

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Παρακολούθηση της Επίδρασης της Ξηρασίας στην Παραγωγικότητα του Είδους *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* (Ημερη Βελανιδιά) στο Δάσος Στροφυλιάς και στα Μαύρα Βουνά (Δυτική Ελλάδα)

Σόλων Πογιατζής

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δημήτριος Σαρρής**

Μάιος 2018

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Παρακολούθηση της Επίδρασης της Ξηρασίας στην
Παραγωγικότητα του Είδους *Quercus ithaburensis* subsp.
macrolepis (Ημερη Βελανιδιά) στο Δάσος Στροφυλιάς και
στα Μαύρα Βουνά (Δυτική Ελλάδα)**

Σόλων Πογιατζής

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δημήτριος Σαρρής**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάιος 2018

Περίληψη

Το έτος 2007 υπήρξε για τη Νότιο Ελλάδα έτος ξηρασίας. Στην περιοχή της Δυτικής Αχαΐας η ξηρασία των ετών 2007 και 2008 αποτέλεσε πολύ ακραίο γεγονός με την ετήσια βροχόπτωση (Ιανουάριου-Δεκεμβρίου) να φτάνει στο 74% και 54% του μέσου όρου της περιόδου 1948-2008. Σκοπός της διατριβής είναι να μελετήσει την επίδραση του φαινομένου της ξηρασίας στην παραγωγικότητα του είδους *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* σε δυο διαφορετικούς βιοτόπους, ο ένας υγρότερος (Δάσος Στροφυλιάς-Καλογριά) και ο άλλος ξηρότερος (Μαύρα Βουνά-Γιαννισκάρι) κατά το 2007-2008 όπου παρατηρήθηκε σημαντική διαταραχή και στη φαινολογία του είδους. Επίσης, εξετάστηκε η ανταπόκριση στην ξηρασία της Πεύκης *Pinus pinea* στο Δάσος Στροφυλιάς. Για να πραγματοποιηθεί η μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες παραγωγικότητας Rt, Rc, Rs. Ο δείκτης Rt αναφέρεται στην αντίσταση (Resistance) που δείχνουν τα δέντρα στην ξηρασία και υπολογίζεται από το πηλίκο της αύξησης κατά την περίοδο της ξηρασίας (Gd) προς την αύξηση κατά την περίοδο πριν την ξηρασία (Gprev). Η ανάκαμψη (Recovery) Rc υπολογίζεται από το πηλίκο της αύξησης μετά την ξηρασία (Gpost) προς την αύξηση κατά την ξηρασία (Gd) και καταγράφει την αντίδραση στην αύξηση μετά την περίοδο ξηρασίας. Ο δείκτης της αντοχής (Resilience) Rs υπολογίζεται από το πηλίκο Gpost προς Gprev. Για τον υπολογισμό των δεικτών οι περίοδοι πριν την ξηρασία και μετά είναι αντίστοιχα τα έτη 2005-2006 και 2009-2010. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η παραγωγικότητα στις βελανιδιές μειώθηκε σε μεγαλύτερο βαθμό στην περιοχή Καλογριά σε σχέση με την περιοχή Γιαννισκάρι. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ότι οι βελανιδιές στο Γιαννισκάρι έχουν πιο ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα με πρόσβαση σε υγρασία σε μεγαλύτερο βάθος. Επίσης η πυκνότητα των συστάδων της βελανιδιάς είναι αρκετά χαμηλότερη στον βίοτοπο του Γιαννισκαριού και πιθανόν η διαθεσιμότητα νερού της βροχόπτωσης ανά δένδρο να είναι μεγαλύτερη, δίνοντας στο σύστημα μεγαλύτερη αντίσταση στην ξηρασία. Τα πεύκα στην περιοχή Καλογριά δείχνουν να ανακάμπτουν γρηγορότερα από τις βελανιδιές. Αν η ξηρασία ενταθεί περισσότερο, όπως αναμένεται λόγω κλιματικής αλλαγής, τα πεύκα ενδεχομένως να ευνοηθούν και να επικρατήσουν έναντι των βελανιδιών στην περιοχή μελέτης της Καλογριάς.

Summary

The year 2007 was for South Greece a year of drought. In the region of Western Achaia the drought of 2007 and 2008 was a very extreme event with the annual rainfall (January-December) reaching 74% and 54% of the average for the period 1948-2008. The aim of the dissertation is to study the effect of drought on the productivity of *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* in two different habitats, the one wetter (Strofyliia-Kalogria Forest) and the other more dry (Mavra Vounas-Gianniskari) in 2007-2008 where a significant disturbance was also observed in the phenology of the species. Also, the drought response of *Pinus pinea* from the Strofyliia Forest was examined. Productivity indicators Rt, Rc, Rs were used to perform the study. The index Rt refers to the Resistance that trees show to drought and is calculated from the ratio of tree growth for the period during drought (Gd) divided by tree growth before drought (Gprev). The recovery index Rc is calculated from the ratio of tree growth after the drought (Gpost) to the growth during drought (Gd) and captures the response of trees after the drought. The Resilience Rs index is calculated from the ratio of Gpost to Gprev. For the calculation of the indicators the periods before and after the drought were the years 2005-2006 and 2009-2010. The results show that oak productivity declined to a greater extent in the area of Kalogria compared to the Gianniskari area. This is probably due to the fact that oak trees in Gianniskari have a more developed root system with greater access to deeper moisture. Also, the density of the oak stands is much lower in the Gianniskari habitat, and the rainfall availability per tree is likely to be greater, giving the system more resistance to drought. The pine trees in the Kalogria area seem to recover faster than the oak trees. If the drought is further intensified, as expected due to climatic change, pine trees may be favored and prevail over oak trees in the study area of Kalogria.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διατριβής μου και καθηγητή του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου κύριο Δημήτριο Σαρρή για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου αυτή την διατριβή αλλά και για την υπομονή και καθοδήγηση του σε κάθε σταδιο διεκπεραίωσης της. Δίχως να υπερβάλλω χωρίς την αμέριστη βοήθεια του κύριου Σαρρή η πραγμάτωση της διατριβής θα ήταν αδύνατη.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Γιάννη Βογιατζάκη για την υπομονή και την στήριξη του και για την συμμετοχή του στην τριμελή επιτροπή όπως και τον κυριο Γεώργιο Δημήτριο Μπιλάλη.

Έπειτα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο και συμφοιτητή στο μεταπτυχιακό Αντρέα Βασιλείου για τις εποικοδομητικές συζητήσεις και την στήριξη του.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύζυγο μου Αντιγόνη Παύλου για την διαρκή στήριξη, βοήθεια και υπομονη της καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής παρά τις διάφορες δυσκολίες, υποχρεώσεις και προβλήματα που έχουν παρουσιαστεί.

Περιεχόμενα

Περίληψη	iii
Summary	iv
Ευχαριστίες.....	v
1 Εισαγωγή	1
1.1 Ήμερη βελανιδιά- <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	2
1.1.1 Φαινολογία της ήμερης βελανιδιάς (<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>).....	3
1.2 Κουκουναριά- <i>Pinus pinea</i>	4
1.3 Ξηρασία	5
1.4 Μεσογειακό Κλίμα	6
1.5 Το κλίμα στην Ελλάδα	7
1.6 Κλιματική αλλαγή.....	8
1.6.1 Κλιματική αλλαγή στη Μεσόγειο.....	9
1.6.2 Κλιματική αλλαγή και δάση.....	10
1.7 Αυξητικοί Δακτύλιοι-Δείκτες.....	11
1.8 Δενδροχρονολογία-Δενδροκλιματολογία.....	12
1.9 Σκοπός και στόχος.....	14
2 Μεθοδολογία	15
2.1 Περιοχή Μελέτης.....	15
2.1.1 Δάσος Στροφυλιάς	16
2.1.2 Μαύρα Βουνά.....	17
2.2 Βροχομετρικά δεδομένα.....	19
2.3 Δεδομένα αυξητικών δακτυλίων.....	20
2.4 Υπολογισμός δεικτών.....	22
2.5 Στατιστική ανάλυση.....	23
3 Αποτελέσματα	24
4 Συμπεράσματα.....	59
Βιβλιογραφία	62

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Η αύξηση της θερμοκρασίας τις τελευταίες δεκαετίες οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου εξαιτίας της ανθρώπινης επίδρασης με κυριότερο το διοξείδιο του άνθρακα. Η ένταση αυτή του φαινομένου του θερμοκηπίου έχει συνδεθεί και με την διαφοροποίηση της βροχόπτωσης. Στην Ευρώπη σύμφωνα με τα διάφορα μοντέλα πρόγνωσης που βασίζονται σε διαφορετικές παραδοχές όσον αφορά την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου (IPCC, 2007) τα επόμενα χρόνια αναμένεται αύξηση της βροχόπτωσης στις βόρειες περιοχές και περιοχές με μεγάλο υψόμετρο ενώ στις περιοχές με μέσο υψόμετρο προβλέπεται μείωση της βροχόπτωσης. Η Μεσόγειος είναι από τις περιοχές όπου η κλιματική θα έχει μεγάλες επιπτώσεις, ειδικότερα στην Ανατολική Μεσόγειο αναμένεται η μείωση της βροχόπτωσης να αγγίξει ένα από τα υψηλότερα επίπεδα παγκόσμια.

Η ξηρασία κατατάσσεται στα ακραία κλιματικά φαινόμενα. Ο όρος ξηρασία χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια χρονική περίοδο κατά την οποία η παρουσία νερού σε μια περιοχή, είτε επιφανειακά, υπόγεια ή στην ατμοσφαιρική μορφή του, είναι σημαντικά μικρότερη από την αναμενόμενη σύμφωνα με το τοπικό κλιματικό καθεστώς και τις απαιτήσεις νερού για την κάλυψη των αναγκών της περιοχής. Το νερό εισέρχεται σε μία περιοχή με την μορφή των κατακρημνισμάτων.

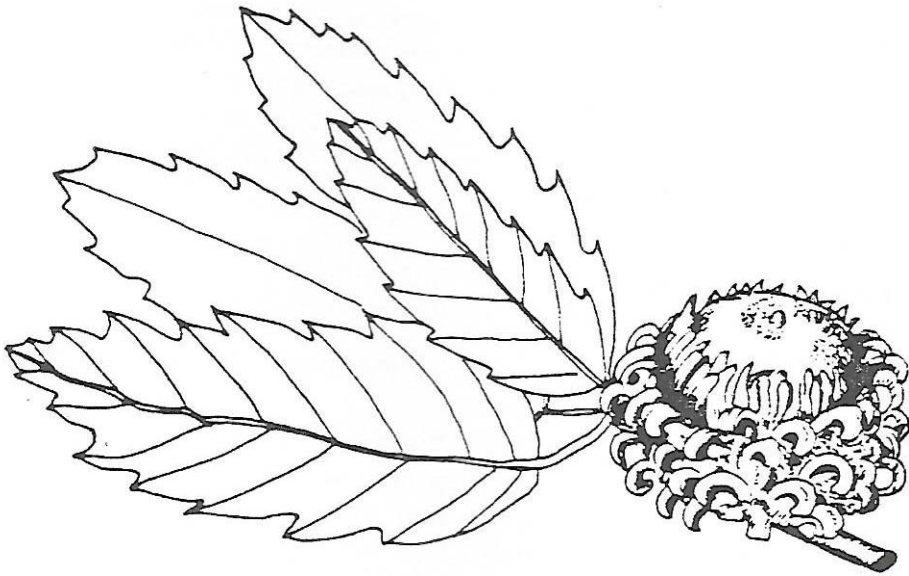
Ένα οικοσύστημα αποτελείται από τους οργανισμούς που ζουν σε μια περιοχή, το περιβάλλον στο οποίο ζουν οι οργανισμοί και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Μεταβολή στο περιβάλλον επιφέρει αλλαγές στο οικοσύστημα. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να έχουν μικρή επίδραση και το οικοσύστημα να μπορεί να επανέλθει αλλά όμως μπορεί να αλλοιωθεί σημαντικά ή και να απειληθεί η διατήρησή του όταν η επίδραση είναι μεγάλη. Με την μείωση της υγρασίας από το φαινόμενο της ξηρασίας τα οικοσυστήματα στην Μεσόγειο και κατά συνέπεια στην Ελλάδα αντιμετωπίζουν κίνδυνο και χρήζουν μεγάλου ερευνητικού ενδιαφέροντος.

1.1 Ήμερη βελανιδιά-*Quercus ithaburensis subsp. macrolepis*

Το είδος *Quercus ithaburensis* είναι είδος φυλλοβόλου δρυός που συναντάται κυρίως στην Ανατολική Μεσόγειο. Μπορεί να διακριθεί με ευκολία από τα άλλα είδη δρυος από το ημικυκλικό στέμμα που διαθέτει και τα μεγάλα σε μέγεθος βελανίδια. Τα φύλλα είναι ωοειδή κατ'εναλλαγή ,δερματώδη, οξυκόρυφα με μήκος 6-12 εκ. και πλάτος 3-7 εκ. Είναι φυτό μόνοικο με μονογενή άνθη και ανθίζει Απρίλιο- Μάιο. Ο καρπός είναι κυπελλοφόρο κάρυο με απόδισκο κύπελλο με μεγάλα γλωσσόμορφα λέπια. Τα βελανίδια είναι ωοειδή με πλάτος 1.5-2 εκ. μήκος 2.5-4 εκ. και ωριμάζουν τον Σεπτέμβριο του δεύτερου χρόνου. Είναι φιλόφωτο , θερμοξηρόβιο είδος χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις στο έδαφος και μπορεί να αναπτυχθεί από μέτρια σε βάθος μέχρι αβαθή αργιλώδη εδάφη. Υποείδη έχουν αναφερθεί ότι υπάρχουν στην νότια Ιταλία, νότια Αλβανία, Ελλάδα, Τουρκία, Συρία και Λίβανο(Pantera A, et al, 2008). Το υποείδος *Quercus ithaburensis subsp. macrolepis* συναντάται στην Ελλάδα στις περιοχές Αιτωλοκαρνανίας, Αττικής, Πελοποννήσου, Κρήτης, Κεφαλληνίας, Κέρκυρας, Ηπείρου, Κυκλάδων, Βόρειου Αιγαίου και Θράκης. Εμφανίζεται από 0m μέχρι τα 1100m αλλά φαίνεται να ευδοκίμει περισσότερο σε υψόμετρο 600-700m σε λοφώδεις εκτάσεις χωρίς ιδιαίτερη θαμνώδη ή δεντρώδη βλάστηση. Σχηματίζει αμιγείς συστάδες με αραιή συγκόμωση στην Ελλάδα συνήθως ενώ εμφανίζεται και σε ομάδες, λόχμες και μεμονωμένα άτομα. Παλιότερα χρησιμοποιούνταν κυρίως για την ξυλεία τους και την παραγωγή των βελανιδιών. Η μετατροπή δασικών εκτάσεων σε αγροτικές καλλιέργειες τα τελευταία χρόνια μαζί με την παράνομη υλοτομία, την υπερβόσκηση και τις δασικές πυρκαγιές έχουν μειώσει έντονα τα δάση της ήμερης βελανιδιάς (*Quercus ithaburensis subsp. macrolepis*) και το είδος έχει περιοριστεί σε λόχμες, μικρές ομάδες και μεμονωμένα άτομα.



Εικόνα 1. *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*



Εικόνα 2. *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* κλαδίσκος με φύλλα και καρπό

1.1.1 Φαινολογία της ήμερης βελανιδιάς (*Quercus ithaburensis* subsp. *Macrolepis*)

Ο όρος φαινολογία θεσπίστηκε από τον Βέλγο βοτανολόγο Charles Morren οποίος χρησιμοποίησε τον όρο σε μια ομιλία του το 1849 και πρώτη φορά σε επιστημονικό άρθρο το 1853. Φαινολογία ορίζεται ως η μελέτη των γεγονότων του περιοδικού κύκλου ζωής των φυτών και των ζώων. Περιλαμβάνει την διερεύνηση, την μελέτη, τον προσδιορισμό και την καταγραφή της έναρξης και λήξης των διαφόρων σταδίων της

ανάπτυξης των φυτών και πώς αυτά επηρεάζονται από τις εποχιακές μεταβολές μέσα σε ένα έτος αλλά και τις μεταβολές του κλίματος διαχρονικά. Η φαινολογία των φυτών επίσης επηρεάζεται και από παράγοντες των ενδιαιτημάτων όπως για παράδειγμα το υψόμετρο. Οι παρατηρήσεις που αφορούν την φαινολογία αποτελούν από τα πιο ευαίσθητα δεδομένα στον προσδιορισμό της ανταπόκρισης των φυτικών ειδών στις τοπικές κλιματικές συνθήκες και στις κλιματικές αλλαγές. Έτσι η φαινολογία έχει καταστεί πολύ σημαντική όσον αφορά την οικολογική έρευνα (Schwartz, 1999).

Τα περισσότερα φαινολογικά δεδομένα υπάρχουν στην Ευρώπη παρά στις άλλες ηπείρους. Πολλές μελέτες έχουν δείξει αλλαγή σε διάφορες φαινολογικές διαδικασίες των δέντρων όπως την έναρξη της ανθοφορίας και την έκπτυξη των φύλων στα φυλλοβόλα είδη.

Η ήμερη βελανιδιά (*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*) χαρακτηρίζεται και ως ημιαειθαλής γιατί τα φύλλα του έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και η πτώση τους μπορεί να γίνει πριν αλλά και μετά την έκπτυξη των νέων. Το άνοιγμα των οφθαλμών συμβαίνει στους μονοετείς βλαστούς διαρκεί ένα μήνα και η έκπτυξη των βλαστών και των φύλλων πραγματοποιείται σε σύντομο χρονικό διάστημα κατά τους μήνες Απρίλιο-Μάιο. Αυτό αποτελεί μηχανισμό προσαρμογής του είδους σημαντικό για την επιβίωση του καθώς ολοκληρώνει την ανάπτυξη του πριν τον ερχομό των ξηρών καλοκαιρινών μηνών. Κατά το έτος 2007 μετά από ένα ξηρό χειμώνα και έντονο καλοκαιρινό καύσωνα παρουσιάστηκε το φαινόμενο απώλειας του φυλλώματος κυρίως νεαρότερων ατόμων της ήμερης βελανιδιάς (*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*) στην περιοχή της Δυτικής Αχαΐας καθώς και σε άλλα φυλλοβόλα είδη στα Μαύρα Βουνά. Παρόλο που τα άτομα κατάφεραν να αναπληρώσουν το φύλλωμα τους τον επόμενο χειμώνα η συμπεριφορά αυτή αποτελεί διαταραχή για τη φαινολογία του είδους και μπορεί να καταστήσει τις βελανιδιές (*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*) ευάλωτες στο χειμερινό παγετό (Μαργέτη 2012).

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που συμβάλει στην επιβίωση του είδους κατά την ξηρή περίοδο του καλοκαιριού σύμφωνα με τους Fotelli et al. (2000) είναι ότι τα φυτάρια που αναπτύσσονται σε καλές συνθήκες υγρασίας χαρακτηρίζονται από λεπτές ρίζες σε αντίθεση με φυτάρια που αναπτύσσονται σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας.

