα από το Ασύρτικο στις
υψηλές θερμοκρασίες

Ερυθρές

Η **Μαυροδάφνη** ανταποκρίθηκε
καλύτερα από όλες τις ποικιλίες στο
αυξημένο CO₂. Το **Αγιωργίτικο** και το
Μοσχοφίλερο επωφελήθηκαν στον
ίδιο βαθμό (8.5-11% λιγότερο από
Μαυροδάφνη) ενώ το **Merlot**
βελτίωσε την φωτοσύνθεση στον
μικρότερο βαθμό.





Ο εμπλουτισμός με CO₂ αύξησε την αποδοτικότητα χρήσης νερού κατά:
61-123% στους 23°C
97-138% στους 35°C
12-63% στους 40°C

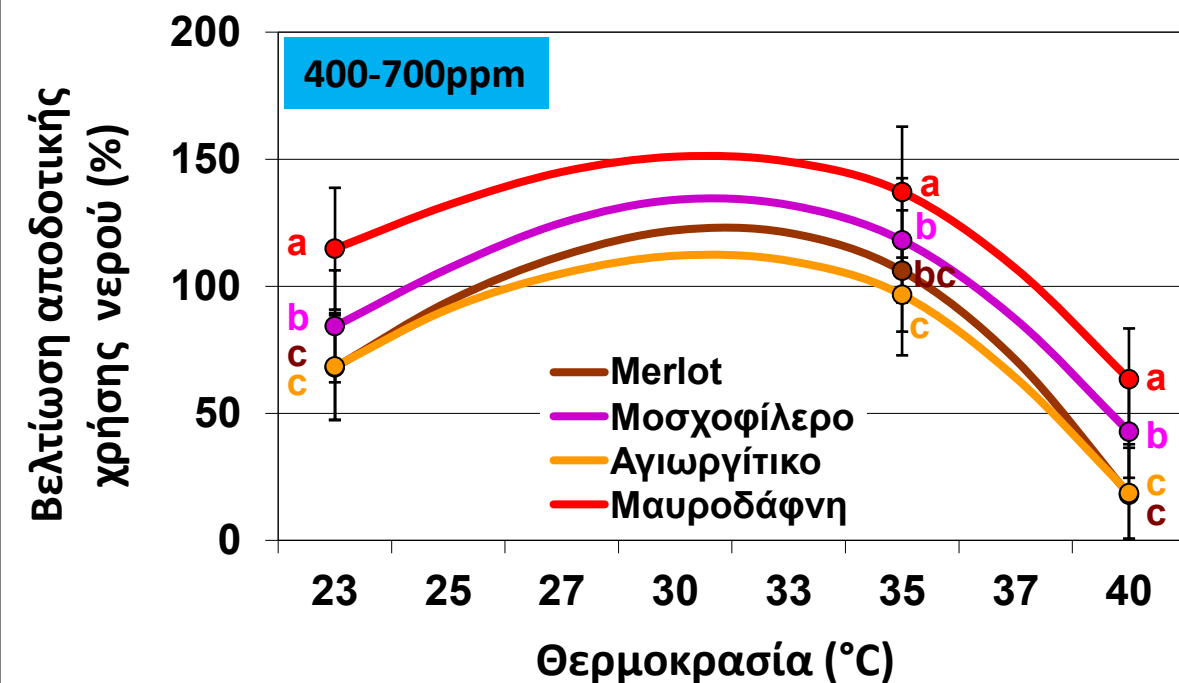
Μέγιστο όφελος: 30-33°C

Λευκές

Το **S. Blanc** πρωτίστως αλλά και το **Σαββατιανό** έδειξαν την μεγαλύτερη βελτίωση στην αποδοτικότητα χρήσης νερού στις υψηλές θερμοκρασίες.