1.2 Κουκουναριά-*Pinus pinea*

Η κουκουναριά (*Pinus pinea*) είναι κωνοφόρο αείφυλλο δέντρο μεσαίου μεγέθους που φτάνει σε ύψος 20-30 μέτρα και διάμετρο να ξεπερνά τα 2 μέτρα. Σε νεαρή ηλικία

παρουσιάζει σφαιρική κόμη όπου αργότερα γίνεται θολωτή με οριζόντια κλαδιά. Ο φλοιός έχει σταχτοκόκκινο έως σταχτομαύρο με σχισμένο κατά μήκος ξηρόφλοιο. Οι βελόνες έχουν ανοιχτό πράσινο χρώμα, είναι δύσκαμπτες, λίγο περιεστρεμμένες με μήκος 10-15 εκατοστά και έχουν διάρκεια ζωής 4-5 έτη. Είναι μόνικο φυτό με μονογενή άνθη που ανθίζουν Απρίλιο- Μάιο. Οι κώνοι είναι σφαιρικοί ως πλατιά ωοειδής με μήκος 8-15 εκατοστά και πλάτος 7-10 εκατοστά. Δεν φέρουν ποδίσκο, είναι κάθετοι πάνω στα κλαδιά και ωριμάζουν τον Νοέμβριο-Δεκέμβριο του τρίτου χρόνου από την άνθιση. Τα σπέρματα είναι καφέ με μαύρη επίστρωση μήκους 15-20 χιλιοστά. Το είδος *Pinus pinea* εμφανίζεται σε όλες τις παραμεσόγειες περιοχές της Ευρώπης, στα παράλια της Μικράς Ασίας και στα παράλια της Μαύρης Θάλασσας στον Εύξεινο Πόντο. Φύεται κυρίως σε παραλιακές περιοχές με εξαίρεση κάποια δάση στην Ισπανία και Πορτογαλία όπου φύεται φυσικά σε απόσταση από την θάλασσα. Χαρακτηρίζεται ως φωτόφιλο ξηρόφιλο και θερμόφιλο είδος πεύκου. Οι απαιτήσεις του είδους σε βροχόπτωση είναι το ιδανικό 600mm και η ελάχιστη 250mm. Είναι είδος καλά προσαρμοσμένο στις παράλιες θερμο-Μεσογειακές περιοχές όπου οι εμφάνιση παγετού είναι περιορισμένη. Φύεται κυρίως σε αμμοαργιλώδη ή αργιλοαμμώδη εδάφη με επαρκή υπόγεια υγρασία.



Εικόνα 3. Συστάδα *Pinus pinea* στο Δάσος Στροφυλιάς

1.3 Ξηρασία

Η ξηρασία είναι ένα ακραίο καιρικό φαινόμενο το οποίο έχει μια πλειάδα επιδράσεων στις διάφορες περιοχές του πλανήτη. Πλήττει πολύ περισσότερους ανθρώπους από

κάθε άλλη φυσική καταστροφή. Το φαινόμενο τη ξηρασίας είναι συνδεδεμένο με το ακραίο καιρικό φαινόμενο των πλημμυρών και τα δύο φαινόμενα συχνά χαρακτηρίζονται τα άκρα μιας τραμπάλας. Η εμφάνιση και επικράτηση όμως της ξηρασίας διαφέρει από εκείνη των πλημμυρών οι οποίες συνοδεύονται από βροντές, αστραπές, μεγάλο όγκο νερού και εκδηλώνονται σε σχετικά σύντομο χρονικά διάστημα. Από την άλλη η ξηρασία μπορεί να εκδηλώνεται και να επεκτείνεται βαθμιαία χωρίς να παρουσιάζεται ως ένα συγκεκριμένο συμβάν. Εξαιτίας των παραπάνω η ξηρασία χαρακτηρίζεται ένα εξαιρετικά επικίνδυνο ακραίο κλιματικό φαινόμενο. Συχνά μπορεί να συγχέετε με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή και χαρακτηρίζονται από υψηλές θερμοκρασίες και μειωμένη ετήσια βροχόπτωση όπως συμβαίνει στις ερήμους όπου αυτή είναι μια μόνιμη κατάσταση για αυτό το λόγο ο ορισμός της ξηρασίας είναι καθοριστικός. Έχουν δοθεί πάρα πολλοί ορισμοί στην ξηρασία και λαμβάνοντας υπόψη όλες τις πτυχές του προβλήματος είναι δυνατό να δοθεί ένας γενικευμένος ορισμός, «Η ξηρασία ορίζεται ως μια παρατεταμένη αφύσικη έλλειψη υγρασίας» αυτός είναι στην ουσία και ο ορισμός που έχει δώσει η Αμερικάνικη Μετεωρολογική Κοινωνία (Palmer, W.C., 1965).

Υπάρχουν οι εξής κατηγορίες της ξηρασίας

- Μετεωρολογική-κλιματική ξηρασία που ορίζεται από την απόκλιση της βροχόπτωσης από την αναμενόμενη.
- Γεωργική ξηρασία είναι η μείωση της υγρασίας του εδάφους περισσότερο από την εξάτμιση/διαπνοή των φυτών κατά την αυξητική περίοδο των φυτών.
- Υδρολογική ξηρασία είναι η έλλειψη της επιφανειακής και υπόγειας απορροής που μειώνουν την εδαφική υγρασία, την παροχή των ποταμών, τη στάθμη των λιμνών και των αποθεμάτων των υπόγειων νερών.
- Κοινωνικοοικονομική ξηρασία συνδέει όλες τις προηγούμενες με την προσφορά και ζήτηση του νερού και των χρήσεων του. Ορίζεται από την αρνητική διαφορά προσφοράς και ζήτησης.

1.4 Μεσογειακό κλίμα

Το μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται το κλίμα που επικρατεί στις ακτές της Μεσογείου κυρίως αλλά και το κλίμα που παρουσιάζεται σε άλλες περιοχές της γής με ίδια χαρακτηριστικά όπως στην Καλιφόρνια, περιοχές της Αυστραλίας, της Αργεντινής, της Χιλής και του Μεξικού. Κύριοι παράγοντες που καθορίζουν τη διαμόρφωση των

μεσογειακών κλιματικών συνθηκών είναι η ατμοσφαιρική κυκλοφορία, το γεωγραφικό πλάτος, το ανάγλυφο και οι θερμοκρασίες των επιφανειακών υδάτων των γύρω θαλάσσιων όγκων. Το μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται από μακρά άνυδρα καλοκαίρια με έντονη ηλιακή ακτινοβολία και ήπιους υγρούς χειμώνες με μεγάλη διακύμανση στη βροχόπτωση από χρόνο σε χρόνο.

Οι περιοχές ανά τον κόσμο με Μεσογειακού τύπου κλίμα παρουσιάζουν πολλές διακυμάνσεις σε γεωγραφικό επίπεδο, στην φυσιογραφία, στην λιθολογία και την δομή καθώς και στους βιοτικούς παράγοντες. Αυτές οι διακυμάνσεις μπορούν να αποδοθούν στο ότι οι περιοχές αυτές είναι απομακρυσμένες ή μια από την άλλη, την ιστορία όσον αφορά τον γεολογικό σχηματισμό και τις γεωλογικές και κλιματικές αλλαγές μέσα στο χρόνο και την απομόνωση τους. Παρουσιάζουν όμως μεγάλη ομοιότητα των βιολογικών δομών κάτι που ονομάζεται συγκλίνουσα εξέλιξη. Οι πέντε περιοχές με κλίμα μεσογειακού τύπου στον πλανήτη καταλαμβάνουν μόνο το 5% της συνολικής έκτασης της γή αλλά υπάρχουν σε αυτές τις περιοχές 48250 γνωστά σπερματοφύτα, περίπου το 20% του παγκόσμιου συνόλου και παρουσιάζουν μεγάλους αριθμούς από σπάνια και ενδημικά φυτά. Αυτά τα μοτίβα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί αντικρούουν τις προβλέψεις όσον αφορά την σχέση της ποικιλομορφίας σε συνάρτηση με την παραγωγικότητα και το γεωγραφικό πλάτος μιας περιοχής.

1.5 Το κλίμα στην Ελλάδα

Η Ελλάδα διαβρέχεται από την Ανατολική Μεσόγειο και το κλίμα της είναι τυπικό Μεσογειακό. Φυσικά παρουσιάζονται πολλές διαφορές στο κλίμα από περιοχή σε περιοχή ακόμα και σε μικρή απόσταση. Οι διαφοροποιήσεις αυτές οφείλονται στην τοπογραφική διαμόρφωση της χώρας με την παρουσία μεγάλων ορεινών όγκων και την εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Έτσι στην Ελλάδα λόγω των πιο πάνω παραγόντων έχουν χαρακτηριστεί έξι βιοκλιματικές ζώνες βλάστησης (Ντάφης, 1973):

- Μεσογειακή
- Υπομεσογειακή
- Υποηπειρωτική
- Ζώνη των ορεινών Μεσογειακών Κωνοφόρων
- Ηπειρωτική
- Υποαλπική ζώνη των Ψυχρόβιων Κωνοφόρων

Κλιματολογικά στην Ελλάδα υπάρχουν δυο κύριες εποχές. Την θερμή και άνοβρη εποχή από τον Απρίλιο μέχρι και τον Οκτώβριο και την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο από το μέσα Οκτωβρίου μέχρι και το τέλος Μαρτίου. Κατά την πρώτη περίοδο ο καιρός είναι σταθερός, ο ουρανός αίθριος και δεν υπάρχουν κατακρημνίσματα εκτός από σπάνιες ραγδαίες βροχές ή καταιγίδες μικρής διάρκειας. Η θερμότερη περίοδος είναι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου με μέγιστη θερμοκρασία κατά μέσο όρο από 29-35 °C. Κατά την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος με μέση ελάχιστη θερμοκρασία να κυμαίνεται από 5-10 °C στις παραθαλάσσιες περιοχές, 0-5 °C στις ηπειρωτικές περιοχές και με χαμηλότερες θερμοκρασίες κάτω του μηδενός στις βόρειες περιοχές.

1.6 Κλιματική αλλαγή

Το κλίμα της Γης είναι αποτέλεσμα της πολύπλοκης αλληλεπίδρασης μεγάλου αριθμού μεταβλητών που αφορούν από την μια την ηλιακή ακτινοβολία που είναι η κύρια πηγή ενέργειας και από την άλλη ένα μεγάλο αριθμό γήινων χαρακτηριστικών που το διαμορφώνουν (σύσταση της ατμόσφαιρας, άνεμοι και θαλάσσια ρεύματα, τοπογραφία, νέφη, υετός, ηφαιστειακές εκρήξεις κτλ). Οι δραστηριότητες του ανθρώπου που προκαλούν επέμβαση στους παράγοντες που διαμορφώνουν το κλίμα δύναται να οδηγήσει στην αλλαγή του. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας του συστήματος του παγκόσμιου κλίματος είναι πολύ δύσκολο να χαρακτηριστούν ως κλιματική αλλαγή τα ακραία καιρικά φαινόμενα που παρατηρούνται γιατί σχεδόν στο σύνολο τους εμπίπτουν στο μεγάλο εύρος της φυσικής κλιματικής μεταβλητότητας. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια πληθαίνουν οι ενδείξεις ότι η εκτεταμένη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και αερολυμάτων (που οφείλεται στον άνθρωπο) έχει εντατικοποιήσει την παγίδευση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την γή με αποτέλεσμα το παγκόσμιο κλίμα να οδηγήσει σε μια νέα κατάσταση αστάθειας.

Σύμφωνα με την 3^η έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC 2001) προβλέπεται ότι κατά τον 21^ο αιώνα η υπερθέρμανση του πλανήτη θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της βροχόπτωσης στις τροπικές περιοχές και στα μεσαία μέχρι μεγάλα γεωγραφικά πλάτη ενώ προβλέπεται μείωση στις υποτροπικές περιοχές. Η 4^η έκθεση της IPCC (2007) επιβεβαιώνει τις προβλέψεις της προηγούμενης έκθεσης όπου εκτιμά ότι με βάση το σενάριο A1B-SRES η βροχόπτωση θα αυξηθεί πάνω από 90% στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη ενώ στις περισσότερες υποτροπικές περιοχές

αναμένεται μείωση της σε ποσοστό πάνω από 66%. Σύμφωνα με την 5^η έκθεση της IPCC (2013) διαπιστώνεται πλέον πως είναι σαφής η επίδραση του ανθρώπου στην κλιματική αλλαγή. Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες συνεχίζουν να επηρεάζουν το ενεργειακό ισοζύγιο της γής με την αλλαγή στην εκπομπή και την συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου κα των αερολυμάτων αλλά και με την αλλοίωση των ιδιοτήτων της επιφάνειας της επιφάνειας της γής. Η θέρμανση της ατμόσφαιρας και των ωκεανών είναι αδιαμφισβήτητη και πολλές από τις συνακόλουθες επιπτώσεις έχουν συμβεί με ρυθμούς ρεκόρ από το 1950.

1.6.1 Κλιματική αλλαγή στη Μεσόγειο

Η περιοχή της Μεσογείου τα τελευταία χρόνια χρήζει έντονου επιστημονικού ενδιαφέροντος. Η Μεσόγειος τηλε-συνδέεται κλιματικά με πολλές περιοχές ανά το παγκόσμιο. Εκτός αυτού η αλλαγή της εισροής από την Μεσόγειο στον Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό επηρεάζει την θερμοαλατική κυκλοφορία του Ατλαντικού ωκεανού. Χαρακτηρίζεται ευαίσθητη στην κλιματική αλλαγή λόγω του συγκεκριμένου κλίματος με τα ξηρά καλοκαίρια και τους υγρούς χειμώνες και ανήκει στις περιοχές του πλανήτη που αναμένεται να αντιμετωπίσει την μεγαλύτερη μείωση της βροχόπτωσης και αύξηση του κινδύνου ξηρασίας. Κατά την δεκαετία του 90 έγιναν πολλές μελέτες χρησιμοποιώντας παγκόσμια κλιματικά μοντέλα για να γίνει μια εκτίμηση για την πιθανή κλιματική αλλαγή στη Μεσόγειο. Ελάχιστες από αυτές τις μελέτες είχαν επικεντρωθεί στην περιοχή της Μεσογείου.

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή έχει διαμορφώσει μια ειδική αναφορά για τα διαφορετικά σενάρια εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου για την εκτίμηση της κύμανσης της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας κατά τον 21^ο αιώνα. Τα διάφορα σενάρια διαμορφώνονται με βάση διαφορετικές παραδοχές όσον αφορά την αύξηση του πληθυσμού, την χρήση της ενέργειας, την οικονομική δραστηριότητα αλλά και με την παραδοχή ότι δεν θα υπάρξει μια κοινή παγκόσμια συμφωνία για την μείωση της εκπομπής των αερίων που προκαλούν την κλιματική αλλαγή.

Προβλέπετε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0.2 °C όπως προέκυψε κατά την τέταρτη αξιολόγηση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή για ένα ευρύ φάσμα των διαφορετικών σεναρίων. Με την υπόθεση ότι η εκπομπή των αερίων θα παραμείνει στα ίδια επίπεδα με το 2000 προβλέπεται επίσης αύξηση 0.1 °C ανά δεκαετία. Επίσης αναμένεται αύξηση της στάθμης της θάλασσας κατά 18-38 cm σύμφωνα με το πλέον συντηρητικό σενάριο (B1) ενώ με την πλέον απαισιόδοξη

εκτίμηση (A1F1) η αύξηση αναμένεται στα 26-59 cm. Υπάρχει αυξημένη εμπιστοσύνη σε αυτού του τύπου προβλέψεις με βάση την ταύτιση των παρατηρούμενων συνθηκών με τις προηγούμενες προβλέψεις.

1.6.2 Κλιματική αλλαγή και δάση

Τα δάση ή τα δασικά οικοσυστήματα έχουν ιδιαίτερη αξία όχι μόνο σε οικολογικό επίπεδο αλλά αισθητική και οικονομική αξία. Κατέχουν ένα ουσιαστικό ρόλο στον κύκλο του άνθρακα αφού από όλα τα οικοσυστήματα του πλανήτη τα δασικά είναι αυτά που αποθηκεύουν τις μεγαλύτερες ποσότητες άνθρακα ανά μονάδα επιφάνειας. Προσφέρουν την ξυλεία η οποία έχει πάμπολες εφαρμογές όπως η κατασκευή κατοικιών, παραγωγή χαρτιού, καυσόξυλα, παραγωγή ρητινών, φαρμάκων και άλλων προϊόντων. Επίσης εκμεταλλεύονται για εξορύξεις, για καλλιέργειες, για κτηνοτροφία και αναψυχή. Τα δασικά οικοσυστήματα είναι πολύ σημαντικά για τις προστατευτικές και ρυθμιστικές τους λειτουργίες όπως η προστασία από την διάβρωση και από διάφορες φυσικές καταστροφές (πλημμύρες, κατολισθήσεις, χιονοπτώσεις), η αποθήκευση του νερού και η ρύθμιση του υδατικού ισοζυγίου, η εδαφογένεση και η βελτίωση του εδάφους, η βελτίωση του κλίματος και των ακραίων κλιματικών φαινομένων, η απορρυπαντική επίδραση και η μείωση των θορύβων. Επιπλέον πολύ σημαντική είναι η συμβολή των δασών στη διατήρηση της βιοποικιλότητας παρέχοντας βιότοπους για τα περισσότερα είδη άγριας ζωής και χλωρίδας.

Σύμφωνα με τις προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή η αύξηση της θερμοκρασίας και οι διαφοροποιήσεις που θα παρουσιαστούν στις ετήσιες βροχοπτώσεις θα έχουν πολλές επιπτώσεις στα δασικά οικοσυστήματα οι οποίες θα επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες όπως το γεωγραφικό πλάτος, η τοπογραφία, τα είδη, οι ηλικία των δέντρων, ο τύπος του δασικού οικοσυστήματος, το μικροκλίμα της περιοχής κτλ.

Στις βόρειες περιοχές όπου προβλέπεται να παρατηρηθεί αύξηση της βροχόπτωσης και αύξηση των ελαχίστων θερμοκρασιών (επιμήκυνση της αυξητικής περιόδου) αναμένεται αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής. Στην αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής επίσης σε νεαρά δέντρα μπορεί να συμβάλει ο διπλασιασμός της συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα (Norby et al. 2005). Στις νότιες περιοχές και ιδιαίτερα στις μεσογειακές περιοχές όπου αναμένεται μείωση της βροχόπτωσης αναμένεται μείωση του ρυθμού της αύξησης και της πρωτογενούς παραγωγικότητας. Τα ξηρανθεκτικά είδη αναμένεται να επηρεαστούν λιγότερο από άλλα είδη. Σημαντικές αλλαγές αναμένεται να παρουσιαστούν στην σύνθεση των δασικών οικοσυστημάτων

και την εξάπλωση των δασών. Τα θερμόρια των ειδών θα μεταβληθούν και σε συνδυασμό με την διαφοροποίηση της βροχόπτωσης αυτό αναμένεται να επιφέρει αλλαγή στα φυσικά όρια εξάπλωσης και μελλοντικά πιθανή μετανάστευση των ειδών βορειότερα και σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Ο ανταγωνισμός μεταξύ των ειδών, λόγω της μείωσης της εδαφικής υγρασίας και της αύξησης του CO₂, αναμένεται να επιφέρει μείωση της βιοποικιλότητας στις μεσογειακές περιοχές. Επίσης στην περιοχή της Μεσογείου η κλιματική αλλαγή έχει επιφέρει αύξηση της συχνότητας και της έντασης των δασικών πυρκαγιών εξαιτίας των συνθηκών ξηρασίας, των παρατεταμένων περιόδων υψηλών θερμοκρασιών και των ακραίων καιρικών φαινομένων. Με την επίδραση της κλιματικής αλλαγής θα αυξηθεί η θνησιμότητα στα δάση λόγω δευτερογενούς προσβολής από έντομα, ασθένειες και από τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Σύμφωνα με τους Allen et al 2009 τα επιστημονικά άρθρα που αφορούν την θνησιμότητα των δασών που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή έχουν αυξηθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες.

1.7 Αυξητικοί Δακτύλιοι-Δείκτες

Στα δέντρα που φύονται στην Έυκρατη ζώνη κάθε χρόνο δημιουργείται ένας αυξητικός δακτύλιος ο λεγόμενος ετήσιος δακτύλιος. Ο δακτύλιος αυτός είναι η παραγωγή του δευτερογενούς ξυλώματος από την δραστηριότητα του καμβίου προς το κέντρο του βλαστού. Το κάμβιο δραστηριοποιείται την άνοιξη, μέχρι το φθινόπωρο είναι ενεργό και το χειμώνα βρίσκεται σε λήθαργο. Ο ετήσιος δακτύλιος αποτελείται από το πρώιμο και το όψιμο ξύλο. Το πρώιμο ξύλο ή εαρινό σχηματίζεται κατά την άνοιξη στην αρχή της βλαστητικής περιόδου και το όψιμο κατά ο καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Κατά την δημιουργία του πρώιμου ξύλου υπάρχει η ανάγκη μεταφοράς αυξημένων ποσοτήτων νερού έτσι το πρώιμο ξύλο χαρακτηρίζεται από φαρδιά σε διάμετρο αγγεία με λεπτά τοιχώματα. Το όψιμο ξύλο έχει στενότερα αγγεία με παχύτερα τοιχώματα και το φθινόπωρο ακόμη τα αγγεία παρουσιάζουν την μικρότερη διάμετρο συμβάλλοντας έτσι και στην στηριξη του φυτού. Η μετάβαση από το πρώιμο στο όψιμο ξύλο είναι βαθμιαία και δεν διακρίνεται εύκολα ενώ η μετάβαση από το όψιμο στο πρώιμο ξύλο του επόμενου έτους διακρίνεται πολύ εύκολα γιατί είναι απότομη. Σε εγκάρσια τομή του κορμού αυτή η απότομη εναλλαγή του όψιμου σε πρώιμο ξύλο λειτουργεί σαν διαχωριστικός κύκλος επιτρέποντας έτσι τον υπολογισμό της ηλικίας ενός δέντρου με ακρίβεια μετρώντας τον αριθμό των δακτυλίων.

Οι αυξητικοί δακτύλιοι εκτός από τον υπολογισμό της ηλικίας ενός δέντρου αποτελούν πηγή πολλών άλλων πληροφοριών. Μέσα από την μελέτη των αυξητικών δακτυλίων μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για την επίδραση που έχουν οι τοπογραφικοί παράγοντες, οι συνθήκες του δάσους στο οποίο αναπτύσσονται τα δέντρα αλλά και διάφορες εξωγενείς επιδράσεις στην αύξηση των δέντρων. Η Δενδροχρονολογία είναι η επιστήμη που ερευνα την χρονολόγηση και μελέτη γεγονότων του παρελθόντος μέσα από την χρονολόγηση του ξύλου. Η Δενδροκλιματολογία είναι ο κλάδος της Δενδροχρονολογίας που ερευνά τις σχέσεις των ετήσιων αυξητικών δακτυλίων των δέντρων και του κλίματος του παρελθόντος επικεντρώνοντας σε κλιματικής φύσεως ζητήματα.

1.8 Δενδροχρονολογία-Δενδροκλιματολογία

Η δενδροχρονολογία είναι η επιστήμη κατά την οποία εκτιμούνται και αξιολογούνται γεγονότα του παρελθόντος μέσα από την χρονολόγηση των αυξητικών δακτυλίων, χωρίζεται σε πολλούς κλάδους και ένας από αυτούς είναι η Δενδροκλιματολογία. Η Δενδροκλιματολογία μελετά την σχέση μεταξύ των αυξητικών δακτυλίων των δέντρων και του κλίματος στο παρόν και στο παρελθόν. Ιστορικά πιθανόν ο πρώτος που αναγνώρισε την παρουσία στρωμάτων ξύλου στα δέντρα που οφειλόταν στην ανάπτυξη ήταν ο Έλληνας φιλόσοφος και βοτανολόγος Θεόφραστος (372 π.χ-287 π.χ). Πατέρας όμως της Δενδροχρονολογίας αναγνωρίζεται ο Andrew E. Douglas(1867-1962). Κατά την ερευνητική του προσπάθεια να αποδείξει ότι οι ηλιακές κηλίδες επηρεάζουν το κλίμα της Γης χρειαζόταν μετεωρολογικά δεδομένα τα οποία ήταν ελλιπή την εποχή εκείνη το 1894. Παρατηρώντας ένα κορμό κομμένου πεύκου παρατήρησε διαφορές στο πλάτος των αυξητικών δακτυλίων. Γνωρίζοντας ήδη ότι υπήρχαν διαφορές στους αυξητικούς δακτυλίους δέντρων σε δάσος άλλης περιοχής συσχέτισε τις διαφορές αυτές με κάποιους παράγοντες που επηρεάζουν την αύξηση των δέντρων. Έχοντας αναρωτηθεί εάν το πάχος των αυξητικών δακτυλίων επηρεαζόταν πράγματι από την διαθέσιμη υγρασία τότε σε ξηρά έτη θα εμφανίζονταν πιο στενοί δακτύλιοι και έτσι θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει το πάχος των αυξητικών δακτυλίων ως μία μακροχρόνια καταγραφή του κλίματος.

Κάποια χαρακτηριστικά των δακτυλίων τους καθιστούν πολύ σημαντικούς για την μελέτη του κλίματος στο παρελθόν: 1) το πλάτος τους εύκολα μετρίεται για αρκετά έτη και αυτά μπορούν να συσχετιστούν με κλιματικά δεδομένα. 2) ο κάθε δακτύλιος μπορεί

με ακρίβεια να χρονολογηθεί και έτσι η κλιματική πληροφορία τοποθετείται με ακρίβεια στο χρόνο. Μετά από επαναλαμβανόμενες παρατηρήσεις και μελέτες έχουν αναπτυχθεί κάποιες βασικές αρχές στη Δενδροκλιματολογία και κατά συνέπεια στη Δενδροκλιματολογία.

1) Η Αρχή της Ομοιότητας (The Uniformation Principle)

Σύμφωνα με την αρχή αυτή η αύξηση των ετήσιων δακτυλίων κάτω από τις ίδιες συνθήκες στο παρελθόν είναι η ίδια με το παρόν με τις ίδιες συνθήκες. Άρα γνωρίζοντας την σχέση αυτή με την μελέτη των δακτυλίων μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για αλλαγές στις κλιματολογικές συνθήκες του παρελθόντος ακόμα και αν δεν υπάρχουν κλιματολογικά δεδομένα.

2) Η Αρχή των Περιοριστικών Παραγόντων (The Principle of Limiting Factors)

Η αρχή αυτή δηλώνει ότι ασχέτως από τους άλλους παράγοντες η ταχύτητα μιας βιολογικής διεργασίας (όπως η ανάπτυξη) περιορίζεται από εκείνο το παράγοντα που ασκεί την πιο περιοριστική δράση. Παρόλο που οι ίδιοι παράγοντες ενδέχεται να περιορίζουν την ανάπτυξη σε όλα τα έτη ο βαθμός και η διάρκεια της επιρροής μπορεί να ποικίλει σε ετήσια βάση. Όταν ένας παράγοντας σταματήσει να είναι περιοριστικός τότε η αύξηση θα αυξάνεται μέχρι ένας άλλος παράγοντας να καταστεί περιοριστικός (Fritts, 1976). Για παράδειγμα ο συνηθέστερος περιοριστικός παράγοντας όσον αφορά την αύξηση σε ξηρές περιοχές είναι η βροχόπτωση και κατά συνέπεια το πλάτος των ετήσιων αυξητικών δακτυλίων είναι ανάλογο με την βροχόπτωση. Σε άλλες περιοχές περιοριστικός παράγοντας είναι η θερμοκρασία και ακόμα περιοριστικός παράγοντας μπορεί να μην είναι κλιματολογικός αλλά να έχει σχέση με το έδαφος τον ανταγωνισμό κτλ.

3) Η Αρχή του Οικολογικού Έυρους (The Principle of Ecological Amplitude)

Η παραπάνω αρχή αναφέρετε στο εύρος των πιθανών ενδιδαιτημάτων στο οποίο ένα φυτικό είδος μπορεί να επιβιώσει. Το εύρος αυτό επηρεάζεται κυρίως από τις κλιματολογικές συνθήκες. Ειδή που ευδοκιμούν σε ένα ευρύ φάσμα ενδιδαιτημάτων έχουν μεγάλο οικολογικό εύρος ενώ είδη που περιορίζονται σε μικρό αριθμό ενδιδαιτημάτων έχουν μικρό οικολογικό εύρος. Σύμφωνα με τον Fritts, 1976 άτομα ενός είδους που βρίσκονται στα όρια του οικολογικού του εύρους είναι και τα πιο ευάλωτα στις μεταβολές του κύριου περιοριστικού τους παράγοντα και είναι και τα πιο χρήσιμα στην Δενδροχρονολογία.

1.9 Σκοπός και στόχος

Σκοπός της διατριβής είναι να μελετήσει την επίδραση του φαινομένου της ξηρασίας στην παραγωγικότητα του είδους *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* σε δυο διαφορετικούς βιοτόπους, ο ένας υγρότερος και ο άλλος ξηρότερος (Δάσος Στροφυλιάς και Μαύρα Βουνα) κατά το 2007-2008 όπου παρατηρήθηκε σημαντική διαταραχή στη φαινολογία του είδους. Επίσης θα διερευνηθεί η αντοχή που έχει το είδος στην ξηρασία στις δυο περιοχές σε σχέση με την ανταπόκριση στην ξηρασίας της Πεύκης *Pinus pinea* στο Δάσος Στροφυλιάς όπου επίσης συνυπάρχει με τη βελανιδιά.

Στόχος είναι να διαπιστωθεί ποιο είδος και σε ποιο βióτοπο εμφανίζεται πιο ευάλωτο στην ξηρασία ή εμφανίζει γρηγορότερη ανάκαμψη. Για την επίτευξη του στόχου υπολογίστηκαν δείκτες Δενδροκλιματολογίας από δεδομένα δευτερογενούς κατά πάχος αύξησης των δέντρων και έγινε στατιστική ανάλυση.

Έρευνες όπως η παρούσα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον με την εντατικοποίηση του φαινομένου της ξηρασίας που προβλέπεται στη Μεσόγειο από της συνθήκες της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής. Η μελέτη της επίδρασης της ξηρασίας έχει μεγάλη σημασία ώστε να εκτιμηθεί η αντοχή που παρουσιάζουν και ο κίνδυνος που διατρέχουν τα δάση στις ευάλωτες περιοχές της Μεσογείου. Τα δάση αμβλύνουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και με την υποβάθμιση και απουσία τους το φαινόμενο της ερημοποίησης ενδέχεται να ενταθεί.

Κεφάλαιο 2

Μεθοδολογία

2 Μεθοδολογία

Με στόχο να εξετάσουμε ποια δέντρα, ποιού βιότοπου και ποιου είδους είναι πιο ευάλωτα στη ξηρασία ή εμφανίζουν γρηγορότερη ανάκαμψη επιλέξαμε δύο βιοτόπους. Ο 1^{ος} ήταν πεδινός βιότοπος με το τοπωνύμιο Καλογριά με βαθύ έδαφος και πιθανή πρόσβαση των δένδρων στον υδροφόρο ορίζοντα. Ο 2^{ος} ήταν βραχώδης βιότοπος με το τοπωνύμιο Γιαννισκάρι με πολύ ρηχό έδαφος χωρίς πρόσβαση στον υδροφόρο ορίζοντα. Στον 1^ο βιότοπο εξετάσαμε βελανιδιές (*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*) και πεύκα (*Pinus pinea*) ενώ στο 2^ο βιότοπο μόνο βελανιδιές. Η περίοδος ξηρασίας ορίστηκε ως τα 2 έτη 2007-2008.

Για να πραγματοποιήσουμε την εξέταση του πως τα δένδρα ανέκαμψαν από την ξηρασία σε σχέση με τα προ ξηρασίας επίπεδά τους χρησιμοποιήσαμε τους δείκτες παραγωγικότητας Rt (Δείκτης Αντίστασης), Rc (Δείκτης Ανάκαμψης), Rs (Δείκτης Ανθεκτικότητας) των Lloret, Keeling & Sala, (2011). Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα της δευτερογενούς κατά πάχος αύξησης των δέντρων από τους δύο βιότοπους Καλογριά και Γιαννισκάρι για την βελανιδιά (*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*) και στον βιότοπο Καλογριά για τα πεύκα (*Pinus pinea*).

2.1 Περιοχή Μελέτης

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης αποτελεί το Εθνικό Πάρκο Υγροτόπων Κοτυχίου Στροφυλιάς και είναι μια περιοχή που αποτελείται από ένα μωσαϊκό σημαντικών οικοτόπων και σπάνιων ειδών χλωρίδας και πανίδας. Βρίσκεται στο βορειοδυτικό άκρο της Πελοποννήσου και εκτείνεται από τον Πατραϊκό κόλπο μέχρι την Κυλλήνη. Η περιοχή διοικητικά μοιράζεται στους νομούς Αχαΐας και Ηλείας και τους δήμους της Δυτικής Αχαΐας και Κυλλήνης. Η ευρύτερη περιοχή καταλαμβάνει 143000 στρέμματα ενώ το Εθνικό Πάρκο χωρίς τα θαλάσσια οικοσυστήματα 60000 στρέμματα περίπου. Μεγάλα τμήματα του Εθνικού Πάρκου όπως οι λιμνοθάλασσες Κοτύχι και Πρόκοπος και

το έλος Λάμια εντάσσονται στην Συνθήκη Ramsar (1971). Επιπλέον υπάρχουν 5 περιοχές ενταγμένες στο δίκτυο «Φύση 2000», 2 Ζώνες ειδικής Προστασίας για Πουλιά και 3 Ειδικές Ζώνες Διατήρησης.



Εικόνα 4. Άποψη Εθνικού Πάρκου Υγροτόπων Κοτυχίου-Στροφυλιάς

2.1.1 Δάσος Στροφυλιάς

Το δάσος Στροφυλιάς βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του Εθνικού Πάρκου κατέχει συνολικά 22000 στρέμματα έκταση και είναι το πιο εκτεταμένο δάσος του είδους *Pinus pinea* (κουκουναριά) στην Ελλάδα και από τα μεγαλύτερα της Ευρώπης. Καλύπτει μια παραλιακή δασική λωρίδα όπου κατά θέσεις υπάρχουν λιμνάζοντα νερά και φυσικά ή τεχνητά κανάλια σχηματίζοντας ένα οικοσύστημα μοναδικό μεγάλης οικολογικής σημασίας. Το δάσος αποτελείται από τρία κυρίαρχα είδη δέντρων, η κουκουναριά-*Pinus pinea*, η χαλέπιος πεύκη-*Pinus halepensis* και η ήμερη βελανιδιά- *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*. Η χαλέπιος πεύκη σχηματίζει μια ζώνη προς το μέρος της θάλασσας, μετά σχηματίζεται μια δεύτερη ζώνη με μικτές και αμιγείς συστάδες με κυρίαρχο είδος την κουκουναριά και στο ανατολικό τμήμα του δάσους εμφανίζεται η ήμερη βελανιδιά σχηματίζοντας αμιγείς και μικτές συστάδες με την κουκουναριά. Άλλα είδη που παρουσιάζονται στο δάσος Στροφυλιάς είναι το *Pyrus amygdaliformis*, *Pistacia terebinthus*, *Juniperus phoenicea*, *Quercus coccifera* και *Fraxinus angustifolius*.



Εικόνα 5. Δάσος Στροφυλιάς

2.1.2 Μαύρα Βουνά

Βρίσκονται στο βόρειο τμήμα του Εθνικού Πάρκου. Διοικητικά ανήκει στο Νομό Αχαΐας στο Δήμο Άραξου. Αποτελούνται από ένα σύμπλεγμα λόφων που έχουν ύψος μέχρι τα 240 μέτρα με πλαγίες με μικρές έως αρκετά ισχυρές κλίσεις. Οι πετρώδης αυτοί όγκοι αποτελούνται από ασβεστολιθικά πετρώματα με εμφανίσεις μητρικού πετρώματος ενώ προχωρώντας προς την θάλασσα παρατηρούνται αμμώδης σχηματισμοί και κώνοι κορημάτων. Πιο αναλυτικά γεωλογικά η περιοχή χαρακτηρίζεται από:

Κώνους κορημάτων και αμμώδεις παράκτιους σχηματισμούς.

Εδάφη ζώνης σκληρών ασβεστόλιθων

Ασβεστόλιθους Ανώτερου Ιουρασικού-Κατώτερου Κρητιδικού

Αμμώδη και κολλούβια εδάφη

Στους βραχώδης αυτούς όγκους η βλάστηση ανήκει στο Θερμο-Μεσογειακό όροφο βλάστησης και συναντώνται 308 είδη φυτών (αγγειόσπερμα). Παρατηρούνται οι παρακάτω κυρίαρχες ομάδες.

- Δασικές κοινότητες *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*
- Κοινότητες θαμνώνων *Juniperus phoenicea*
- Φρυγανικές κοινότητες
- Μικτές κοινότητες αμμόφιλης και υγρόφιλης βλάστησης

Η έντονη βόσκηση σε συνδυασμό με καλοκαιρινές πυρκαγιές κρατούν την βλάστηση θαμνώδη και χαμηλή αυξάνοντας το ποσοστό των φρυγάνων. Οι πιο χαρακτηριστικοί

θάμνοι είναι η φοινικική άρκευθος ή θαμνοκυπάρισσος (*Juniperus phoenicea*), η τρεμιθιά η Σχοινιά (*Pistacia terebinthus*), η αγριελια (*Olea europea*), η κουτσουπιιά (*Cercis siliquastrum*), η γκορτσιά (*Pyrus amygdaliformis*). Στα Μαύρα Βουνά βρίσκουν καταφύγιο αρκετά είδη πανίδας όπως το κουνάβι, η αλεπού, το τσακάλι, ο ασβός, το πετροκούναβο όπως και πλήθος πτηνών. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τον Περγάντη, (1991) καταγράφονται 2 είδη αμφίβιων, 12 είδη ερπετών, 102 είδη πτηνών και 19 είδη θηλαστικών. Πολλά από τα είδη είναι προστατευόμενα. Βιοκλιματικά η περιοχή ανήκει στο έντονο Μέσο-Μεσογειακό τύπο με περίπου βιολογικώς ξηρές ημέρες κατά την θερινή θερμή και ξηρή περίοδο από 70-100 και στο ύψυγρο βιοκλιματικό όροφο με ήπιους χειμώνες (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.,1996). Το κλίμα της περιοχής ανήκει στο τύπο κλίματος της Ανατολικής Μεσογείου με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους και υγρούς χειμώνες. Η θερμή και ξηρή περίοδος του καλοκαιριού σε συνδυασμό με τους δυνατούς ανέμους που πνέουν στη περιοχή έχουν σαν αποτέλεσμα ο κίνδυνος για έκρηξη και εξάπλωσης πυρκαγιάς να είναι αυξημένος. Παρά την μεγάλη ξηρή περίοδο των τριών μηνών του καλοκαιριού η επίδραση της θάλασσας περιορίζει τις ακραίες θερμοκρασίες και αυξάνει την υγρασία του αέρα. Το κλίμα της περιοχής είναι ευνοϊκό για ανάπτυξη βλάστησης και σε συνδυασμό με τις ιδιαίτερες υδρολογικές συνθήκες και τη μεγάλη αυξητική περίοδο καταστούν την περιοχή ευνοϊκή για την διαβίωση μεγάλου αριθμού ειδών χλωρίδας και πανίδας στα διάφορα οικοσυστήματα της περιοχής.



Εικόνα 6. Τα Μαύρα Βουνά

2.2 Βροχομετρικά δεδομένα

Τα βροχομετρικά δεδομένα προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία Ελλάδος από τον Μετεωρολογικό Σταθμό Άραξου. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης δεδομένα από τον σταθμό Λαμπάς και Κάτω Αχαΐας για σύγκριση και συμπλήρωση των τιμών από τον σταθμό Άραξου.

Στον πίνακα φαίνονται οι μηνιαίες βροχοπτώσεις από το έτος 1948 μέχρι το 2011. Τα δεδομένα του πίνακα χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της ξηρασίας του 2007-2008.