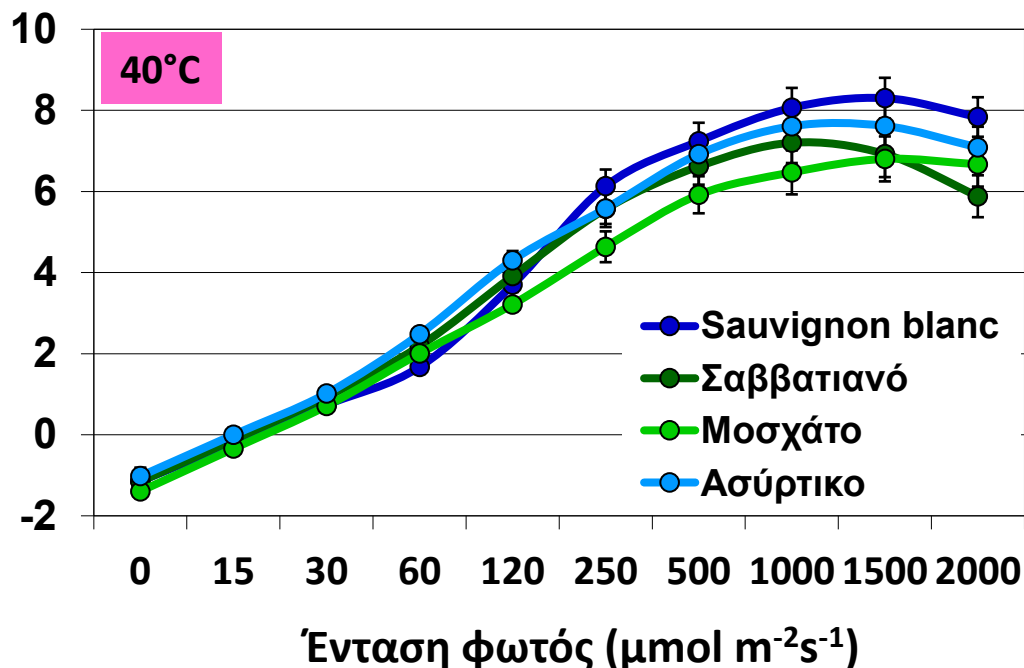
Ερυθρές

Μεγαλύτερη βελτίωση στην αποτελεσματικότητα αξιοποίησης του νερού έδειξε η **Μαυροδάφνη** και το **Μοσχοφίλερο** σε όλες τις θερμοκρασίες.



Συμπέρασμα: Οι ποικιλίες **Μαυροδάφνη** και **S. Blanc** βελτίωσαν περισσότερο την ικανότητα τους να αξιοποιούν αποτελεσματικά το νερό μετά από τον εμπλουτισμό με CO₂ (επιτυγχάνουν μικρότερη σπατάλη νερού σε συνδυασμό με υψηλότερες φωτοσυνθετικές αποδόσεις).

Φωτοσυνθετικός ρυθμός
[$\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$]



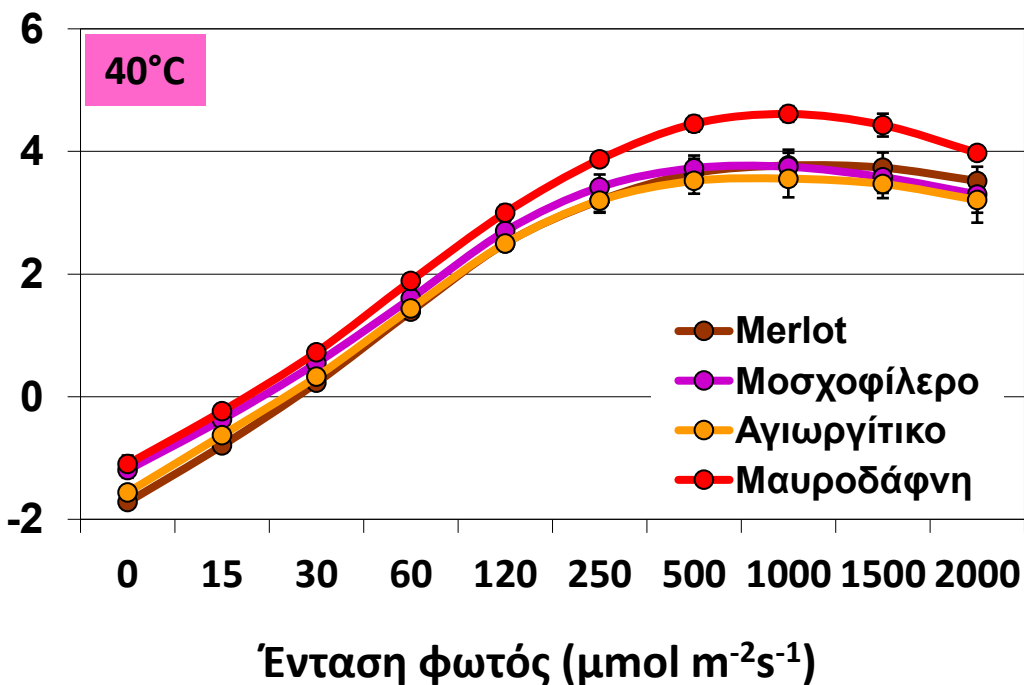
Λευκές

Το **S. Blanc**, το **Μοσχάτο** και το **Ασύρτικο** ανταποκρίθηκαν καλά στις υψηλές εντάσεις φωτός στους 40°C. Το **Ασύρτικο** προσαρμόστηκε εξίσου καλά και σε χαμηλές εντάσεις φωτός. Το **Σαββατιανό** έδειξε ευαισθησία στο έντονο φως (πτώση απόδοσης μετά τα 1000 μmol) και καλύτερη προσαρμογή σε συνθήκες σκίασης κάτω από θερμικό στρες.

Ερυθρές

Η **Μαυροδάφνη** ανταποκρίθηκε εξίσου καλά τόσο σε χαμηλές όσο και σε υψηλές εντάσεις φωτός στους 40°C (ανθεκτική στην φωτοοξείδωση)

Φωτοσυνθετικός ρυθμός
[$\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$]