Πίνακας 1. Μηνιαίες βροχοπτώσεις από 1948-2011

ΈΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΛΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
1948			2.3	106.2	20.3	6.8			41.6	19.5	70.6	146.2
1949	99.9	22.7	195.3	8.8	0.5	0.8	0.3	19.2	34.5	15.1	292.6	80.3
1950	125.9	83.3	69	29.1	15.4	0	0	4.8	23.1	17.5	174.1	180.2
1951	78.7	59.8	52.6	17.2	13	1.3	0	3.2	132.4	227.9	93.1	121.7
1952	129.8	106.12	31.5	17.9	4.5	3.4	8.2	0	27.7	42.9	174.4	73.7
1953	145.1	58.8	12.3	39.4	111.5	30.7	0	4	25.2	103.7	109.3	37.5
1954	176.9	153.6	68.6	59.5	23.6	0	0	0	0	54.6	98.5	128.5
1955	23.7	32.6	43.3	110.2	0	0	0	8	68.8	96.9	154.9	7
1956	110.9	242.8	151.1	33.9	13.7	35.9	0	0	29.1	113.9	167.4	103.8
1957	71.3	36.6	47.7	21.6	37.7	0.4	0	1.1	41	123.3	97.9	85.1
1958	115	43.8	80	82.4	0	0.2	0	0	17.9	67.2	103.9	129
1959	88.3	5.2	59.9	58.8	22.4	11.2	0.5	0	117	82.6	115.2	162.2
1960	136	26.7	54.1	35.9	17.5	0	0.6	0	90	40	110.8	219.8
1961	53.3	27.7	28.7	29.7	1.3	0	0	0	0	87.4	123.2	137.7
1962	68.2	95.9	101.1	45.2	0	0	5	0	0	0	0	278
1963	74.6	152.4	42	35.4	58.7	0.6	0	64.5	7.2	234.9	54.4	133.9
1964	47.9	69.8	66.4	3.7	27.6	37	4	0	23.1	53.6	50.4	108.3
1965	45.1	146.4	40.4	56.6	8.4	60.2	0	0.3	0	10.1	146	100
1966	155.7	37.4	57.3	33.3	19.3	8.5	0	2.6	48.2	97.3	376.6	208
1967	98.8	22.6	31	41.8	14.4	0.9	0	0	35	57.5	33.4	126.3
1968	146.9	77.9	66.5	9.1	70.3	35.1	0	16	3.8	69.9	96	256.2
1969	100.5	99.2	47.6	20.9	0	15.4	1.8	0	11	8	35.8	327.6
1970	186.2	131.8	35.6	23.7	15.6	0	0	0	1.2	86.7	60.9	89.8
1971	66.9	180.3	164.6	17	17.4	0.2	19	1	49.7	104.8	71.6	100.4
1972	118	110.6	51.3	58.6	33.1	0	15.9	34.5	16.4	153.3	13.6	31.8
1973	119.8	126.2	87.3	59.5	0	0	17.5	0	43.3	58.5	105.3	50.4
1974	68.2	98.4	98.4	81.3	6.9	0	0.9	0.8	62.3	88.9	94.6	98.2
1975	12.7	46.5	69.4	1.4	36.7	27.1	0	0.1	0.4	58.7	160.2	115.2
1976	76.1	65.3	49.9	60.8	21.4	27.2	2.2	0.8	0	92.6	224.5	117.6
1977	40.8	42.2	10.2	41.9	6	0	0.1	6.5	51.5	13.8	134.7	57.6

1978	222	95	51.9	65.5	14.9	0	0	0	41.2	73.2	185.2	95.1
1979	99	76.2	58.3	55.6	30.2	0.3	7.1	16.1	0.7	133.5	207.6	102.5
1980	152.4	45.2	47.1	86.1	16.2	18	0	8.9	19.3	127	126.3	154.1
1981	107.5	80.7	22.2	33.5	49.8	0	0	1.8	37.4	110.9	169.7	217.6
1982	27.8	78.3	73.7	103.7	8.4	0	0	0.1	12.6	130.8	163.8	113.8
1983	32.1	77.7	47.5	26.5	1.8	22.5	0.9	5.9	32	100.2	186.3	184.3
1984	84.4	151.5	69.5	39.4	8.9	0	0	0	30.1	11.8	54.1	59.9
1985	217.3	62.2	139.8	30.2	4.1	0	0	0	0	33.4	155.9	19.9
1986	175.6	131.7	66.1	40.4	18.6	0	35	0	0.5	76.1	40.3	102.6
1987	117.3	77	83.6	55	17.7	0.1	0	7.1	0	101.2	148.1	53.1
1988	76.4	92.8	57.6	22.9	6.4	1.1	0	0	8.8	41.4	223.4	103.7
1989	0.4	24.7	23.3	25.3	18	14.6	19	0.4	63.7	80.3	109.8	44.8
1990	2.5	17	0	43.7	1	0	0	11.8	20.8	62.3	65.6	341.1
1991	35.4	62	54.3	59.8	61.2	0.5	24.6	4.3	4.7	64.7	65.8	35.7
1992	3.8	5.2	20.7	65.3	100.4	19.7	0.3	1.4	20.7	41.8	49.8	90.3
1993	43.4	96.9	113.2	21.1	30.6	23.9	0	0	26.4	14.4	156.1	54.3
1994	141.6	100.5	15.2	27.4	31.3	0	0	1	1.6	88	142.9	93.7
1995	165.2	26.5	136	14.4	31.6	0	1.8	41.4	81.6	6.6	210.3	117.5
1996	32.8	140	94.1	44.1	3.1	3.8	0	2.4	106.4	133.2	196.1	174.1
1997	62.3	26.1	50.1	123.8	0.1	10.3	0	0	12.8	117.2	117.7	165.3
1998	33.1	34.6	31.2	9.4	43.2	2.6	0	0	76.7	27.8	318.5	153
1999	77.9	137.1	108.1	6.6	7.7	0.2	0	1	35.4	106.9	222.6	106.7
2000	29.2	74.1	19.9	5.6	38.2	0.5	0	0	28.1	127.8	103	67.2
2001	192.8	57.5	42.2	146.6	3	3.3	0	0.2	30.7	6.7	199.9	211.6
2002	81.5	17.5	65.3	96	7	5.8	62.2	30	115.6	89	95.3	208.5
2003	148.6	132	42.7	35.7	26.9	9.5	0	28.4	63.9	95.5	46.6	92.1
2004	144	20.9	55	37.6	6.9	34.9	8.5	0	32.3	53.5	85.7	120.4
2005	82.4	194.5	66.3	30.1	14.4	5	0.3	0	6.9	46.7	116.1	139.6
2006	82.6	104.7	64.3	23.7	11	16.3	1.2	28.7	55.1	32.9	59.1	31.8
2007	24.4	65	56.7	47.3	22.4	15.9	0	2.1	32.2	99.4	66.2	63.6
2008	44.7	9.4	43.2	25.5	9.2	8.7	0	0	31.9	11.7	80.9	95
2009	297.7	97.8	135.6	30.8	1	3.4	0	0	41.8	173.6	128	96.4
2010	131.4	62.2	54.2	4.4	44.2	12.8	0	1	23	355.6	120.4	56.8
2011	93	51.2	70	63	33.6	0.2	0	0	9.6	162.8	0.2	178.8

2.3 Δεδομένα αυξητικών δακτυλίων

Τα δεδομένα για την δευτερογενή κατά πάχος αύξηση για την ήμερη βελανιδιά έχουν παρθεί από την μεταπτυχιακή διατριβή της Μαργέτη (2012) με θέμα «Επίδραση της τοπογραφίας και της κλιματικής αλλαγής στην αύξηση της ήμερης βελανιδιάς (*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*) στη Δυτική Πελοπόννησο (Μαύρα Βουνά Αχαΐας)». Τα

δεδομένα της κουκουναριάς (*Pinus pinea*) έχουν διατεθεί από δειγματοληψία των Gianluigi Mazza και Δημήτριο Σαρρή.

Οι δειγματοληψίες και στις δυο περιπτώσεις πραγματοποιήθηκαν σε υγιή κυρίαρχα δέντρα χωρίς καμία εμφανή επίδραση του γύρω περιβάλλοντος που θα μπορούσε να επηρεάσει την αύξηση. Από κάθε δέντρο έχουν ληφθεί δύο δείγματα σε αντίθετες πλευρές σε σθηθιαίο ύψος περίπου 1.2-1.3 μέτρα. Τα δείγματα στη συνέχεια αφού προετοιμάστηκαν σύμφωνα με γνωστές σταθερές δενδροχρονολογικές διαδικασίες μετρήθηκαν με την χρήση στερεοσκοπίου συνδεδεμένο με την τράπεζα μετρήσεων Lintab και το λογισμικό πακέτο Time Series Analysis and Presentation, TSAP.

Πίνακας 2. Πλάτος δακτυλίων Βελανιδιάς στην περιοχή Καλογριά

Καλογριά <i>Q. macrolepis</i>						
Δέντρο	2005	2006	2007	2008	2009	2010
B1.1	157	157	126	95	183	85
B1.2	93	141	96	147	346	227
B1.3	106	120	97	171	113	80
B1.4	121	70	80	95	64	84
B1.5	55	110	82	97	70	132
B1.6	172	200	183	274	312	121
B1.7	35	91	82	49	67	86
B1.8	138	180	147	144	132	156
B1.9	75	124	69	76	183	143
B1.10	140	146	129	104	159	122
B1.11	132	218	196	239	417	247
B1.12	98	128	96	78	106	48
B1.13	180	249	171	216	272	177
B1.14	150	152	116	106	138	106

Πίνακας 3. Πλάτος δακτυλίων Βελανιδιάς στην περιοχή Γιαννισκάρι

Γιαννισκάρι <i>Q. macrolepis</i>						
Δέντρο	2005	2006	2007	2008	2009	2010
B2.1	39	78	103	65	105	71
B2.2	66	70	188	76	150	108
B2.3	105	66	130	55	166	57
B2.4	115	66	161	97	127	116
B2.5	98	57	104	81	93	90
B2.6	98	109	86	82	83	114

B2.7	131	80	147	124	161	123
B2.8	100	106	101	99	135	197
B2.9	98	75	119	88	123	95
B2.10	94	77	111	75	116	76
B2.11	139	81	109	84	124	84
B2.12	131	54	126	73	126	113

Πίνακας 4. Πλάτος δακτυλίων κουκουναριάς στην περιοχή Καλογριά

Καλογριά <i>Pinus pinea</i>						
Δέντρο	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A1	93	87	69	59	115	81
A2	74	114	75	75	88	105
A3	41	49	34	53	87	61
A4	115	150	111	102	155	149
A5	53	83	40	66	90	67
A6	58	113	92	92	123	122
A7	47	92	45	48	81	55
A8	90	144	78	86	98	165
A9	67	71	63	65	75	87
A10	164	210	157	84	183	191
A11	45	75	60	68	55	62
A12	57	67	79	70	69	125
A13	57	89	82	105	87	82
A14	82	113	64	79	115	135
A15	28	45	32	48	56	65
A16	39	52	34	72	83	64
A17	65	86	58	73	131	96
A18	73	117	50	73	102	97
A19	28	47	24	26	32	42
A20	98	116	81	102	109	138
A21	56	145	73	90	127	130

2.4 Υπολογισμός Δεικτών

Από τα δεδομένα της δευτερογενούς κατά πάχος αύξησης υπολογίσαμε τους δείκτες παραγωγικότητας R_t , R_c και R_s σύμφωνα με τους Lloret, Keeling & Sala (2011).

Ο δείκτης R_t αναφέρεται στην αντίσταση (Resistance) που δείχνουν τα δέντρα στην ξηρασία υπολογίζεται από το πηλίκο της αύξησης κατά την περίοδο της ξηρασίας (G_d)

προς την αύξηση κατά την περίοδο πριν την ξηρασία (G_{prev}) - Δείκτης Resistance- Αντίσταση $R_t = G_d / G_{prev}$.

Η ανάκαμψη (Recovery) R_c υπολογίζεται από το πηλίκο της αύξησης μετά την ξηρασία (G_{post}) προς την αύξηση κατά την ξηρασία (G_d) και καταγράφει την αντίδραση στην αύξηση μετά την περίοδο ξηρασίας - Δείκτης Recovery- Ανάκαμψη $R_c = G_{post} / G_d$.

Ο δείκτης της αντοχής (Resilience) R_s υπολογίζεται από το πηλίκο της αύξησης μετά την ξηρασία (G_{post}) προς την αύξηση πριν την ξηρασία (G_{prev}). Η περίοδος ξηρασίας που μελετούμε είναι κατά τα έτη 2007-2008. Έτσι για τον υπολογισμό των δεικτών οι περίοδοι πριν την ξηρασία και μετά είναι αντίστοιχα τα έτη 2005-2006 και 2009-2010. Δείκτης Resilience-Αντοχής $R_s = G_{post} / G_{prev}$

2.5 Στατιστική ανάλυση

Για να συγκριθούν μέσοι όροι εφαρμόστηκε το t-test. Το t-test χρησιμοποιείται για να συγκρίνει τους μέσους όρους δύο συνόλων και να προσδιορίσει αν διαφέρουν μεταξύ τους. Επίσης δείχνει πόσο σημαντικές είναι οι διαφορές αυτές. Πριν την εφαρμογή του t-test πραγματοποιήσαμε F-test σε όλες τις περιπτώσεις για να ελέγξουμε αν οι διασπορές είναι οι ίδιες. Στις περιπτώσεις που το P στο F-test είναι μικρότερο από 0,05 χρησιμοποιήσαμε στο t-test την επιλογή Two-Sample Assuming Unequal Variances (Πίνακας 5, Πίνακας 6). Στις περιπτώσεις όπου το P στο F-test είναι μεγαλύτερο από 0,05 χρησιμοποιήσαμε στο t-test την επιλογή Paired two sample for means (Πίνακες 7-14).

Κεφάλαιο 3

Αποτελέσματα

Στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 15, Πίνακας 16, Πίνακας 17) φαίνονται οι υπολογισμένοι δείκτες για την ήμερη βελανιδιά *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* στις δύο περιοχές Καλογριά και Γιαννισκάρι και για την κουκουναριά *Pinus pinea* στην περιοχή Καλογριά.

Πίνακας 5. Αύξηση πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία και δείκτες παραγωγικότητας Rt, Rc, Rs του είδους *Quercus macrolepis* στην περιοχή Καλογριά.

ΚΑΛΟΓΡΙΑ <i>Q. macrolepis</i>						
Δέντρο	Gprev	Gd	Gpost	Rt	Rc	Rs
B1.1	157	110,5	134	0,70	1,21	0,85
B1.2	117	121,5	286,5	1,04	2,36	2,45
B1.3	113	134	101	1,19	0,75	0,89
B1.4	95,5	87,5	74	0,92	0,85	0,77
B1.5	82,5	89,5	101	1,08	1,13	1,22
B1.6	186	228,5	216,5	1,23	0,95	1,16
B1.7	63	65,5	76,5	1,04	1,17	1,21
B1.8	159	145,5	144	0,92	0,99	0,91
B1.9	99,5	72,5	163	0,73	2,25	1,64
B1.10	143	116,5	140,5	0,81	1,21	0,98
B1.11	175	217,5	332	1,24	1,53	1,90
B1.12	113	87	77	0,77	0,89	0,68
B1.13	214,5	193,5	224,5	0,90	1,16	1,05
B1.14	151	111	122	0,74	1,10	0,81

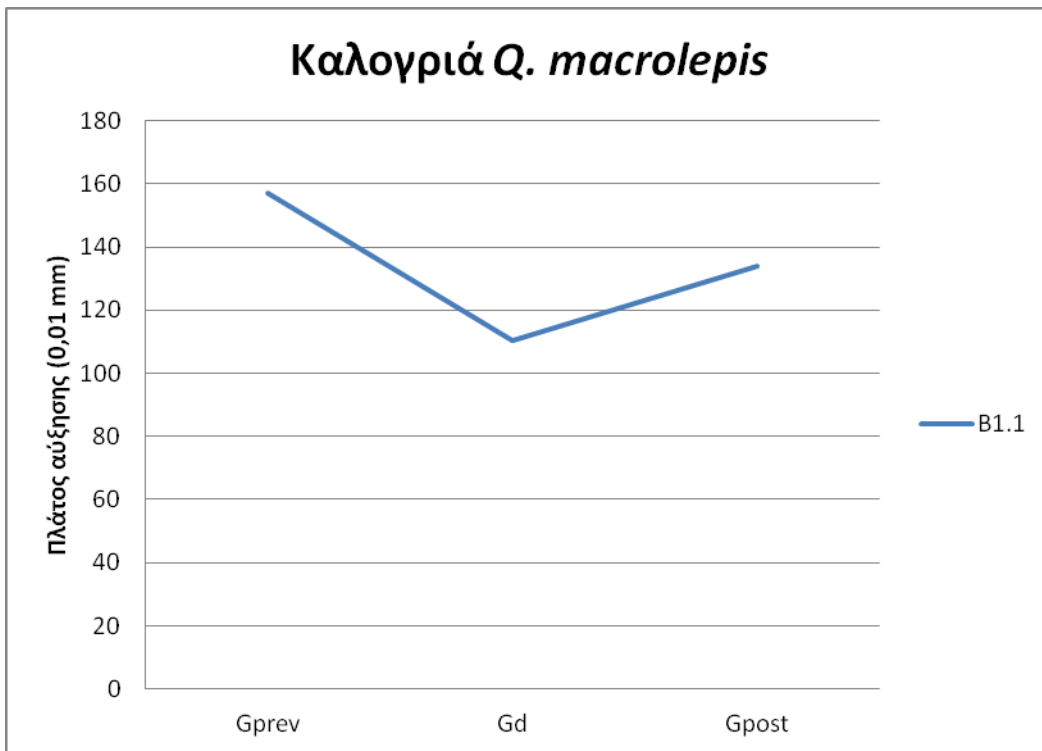
Πίνακας 6. Αύξηση πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία και δείκτες παραγωγικότητας Rt,Rc,Rs του είδους *Quercus macrolepis* στην περιοχή Γιαννισκάρι.