Το **Merlot** απέδωσε ικανοποιητικά στις υψηλές εντάσεις φωτός αλλά όχι όπως η Μαυροδάφνη ενώ το **Αγιωργίτικο** έδειξε μια ευαισθησία στο έντονο φως στους 40°C.

Το **Μοσχοφίλερο** έδειξε καλύτερη προσαρμογή σε συνθήκες σκίασης κάτω από θερμικό στρες και μειωμένη αντοχή στο έντονο φως (ευαίσθητο στο φωτοοξειδωτικό στρες).

Μορφολογικές παρατηρήσεις



Sauvignon Blanc



Σαββατιανό



Μοσχάτο



Ασύρτικο



400x



Merlot



Μοσχοφίλερο



Αγιοργίτικο



Μαυροδάφνη

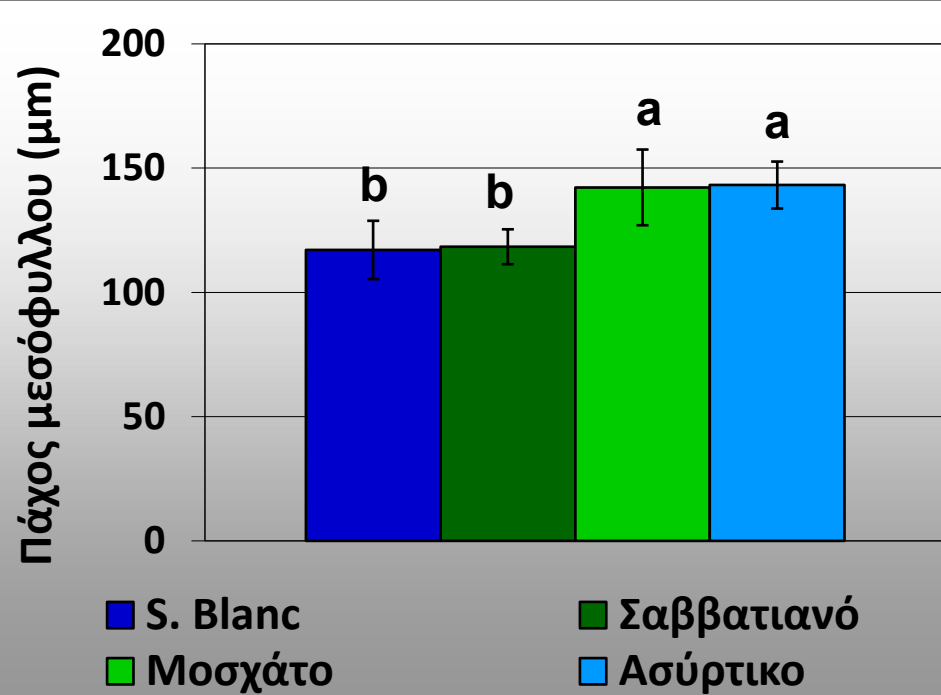
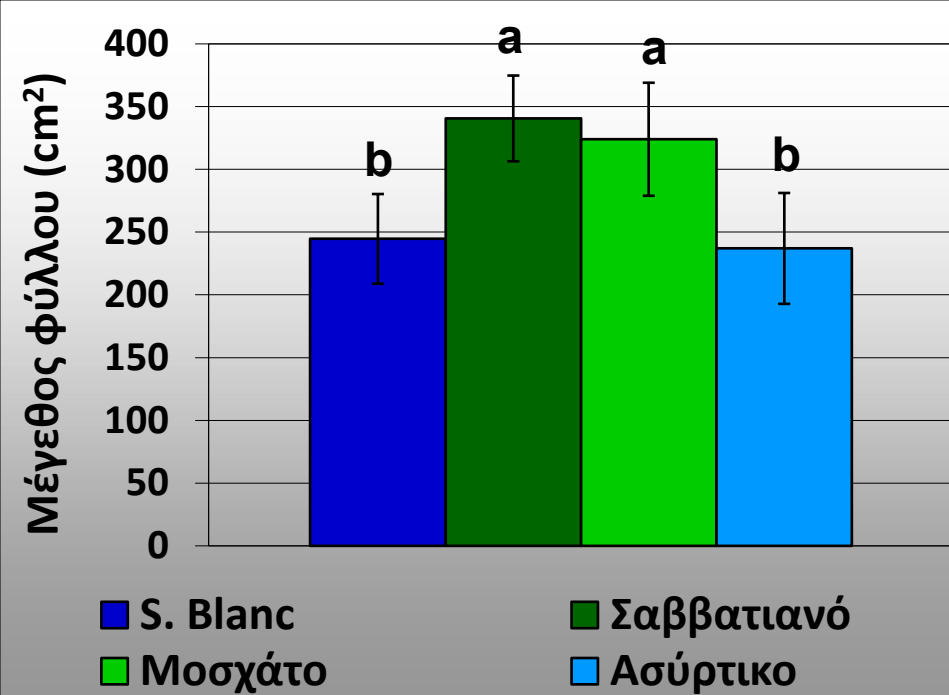