Γιαννισκάρι <i>Q. macrolepis</i>

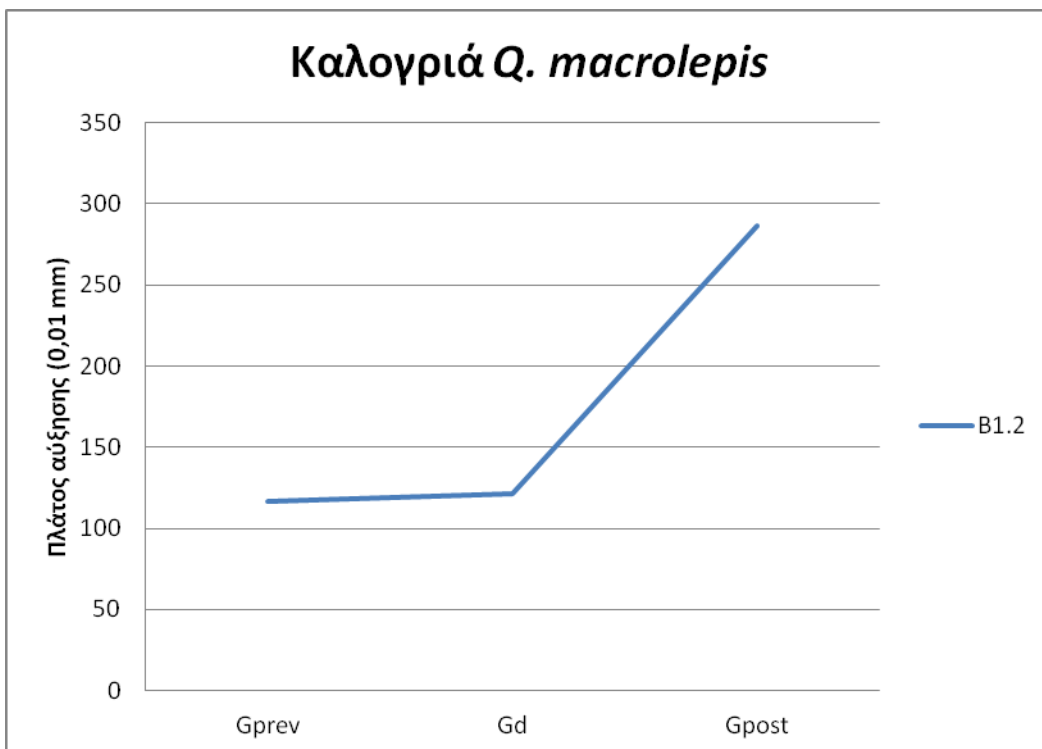
Δέντρο	Gprev	Gd	Gpost	Rt	Rc	Rs
B2.1	58,5	84	88	1,44	1,05	1,50
B2.2	68	132	129	1,94	0,98	1,90
B2.3	85,5	92,5	111,5	1,08	1,21	1,30
B2.4	90,5	129	121,5	1,43	0,94	1,34
B2.5	77,5	92,5	91,5	1,19	0,99	1,18
B2.6	103,5	84	98,5	0,81	1,17	0,95
B2.7	105,5	135,5	142	1,28	1,05	1,35
B2.8	103	100	166	0,97	1,66	1,61
B2.9	86,5	103,5	109	1,20	1,05	1,26
B2.10	85,5	93	96	1,09	1,03	1,12
B2.11	110	96,5	104	0,88	1,08	0,95
B2.12	92,5	99,5	119,5	1,08	1,20	1,29

Πίνακας 7. Αύξηση πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία και δείκτες παραγωγικότητας Rt,Rc,Rs του είδους *Pinus pinea* στην περιοχή Καλογριά.

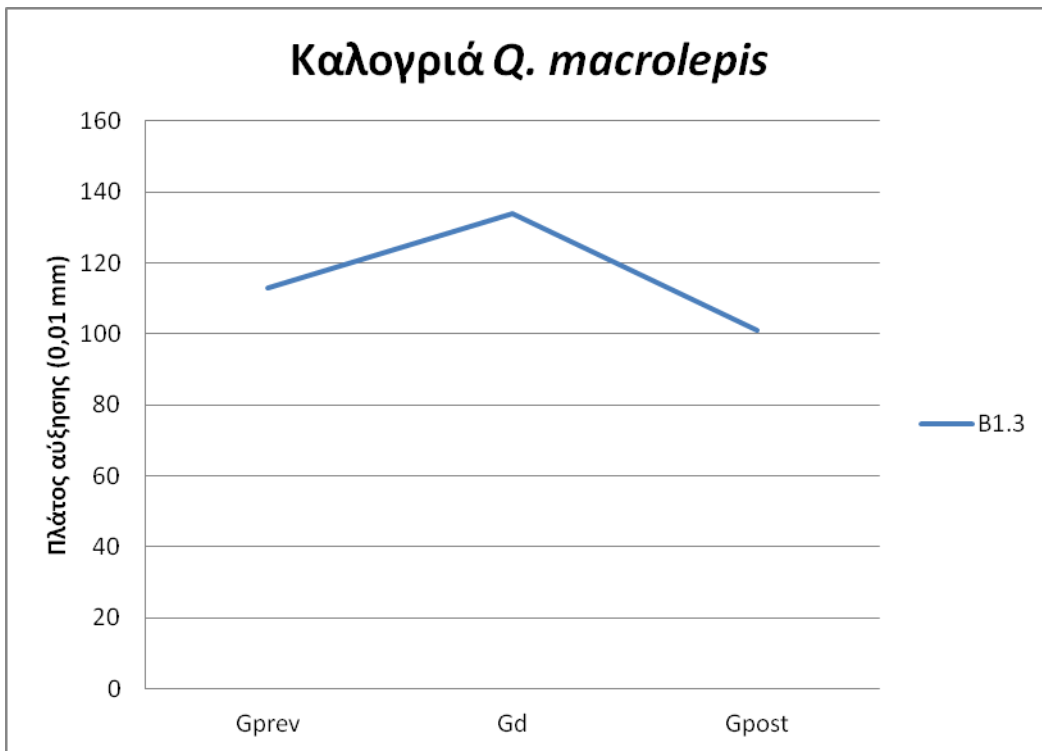
Καλογριά <i>P. pinea</i>						
Δέντρο	Gprev	Gd	Gpost	Rt	Rc	Rs
A1	90	64	98	0,71	1,53	1,09
A2	94	75	96,5	0,80	1,29	1,03
A3	45	43,5	74	0,97	1,70	1,64
A4	132,5	106,5	152	0,80	1,43	1,15
A5	68	53	78,5	0,78	1,48	1,15
A6	85,5	92	122,5	1,08	1,33	1,43
A7	69,5	46,5	68	0,67	1,46	0,98
A8	117	82	131,5	0,70	1,60	1,12
A9	69	64	81	0,93	1,27	1,17
A10	187	120,5	187	0,64	1,55	1,00
A11	60	64	58,5	1,07	0,91	0,98
A12	62	74,5	97	1,20	1,30	1,56
A13	73	93,5	84,5	1,28	0,90	1,16
A14	97,5	71,5	125	0,73	1,75	1,28
A15	36,5	40	60,5	1,10	1,51	1,66
A16	45,5	53	73,5	1,16	1,39	1,62
A17	75,5	65,5	113,5	0,87	1,73	1,50
A18	95	61,5	99,5	0,65	1,62	1,05
A19	37,5	25	37	0,67	1,48	0,99
A20	107	91,5	123,5	0,86	1,35	1,15
A21	100,5	81,5	128,5	0,81	1,58	1,28



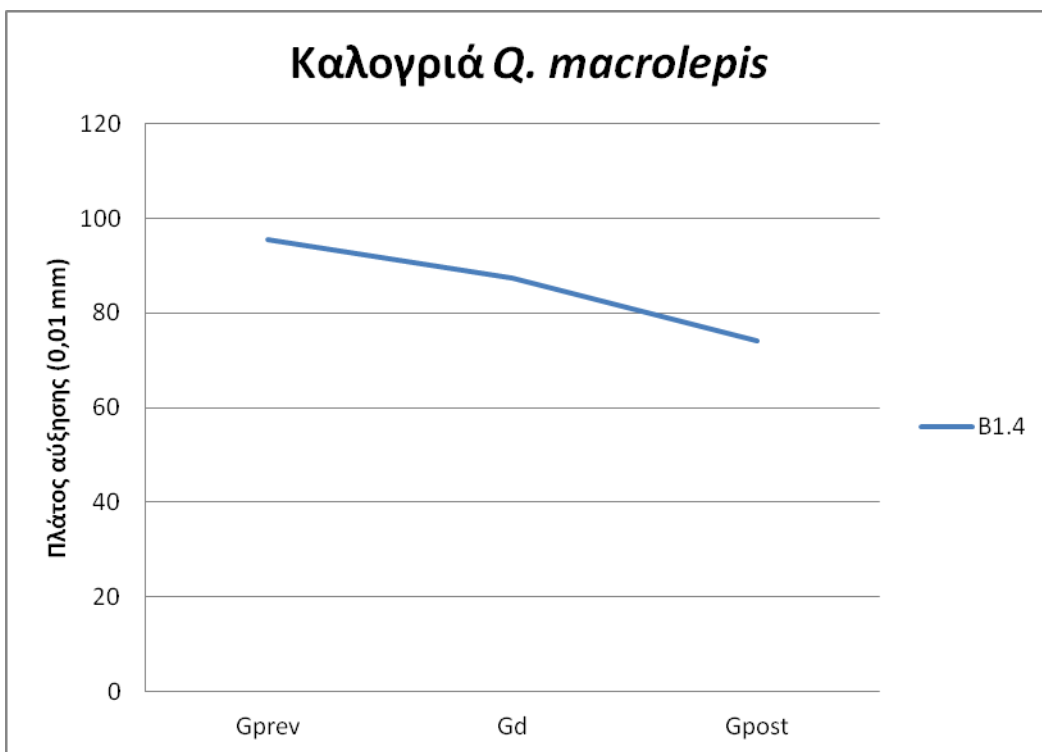
Εικόνα 7. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.1 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



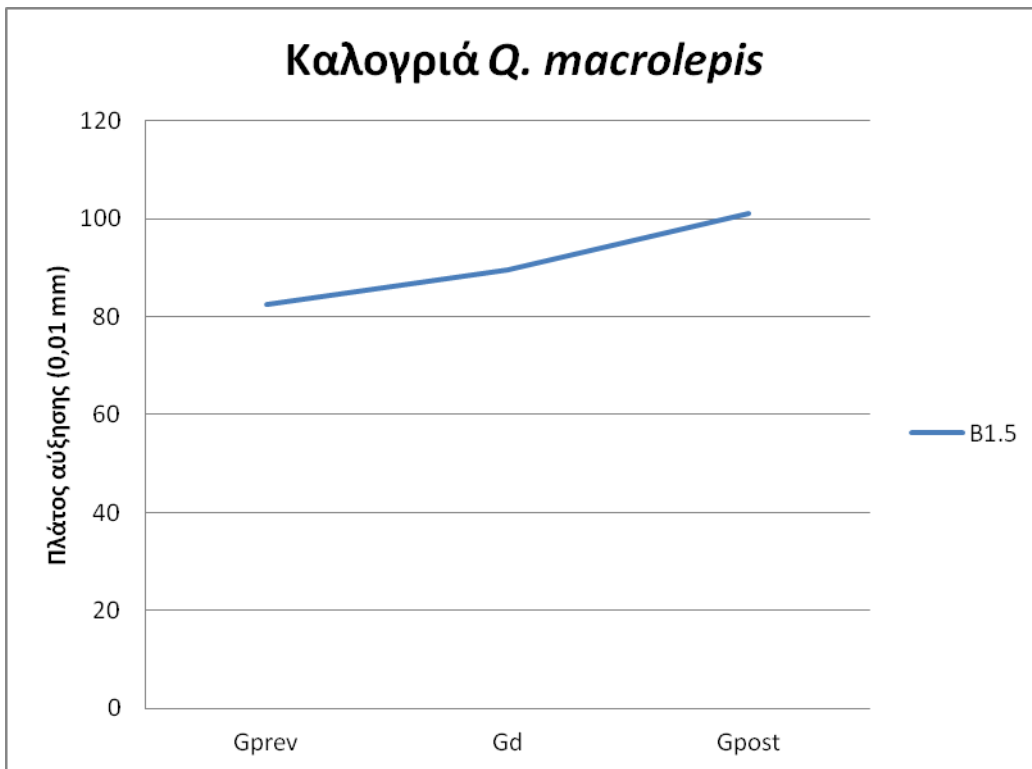
Εικόνα 8. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.2 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



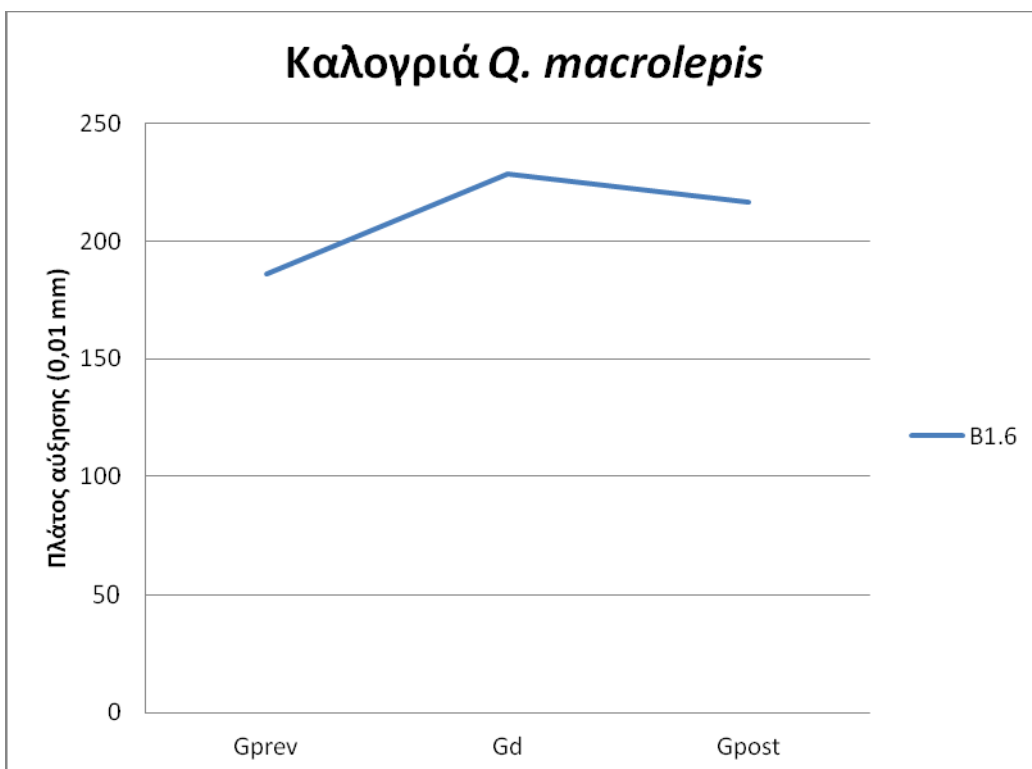
Εικόνα 9. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.3 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



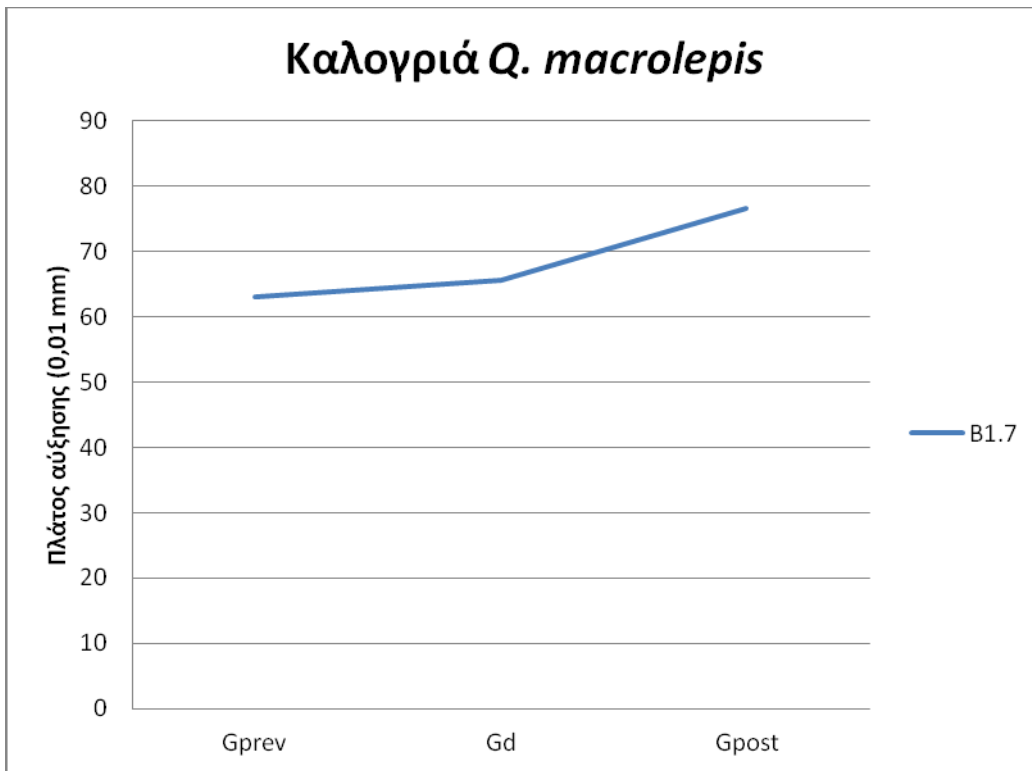
Εικόνα 10. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.4 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



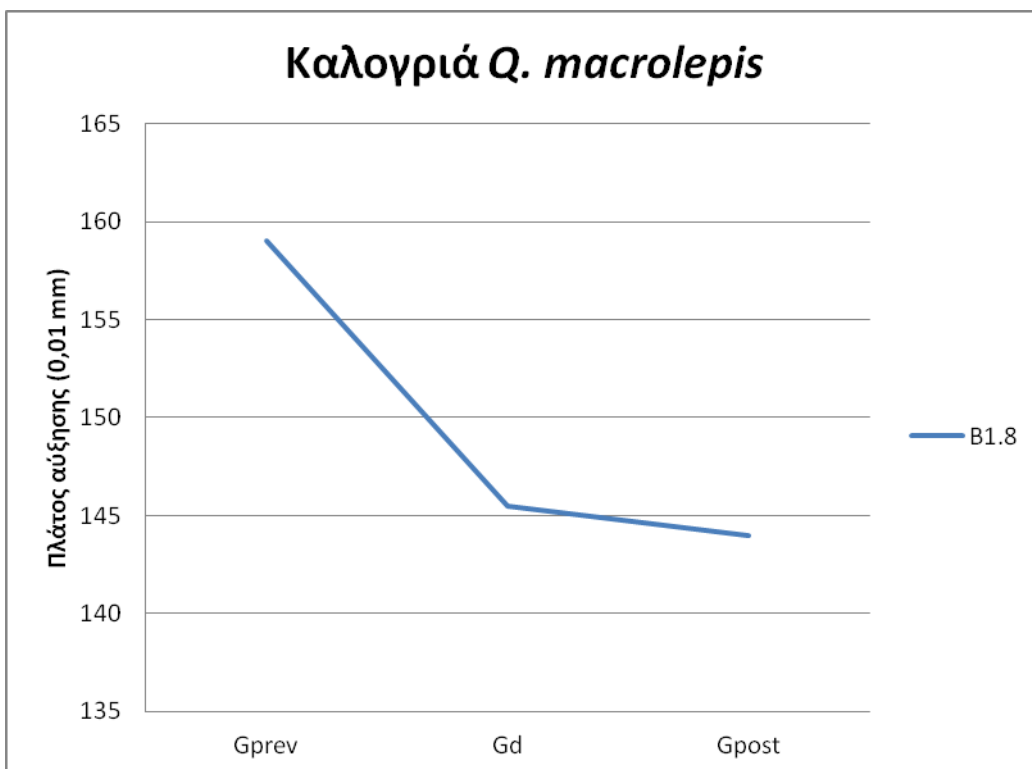
Εικόνα 11. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.5 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 12. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.6 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



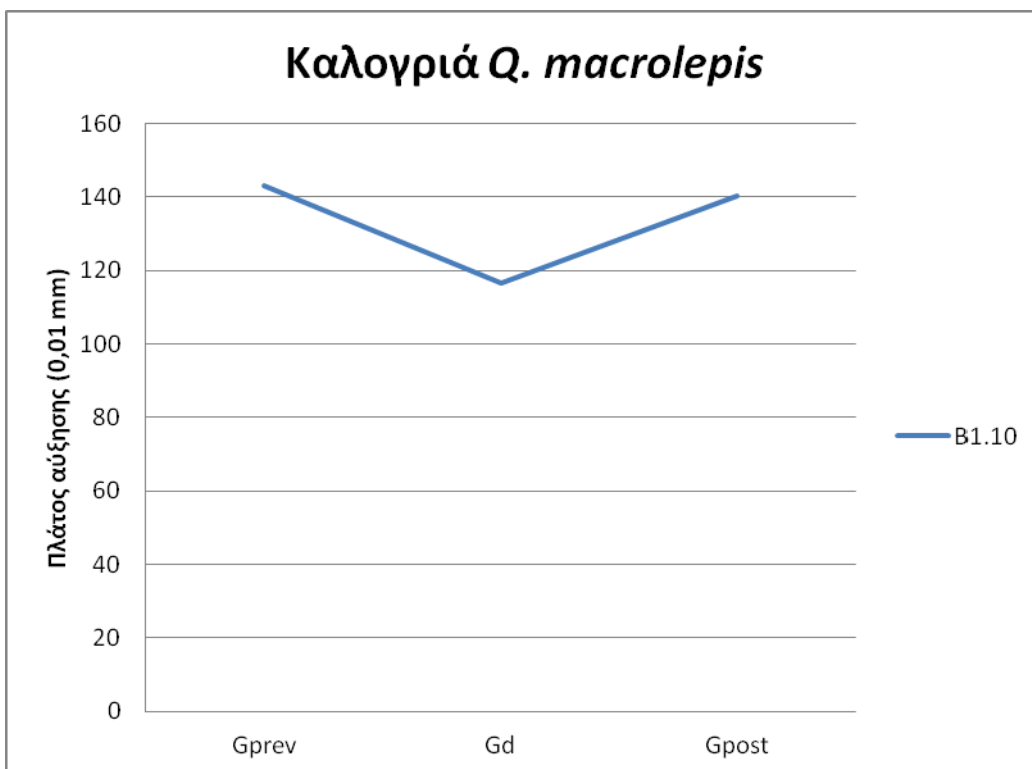
Εικόνα 13. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.7 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 14. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.8 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



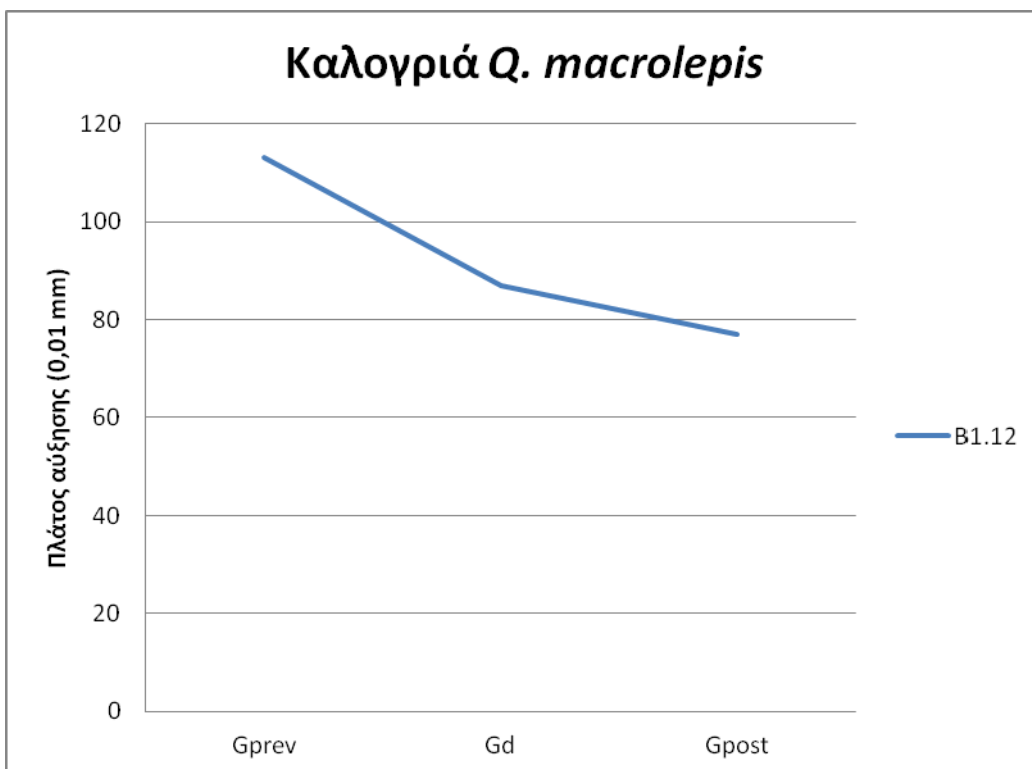
Εικόνα 15. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.9 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



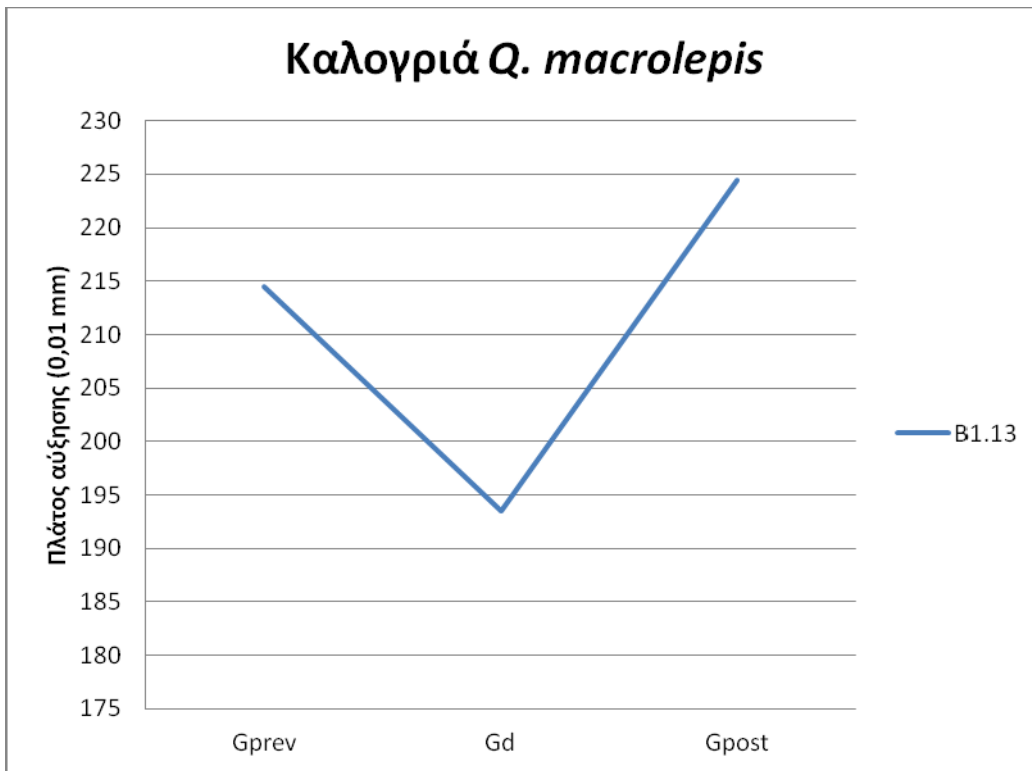
Εικόνα 16. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.10 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



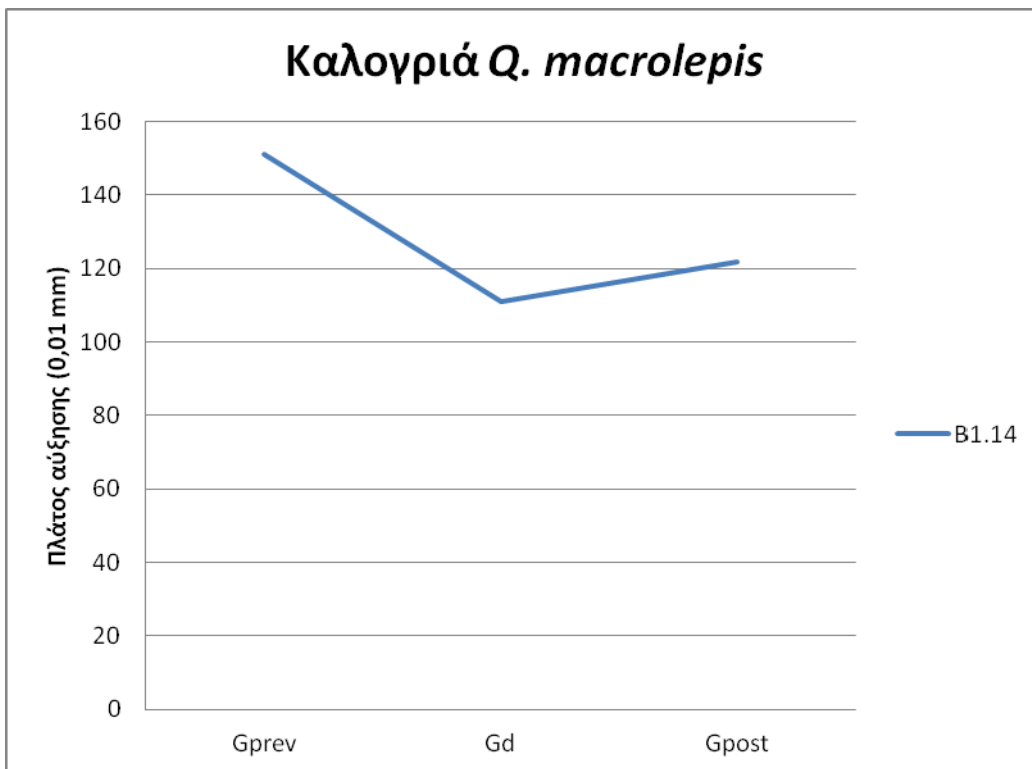
Εικόνα 17. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.11 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 18. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.12 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία

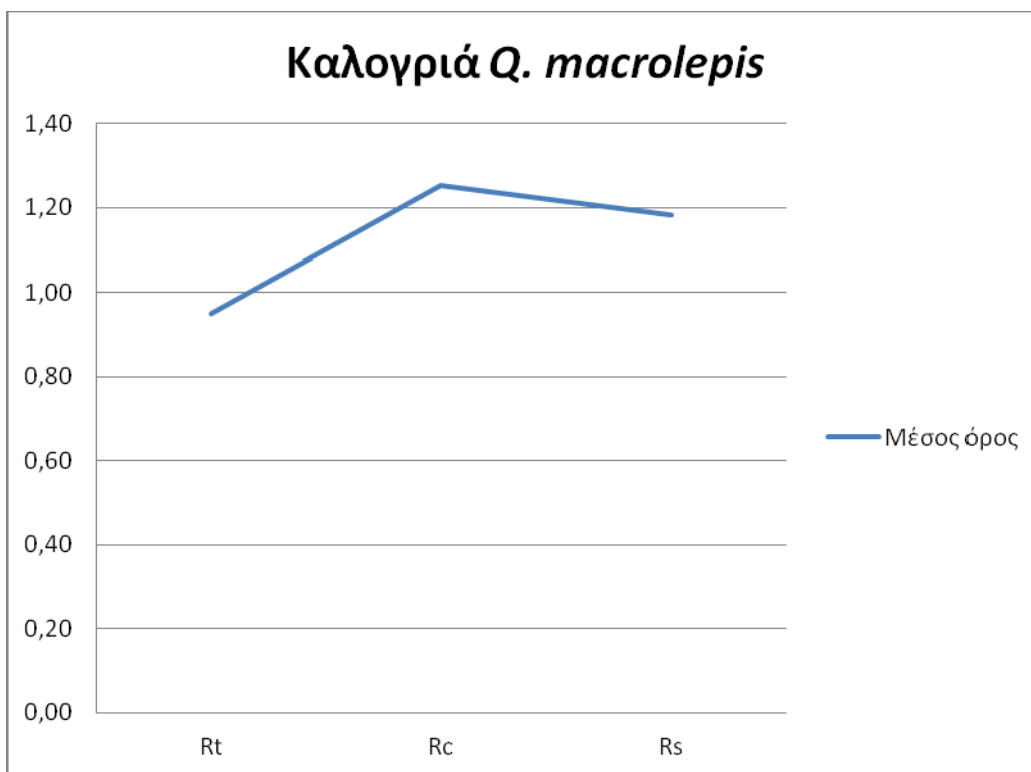


Εικόνα 19. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.13 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 20. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B1.14 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία

Όπως φαίνεται στις Εικόνες 7-20 στην περιοχή Καλογριά από τα δέντρα του είδους *Q. macrolepis* 9 δένδρα (B1.1, B1.2, B1.5, B1.7, B1.9, B1.10, B1.11, B1.13 και B1.14) δείχνουν καλή ανταπόκριση στην αύξηση μετά την περίοδο ξηρασίας ενώ αντίστοιχα 5 δένδρα (B1.3, B1.4, B1.6, B1.8 και B1.12) δείχνουν χαμηλότερα επίπεδα αύξησης μετά την ξηρασία σε σχέση με πριν από αυτήν.



Εικόνα 21. Ο μέσος όρος των δεικτών Rt, Rc, Rs για τα 14 δέντρα *Q. macrolepis* στην περιοχή Καλογριά

Η Εικόνα 21 δείχνει ότι ο δείκτης Αντίστασης Rt, είναι <1, ενώ οι άλλοι δείκτες όχι.

Πίνακας 8. Σύγκριση του δείκτη Rt με τον δείκτη Rc για το *Q. macrolepis* στην περιοχή Καλογριά για μέσο όρο 14 δέντρων.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

Καλογριά *Q. macrolepis* Rt-Rc

	Rt	Rc
Mean	0.950412	1.252059242
Variance	0.035706	0.235267848
Observations	14	14
Hypothesized Mean Difference	0	

df	17
t Stat	-2.1682
	0.022312

Κεφάλαιο 1 P(T<=t) one-tail

t Critical one-tail	1.739607
P(T<=t) two-tail	0.044624
t Critical two-tail	2.109816

Πίνακας 9. Σύγκριση του δείκτη Rt με τον δείκτη Rs για το *Q. macrolepis* στην περιοχή Καλογριά για μέσο όρο 14 δέντρων.

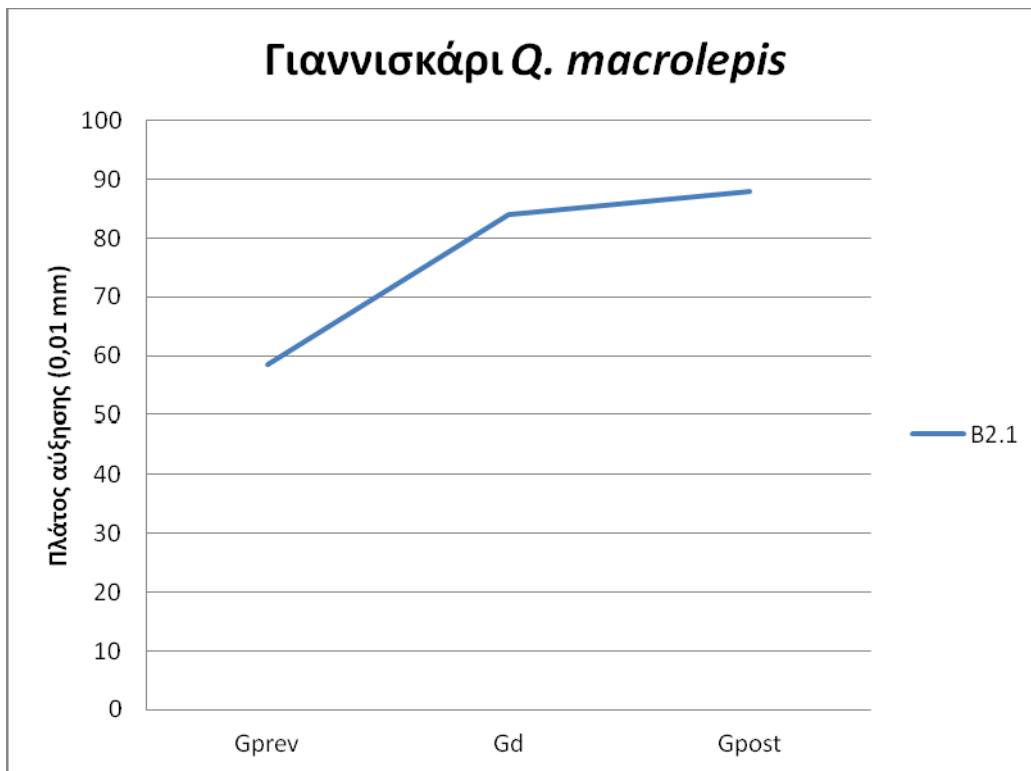
t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
Καλογριά <i>Q. macrolepis</i> Rt-Rs		
	Rt	Rs
Mean	0.950412	1.180921204
Variance	0.035706	0.246842743
Observations	14	14
Hypothesized Mean Difference	0	
df	17	
t Stat	-1.62258	
P(T<=t) one-tail	0.061538	
t Critical one-tail	1.739607	
P(T<=t) two-tail	0.123077	
t Critical two-tail	2.109816	

Πίνακας 10. Σύγκριση του δείκτη Rc με τον δείκτη Rs για το *Q. macrolepis* στην περιοχή Καλογριά για μέσο όρο 14 δέντρων.

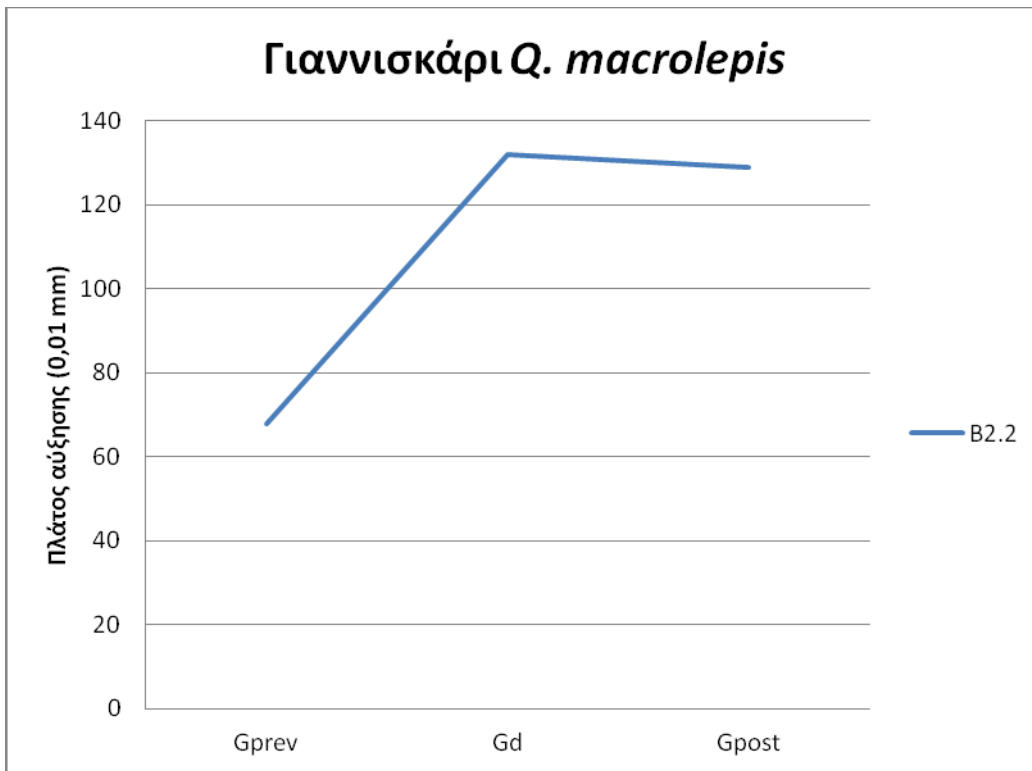
t-Test: Paired Two Sample for Means		
Καλογριά <i>Q. macrolepis</i> Rc-Rs		
	Rc	Rs
Mean	1.252059	1.180921204
Variance	0.235268	0.246842743
Observations	14	14
Pearson Correlation	0.863833	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	13	
t Stat	1.037909	
P(T<=t) one-tail	0.159116	
t Critical one-tail	1.770933	
P(T<=t) two-tail	0.318233	
t Critical two-tail	2.160369	

Οι Πίνακες 8-10 δείχνουν ότι μόνο κατά την σύγκριση των μέσων όρων του δείκτη Rt με τον δείκτη Rc για το *Q. macrolepis* με t-test για την περιοχή Καλογριά το P έχει τιμή μικρότερη του 0.05 (P=0.04) άρα έχουμε στατιστικώς σημαντική διαφορά. Αυτό

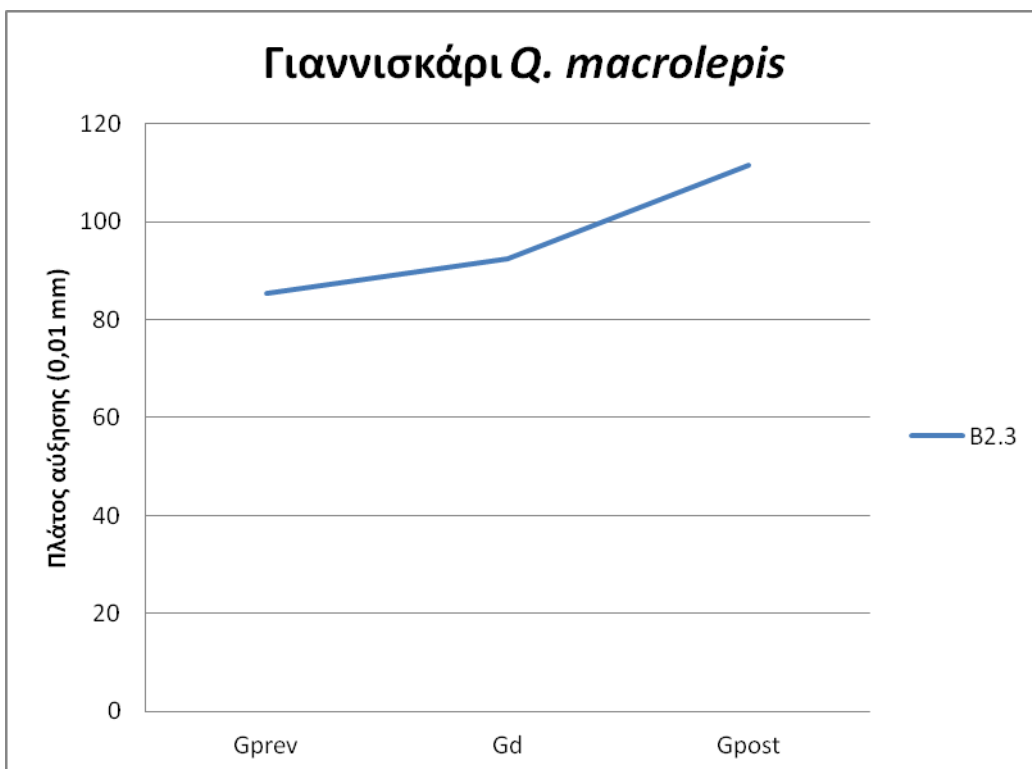
σημαίνει ότι τα δέντρα αν και επηρεάστηκαν αρνητικά από την ξηρασία, δηλαδή $R_t < 1$, μετά την ξηρασία εμφάνισαν στατιστικώς σημαντική ανάκαμψη.