400x

Το **μεγαλύτερο μέγεθος φύλλου** συσχετίστηκε με χαμηλότερη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες και τις υψηλές εντάσεις φωτός επειδή:

- Μεγαλύτερη επιφάνεια έκθεσης στο φως οδηγεί σε υψηλότερη απορρόφηση ενέργειας και ευαισθησία στο φωτοοξειδωτικό στρες.
- Μεγαλύτερη επιφάνεια απώλειας νερού οδηγεί σε χαμηλότερη ψύξη από την διαπνοή και υψηλότερη θερμοκρασία φύλλου.

Το **πάχος του μεσόφυλλου** συσχετίστηκε θετικά με υψηλότερη αντοχή σε θερμικές συνθήκες επειδή λειτουργεί ως θερμομονωτική στρώση, που προστατεύει τους φυτικούς ιστούς από την υπερθέρμανση.

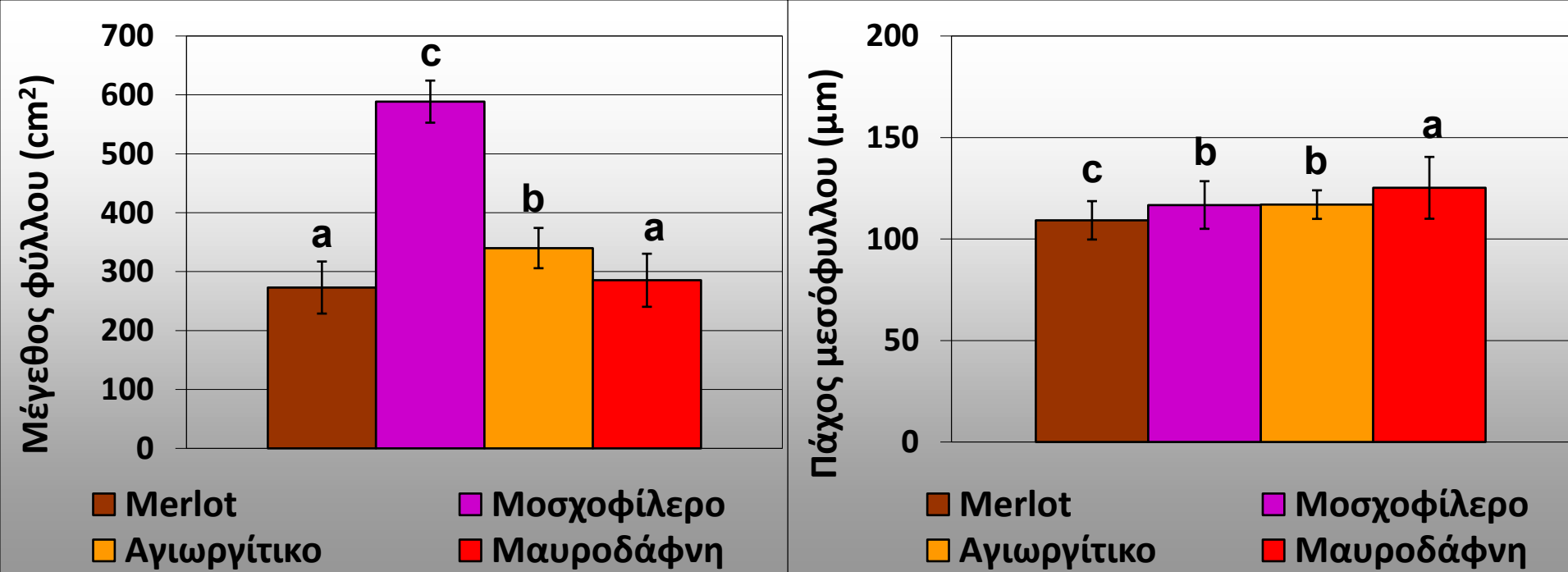


Sauvignon Blanc : Έχει **λεπτό μεσόφυλλο** που το καθιστά ευάλωτο στην υπερθέρμανση αλλά το **μικρό φύλλο** του αντισταθμίζει τις αρνητικές επιπτώσεις μειώνοντας την έκθεση στο έντονο φως.

Σαββατιανό : Έχει **λεπτό μεσόφυλλο** και **μεγάλο φύλλο** του το καθιστούν ευάλωτο στην υπερθέρμανση και το φωτοοξειδωτικό στρες.

Μοσχάτο : Παρόλο που έχει μεγάλη επιφάνεια έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία (**μέτριο-μεγάλο φύλλο**) το **παχύ** του **μεσόφυλλο** το καθιστά ανθεκτικό κατω απο θερμικές συνθήκες.

Ασύρτικο : Έχει μικρή επιφάνεια έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία (**μικρό φύλλο**) και **παχύ μεσόφυλλο** που λειτουργεί θερμομονωτικά προσδίδοντας του αντοχή στο θερμικό στρες.



Merlot : Έχει **μικρό φύλλο** και **μέτριο πάχος μεσόφυλλου** που του δίνουν ικανοποιητική προσαρμογή στις υψηλές εντάσεις φωτός κατω από θερμικές συνθήκες.

Μοσχοφίλερο : Έχει **μέτριο πάχος μεσόφυλλου** και **πολύ μεγάλο φύλλο** (μεγάλη επιφάνεια έκθεσης) που το καθιστά ευαίσθητο στο έντονο φως κάτω από υψηλές θερμοκρασίες.

Αγιωργίτικο : Παρόλο που έχει μικρότερη επιφάνεια φύλλου από το Μοσχοφίλερο (**μέτριο μέγεθος φύλλου, μέτριο πάχος μεσόφυλλου**) δείχνει μια ευαισθησία στο έντονο φως μετά τους 35°C λόγω καθυστερημένης ενεργοποίησης των φωτοπροστατευτικών μηχανισμών.

Μαυροδάφνη : Έχει **μικρό φύλλο** και **παχύ μεσόφυλλο** που της δίνει υψηλή ανθεκτικότητα στο θερμικό στρες και τις υψηλές εντάσεις φωτός.

Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

- Η αύξηση του CO₂ αντισταθμίζει τις αρνητικές επιπτώσεις της υπερθέρμανσης και της ξηρασίας από την κλιματική αλλαγή με 2 τρόπους:
 - Βελτίωση των φωτοσυνθετικών αποδόσεων
 - Καλύτερη αξιοποίηση του νερού (↓ σπατάλες σε συνδυασμό με ↑ αποδόσεις)
- Σε θερμοκρασίες < **35°C**, οι ποικιλίες διαχειρίζονται ευκολότερα το έντονο φως χωρίς σημαντική καταπόνηση. Σε θερμοκρασίες > **35°C**, το έντονο φως προκαλεί υπερφόρτωση των φωτοσυστημάτων, οδηγώντας σε μείωση των αποδόσεων και φωτοοξειδωτικό στρες.
- Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών συσχετίζονται σημαντικά με την αντοχή τους κάτω από υψηλές θερμοκρασίες και αυξημένες εντάσεις φωτός:
 - **Μεγαλύτερο μέγεθος φύλλου** συσχετίζεται με χαμηλότερη αντοχή
 - **Παχύ μεσόφυλλο** συσχετίζεται με υψηλότερη αντοχή.