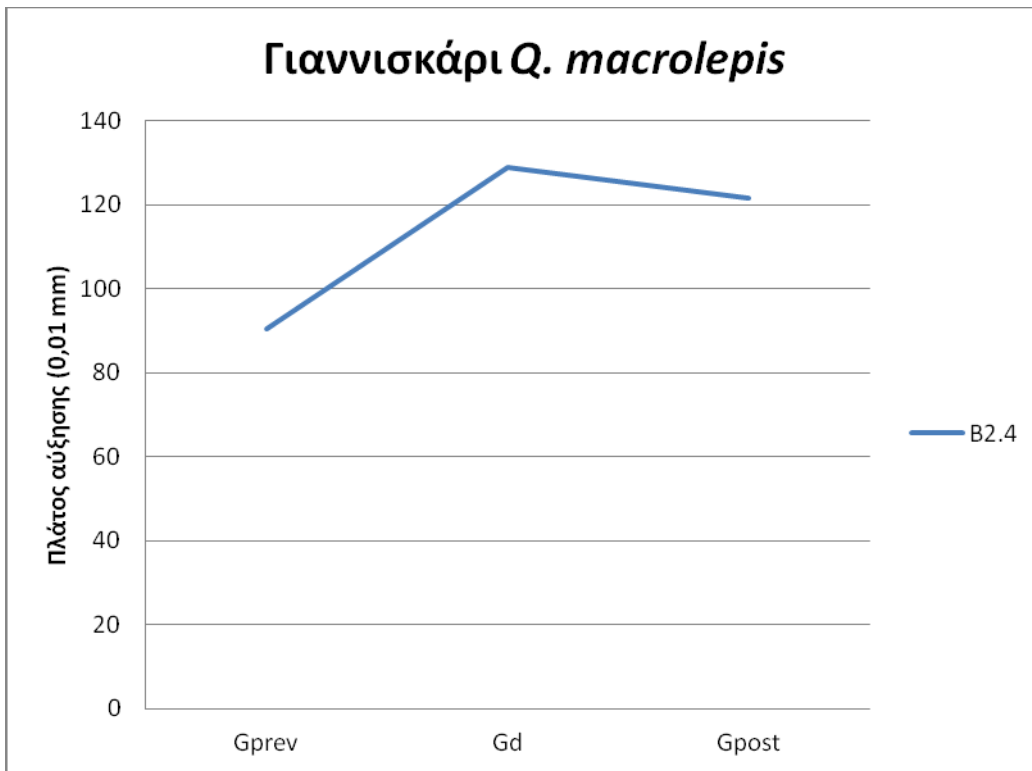
Εικόνα 22. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B2.1 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 23. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B2.2 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



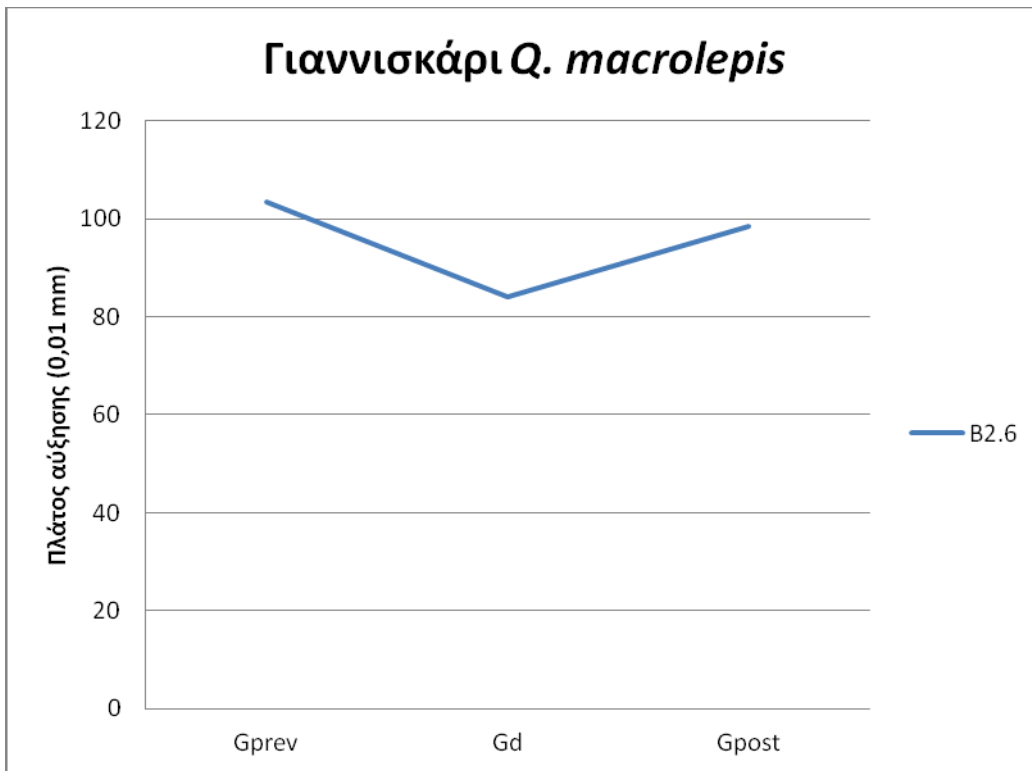
Εικόνα 24. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B2.3 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



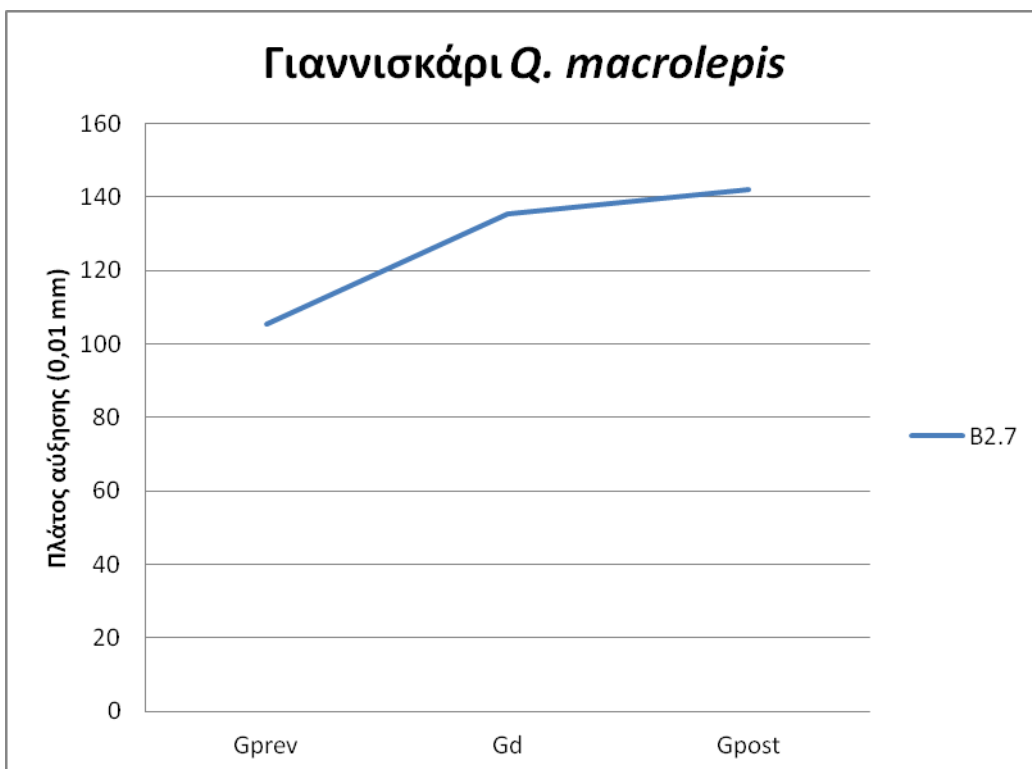
Εικόνα 25. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B2.4 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



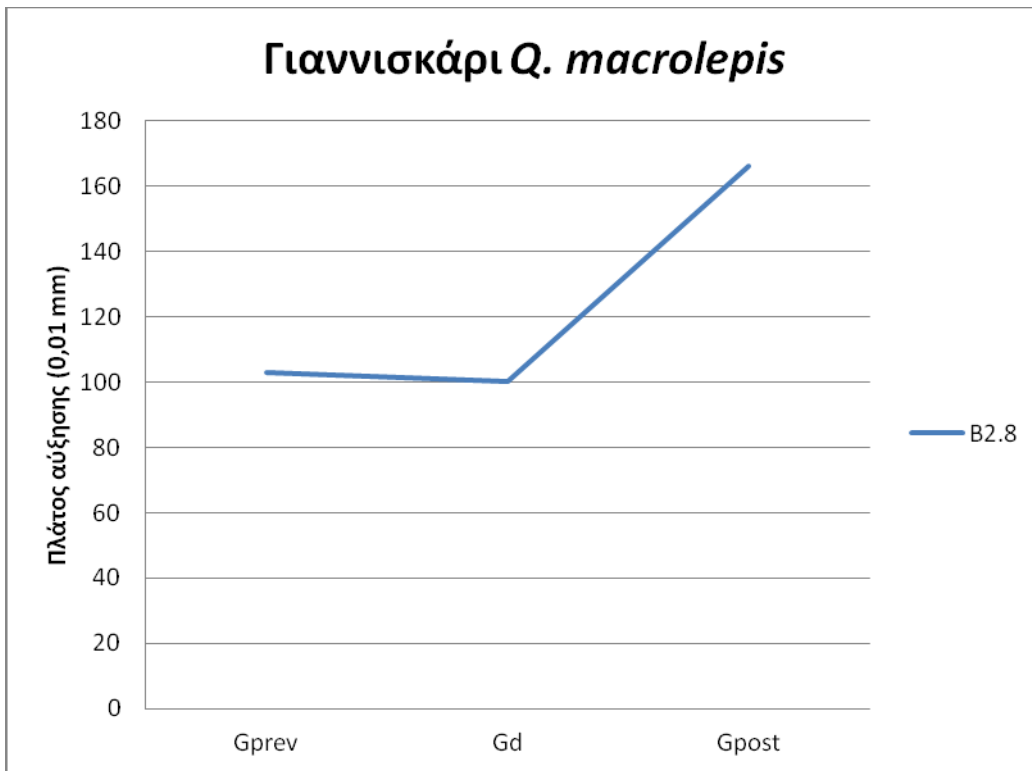
Εικόνα 26. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B2.5 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



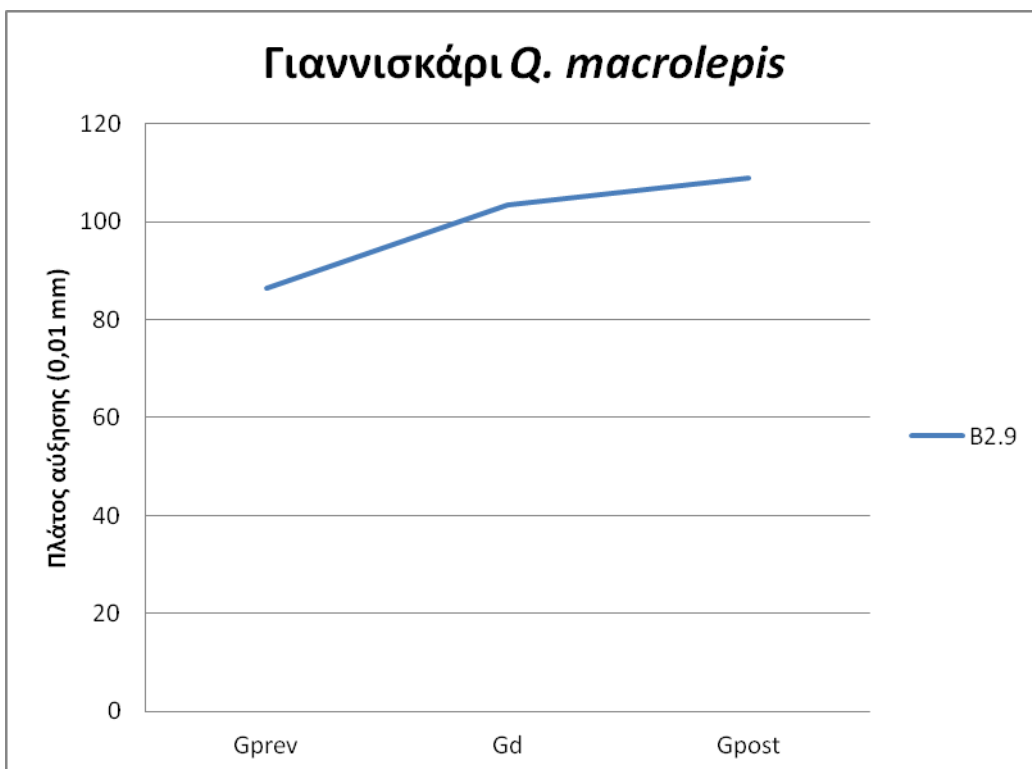
Εικόνα 27. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B2.6 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



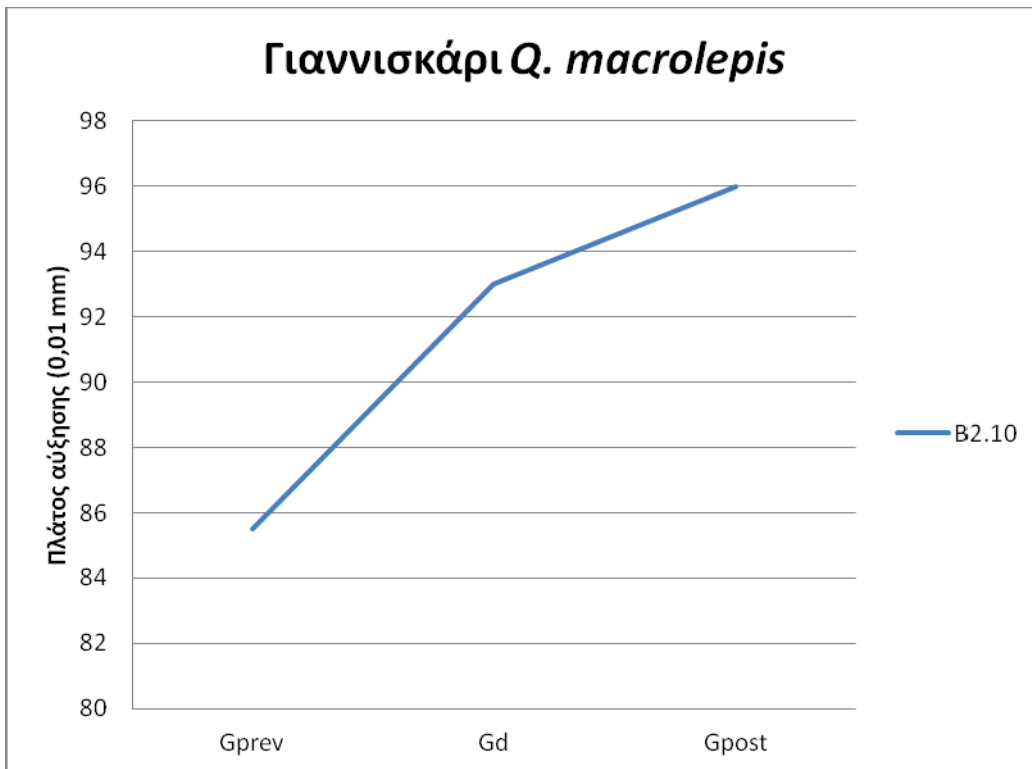
Εικόνα 28. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B2.7 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



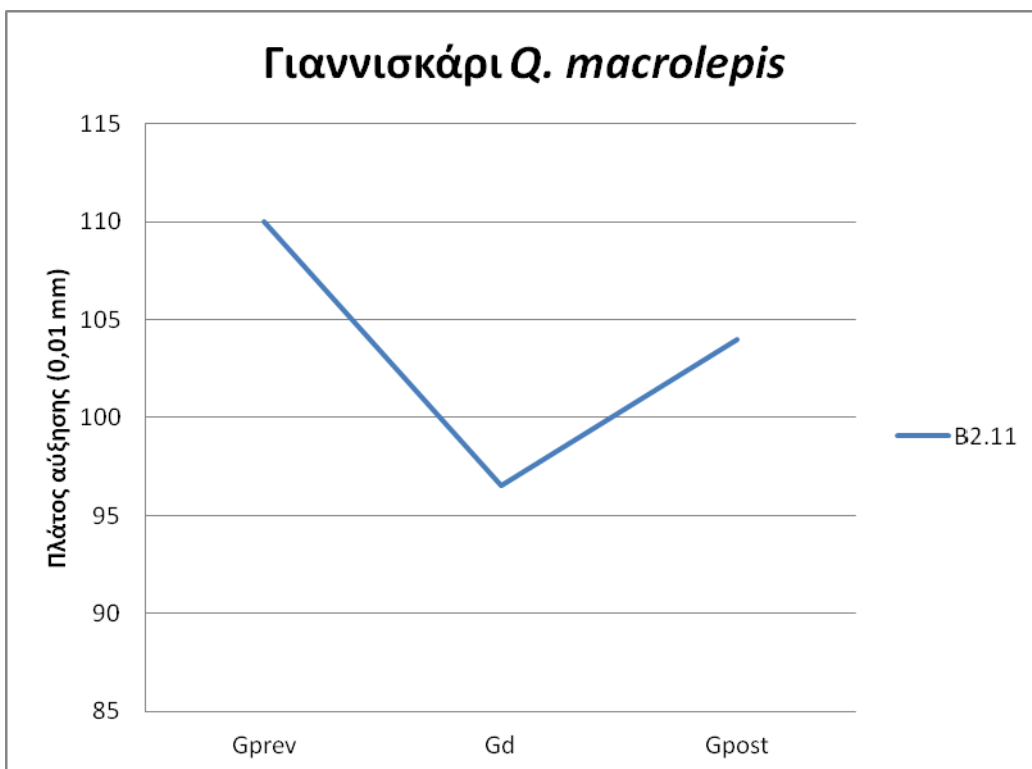
Εικόνα 29. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B2.8 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



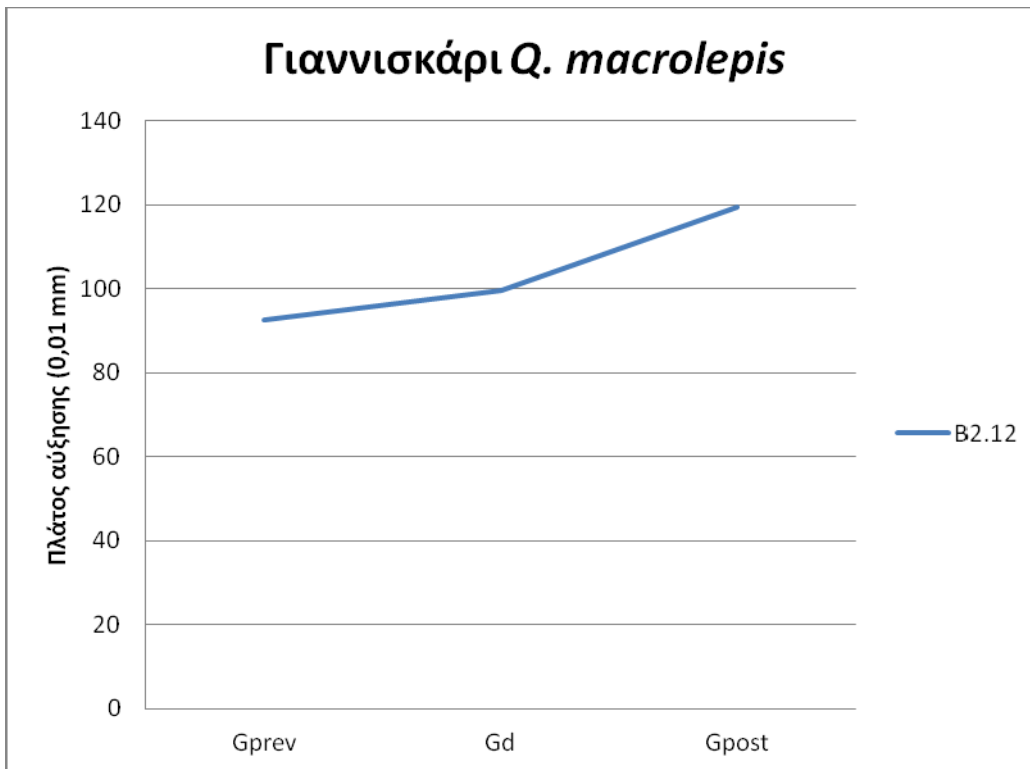
Εικόνα 30. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B2.9 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 31. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B2.10 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία

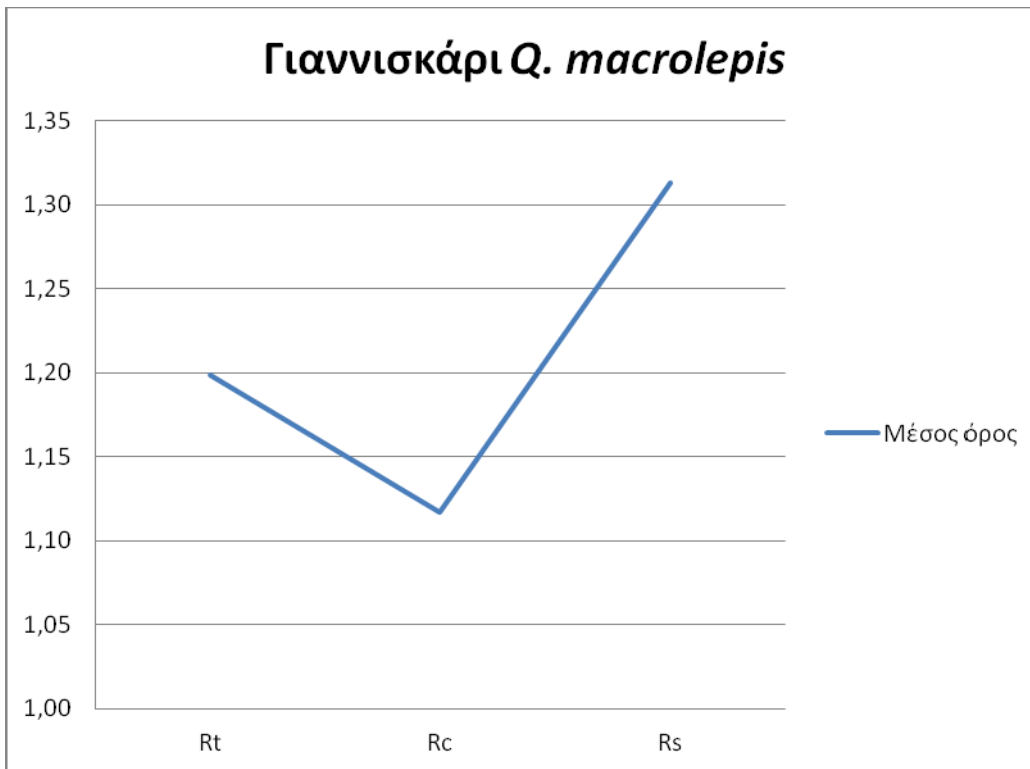


Εικόνα 32. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B2.11 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 33. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου B2.12 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία.

Όπως φαίνεται στις Εικόνες 22-33 στην περιοχή Γιαννισκάρι 9 δέντρα του είδους *Q. macrolepis* (B2.1, B2.3, B2.6, B2.7, B2.8, B2.9, B2.10, B2.11 και B2.12) δείχνουν καλή ανταπόκριση στην αύξηση μετά την περίοδο ξηρασίας ενώ αντίστοιχα 3 δέντρα (B2.2, B2.4 και B2.5) δείχνουν χαμηλότερα επίπεδα αύξησης μετά την ξηρασία σε σχέση με πριν από αυτήν.



Εικόνα 34. Ο μέσος όρος των δεικτών Rt, Rc, Rs για τα 12 δέντρα *Q. macrolepis* στην περιοχή Γιαννισκάρι

Η Εικόνα 34 δείχνει ότι και οι 3 δείκτες για την περιοχή Γιαννισκάρι είναι >1.

Πίνακας 11. Σύγκριση του δείκτη Rt με τον δείκτη Rc για το *Q. macrolepis* στην περιοχή Γιαννισκάρι για μέσο όρο 12 δέντρων.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
Γιαννισκάρι <i>Q. macrolepis</i> Rt-Rc		
	Rt	Rc
Mean	1.198495	1.117172
Variance	0.092043	0.036521
Observations	12	12
Pearson Correlation	-0.48434	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	11	
t Stat	0.655449	
P(T<=t) one-tail	0.262825	
t Critical one-tail	1.795885	
P(T<=t) two-tail	0.525649	
t Critical two-tail	2.200985	

Πίνακας 12. Σύγκριση του δείκτη Rt με τον δείκτη Rs για το *Q. macrolepis* στην περιοχή Γιαννισκάρι για μέσο όρο 12 δέντρων.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
Γιαννισκάρι <i>Q. macrolepis</i> Rt-Rs		
	Rt	Rs
Mean	1.198495	1.313183
Variance	0.092043	0.071955
Observations	12	12
Pearson Correlation	0.78647	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	11	
t Stat	-2.09421	
P(T<=t) one-tail	0.0301	
t Critical one-tail	1.795885	
P(T<=t) two-tail	0.060201	
t Critical two-tail	2.200985	

Πίνακας 13. Σύγκριση του δείκτη Rc με τον δείκτη Rs για το *Q. macrolepis* στην περιοχή Γιαννισκάρι για μέσο όρο 12 δέντρων.

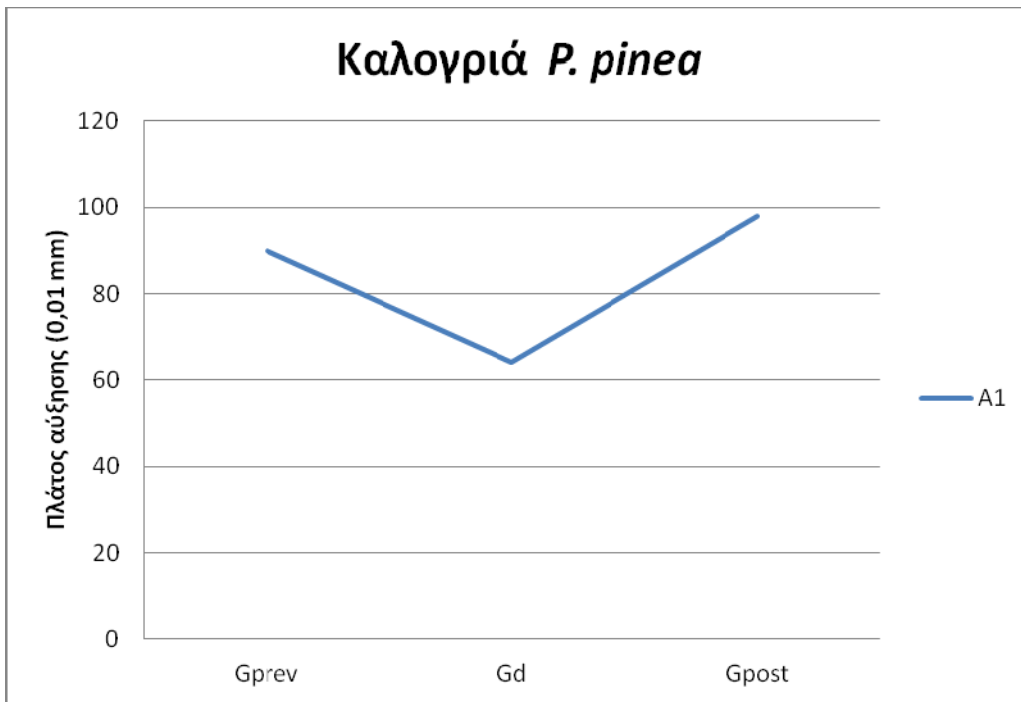
t-Test: Paired Two Sample for Means		
Γιαννισκάρι <i>Q. macrolepis</i> Rc-Rs		
	Rc	Rs
Mean	1.117172	1.313183
Variance	0.036521	0.071955
Observations	12	12
Pearson Correlation	0.15611	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	11	
t Stat	-2.2329	
P(T<=t) one-tail	0.023643	
t Critical one-tail	1.795885	
P(T<=t) two-tail	0.047286	
t Critical two-tail	2.200985	

Οι Πίνακες 11-13 δείχνουν ότι μόνο κατά την σύγκριση των μέσων όρων του δείκτη Rc με τον δείκτη Rs για το *Q. macrolepis* με t-test για την περιοχή Γιαννισκάρι το P έχει τιμή μικρότερη του 0.05 (P=0.047) άρα έχουμε στατιστικώς σημαντική διαφορά. Αυτό σημαίνει ότι οι βελανιδιές στο Γιαννισκάρι εμφανίζουν μεγάλη αντοχή στην ξηρασία.

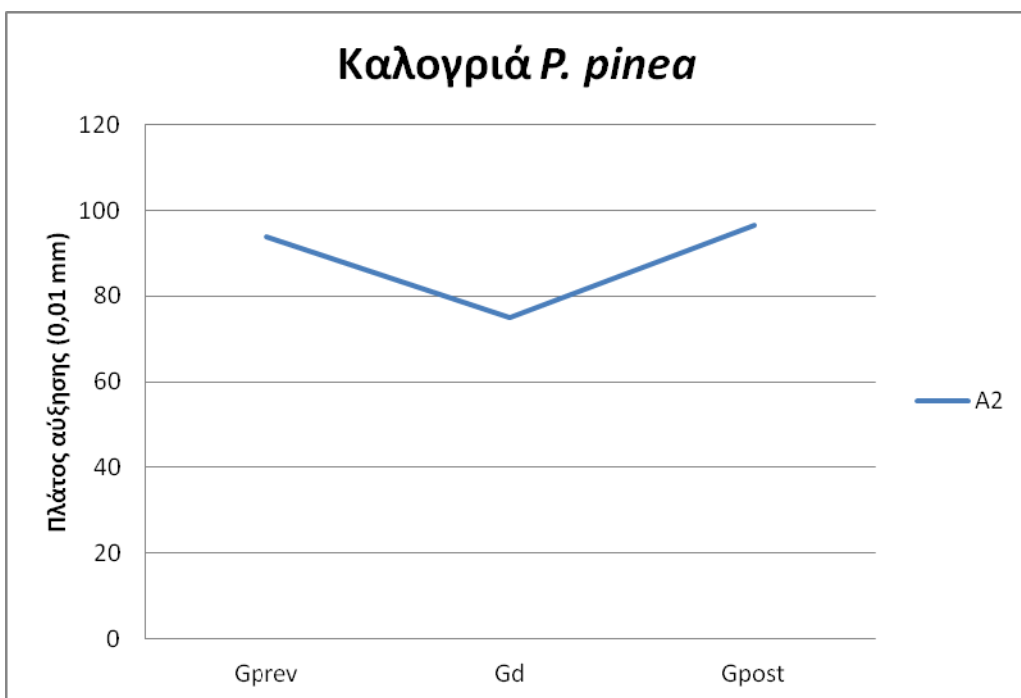
Πίνακας 14. Σύγκριση του δείκτη Rt στην περιοχή Καλογριά με τον δείκτη Rt στην περιοχή Γιαννισκάρι για το *Q. macrolepis*

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
Rt Καλογριάς-Rt Γιαννισκάρι <i>Q. macrolepis</i>		
	<i>Rt-Καλογριά</i>	<i>Rt-Γιαννισκάρι</i>
Mean	0.95041205	1.198495
Variance	0.03570583	0.092043
Observations	14	12
Hypothesized Mean Difference	0	
df	18	
t Stat	-2.4538985	
P(T<=t) one-tail	0.01227247	
t Critical one-tail	1.73406359	
P(T<=t) two-tail	0.02454494	
t Critical two-tail	2.10092204	

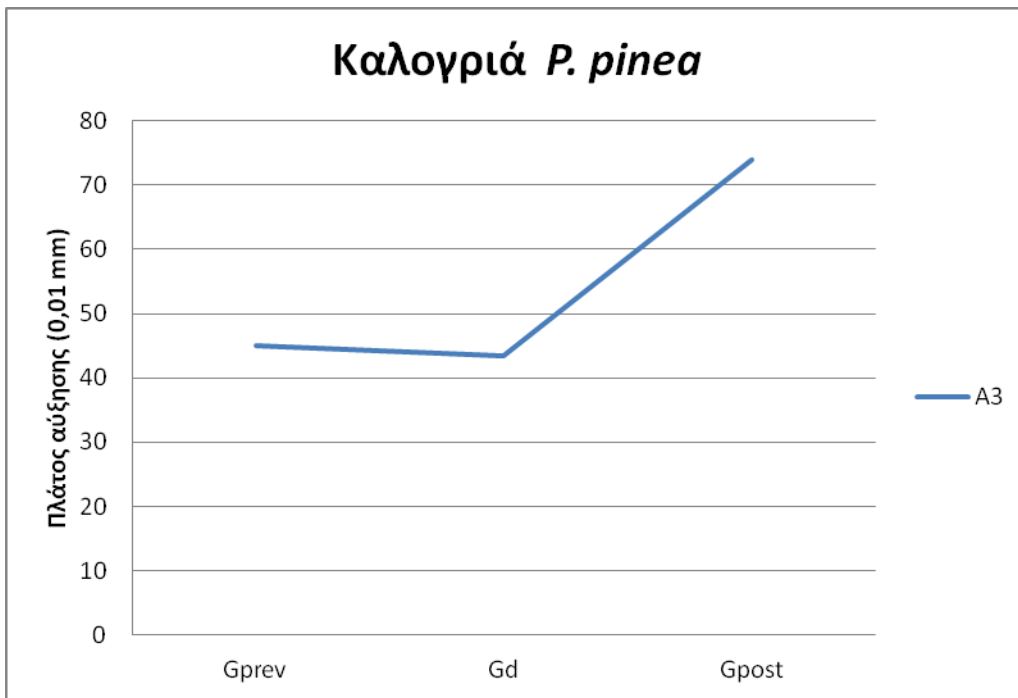
Ο Πίνακας 14 δείχνει ότι κατά την σύγκριση του δείκτη αντίστασης, Rt, για το είδος *Quercus macrolepis* στην περιοχή Καλογριά με τον δείκτη αντίστασης, Rt, για το είδος *Quercus macrolepis* στην περιοχή Γιαννισκάρι το $P < 0.05$ ($P = 0.02$) άρα έχουμε στατιστικώς σημαντική διαφορά. Αυτό σημαίνει ότι οι βελανιδιές στο Γιαννισκάρι εμφανίζουν μεγαλύτερη αντίσταση στην ξηρασία από ότι οι βελανιδιές στην Καλογριά.



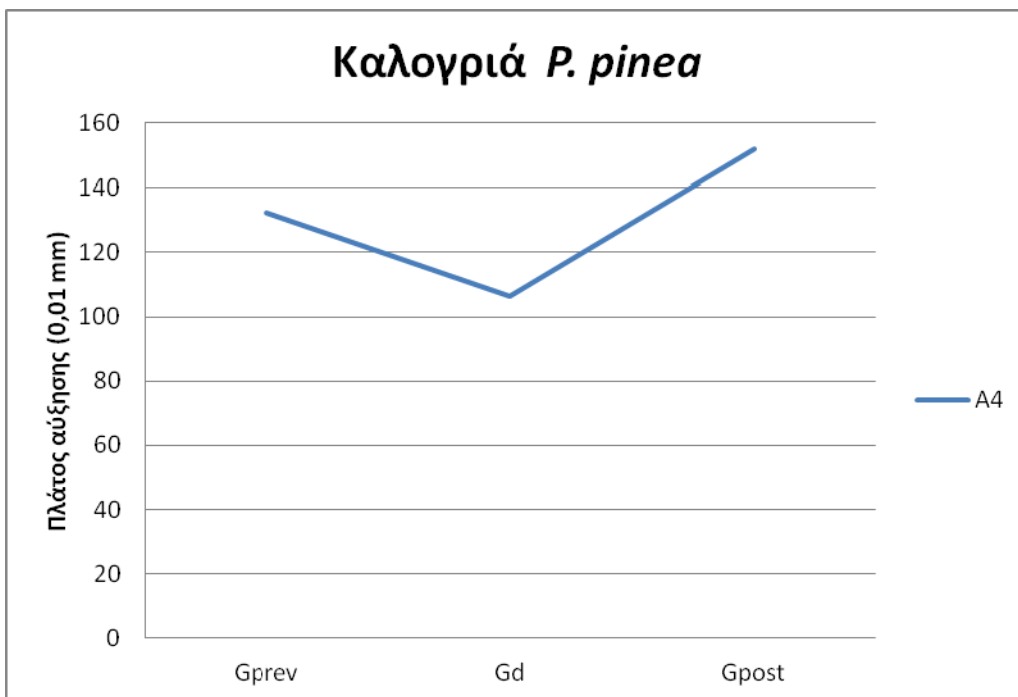
Εικόνα 35. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A1 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