Λευκές

➤ Μοσχάτο, Ασύρτικο:

- Πολύ καλή προσαρμογή στο θερμικό στρες σε τωρινές συγκεντρώσεις CO₂
- Όχι τόσο καλή απόδοση και αξιοποίηση νερού σε μελλοντικά σενάρια αυξημένου CO₂
- Το πιο παρατεταμένο άνοιγμα των στομάτων τους μετά τους 35°C τους επιτρέπει να είναι αποδοτικές ακόμα και σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες.
- Το παχύ τους μεσόφυλλο τους προσδίδει αντοχή κάτω από θερμικές συνθήκες.

➤ S. Blanc, Σαββατιανό:

- Όχι τόσο καλή απόδοση σε θερμοκρασίες > 35°C σε τωρινές συγκεντρώσεις CO₂
- Καλύτερη απόδοση και αξιοποίηση νερού σε μελλοντικά σενάρια αυξημένου CO₂
- Διαθέτουν λεπτό μεσόφυλλο που τα καθιστά πιο ευάλωτα στο θερμικό στρες
- Το **S. Blanc** διαθέτει μικρό φύλλο αντισταθμίζοντας την ευαισθησία του από το λεπτό μεσόφυλλο. Ανθεκτικό στις υψηλές εντάσεις φωτός σε θερμοκρασίες > 35°C.
- Το **Σαββατιανό** διαθέτει μεγάλο φύλλο που το καθιστά ευαίσθητο στο φωτοοξειδωτικό στρες σε θερμοκρασίες > 35°C (ενδείκνυται η τεχνητή σκίαση στις υψηλές θερμοκρασίες).

Ερυθρές

➤ Μαυροδάφνη :

- Υψηλή φωτοσυνθετική απόδοση σε όλες τις θερμοκρασίες τόσο σε χαμηλό όσο και σε αυξημένο CO₂.
- Ανθεκτική σε υψηλές θερμοκρασίες και υψηλές εντάσεις φωτός.

➤ Merlot :

- Χαμηλά οφέλη από τον εμπλουτισμό με CO₂
- Καλή προσαρμογή στις υψηλές εντάσεις φωτός κάτω από θερμικό στρες.

➤ Αγιωργίτικο :

- Ικανοποιητικά οφέλη από τον εμπλουτισμό με CO₂ (όχι όσο η Μαυροδάφνη)
- Παρόμοιες φωτοσυνθετικές αποδόσεις με Μοσχοφίλερο και Merlot σε χαμηλές συγκεντρώσεις CO₂

➤ Μοσχοφίλερο :

- Καλά οφέλη από τον εμπλουτισμό με CO₂ (όχι όσο η Μαυροδάφνη)
- Διαθέτει πολύ μεγάλο φύλλο που το καθιστά ευαίσθητο στις υψηλές εντάσεις φωτός και θερμοκρασίες > 35°C (ενδείκνυται η τεχνητή σκίαση στις υψηλές θερμοκρασίες).

Σημασία μελέτης - Μελλοντική έρευνα

- Τα συμπεράσματα που αποκομίσαμε από αυτή την μελέτη θα βοηθήσουν στην **επιλογή των κατάλληλων αμπελοκομικών πρακτικών** για την κάθε ποικιλία (π.χ σύστημα κλαδέματος, διαμόρφωσης φυλλώματος) καθώς επίσης και στην επιλογή της καταλληλότερης τοποθεσίας με βάση τα νέα κλιματικά δεδομένα.
- Μελλοντική έρευνα θα πρέπει να διεξαχθεί περιλαμβάνοντας και άλλες πολλά υποσχόμενες ελληνικές ποικιλίες καθώς επίσης και μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην σταθερότητα και την ποιότητα των οινολογικών χαρακτηριστικών της κάθε ποικιλίας.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας

ΞΕΝΟΦΩΝ ΒΕΝΙΟΣ

Υποψήφιος Διδάκτωρ

Τμήμα Επιστημών Οίνου Αμπέλου και Ποτών

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής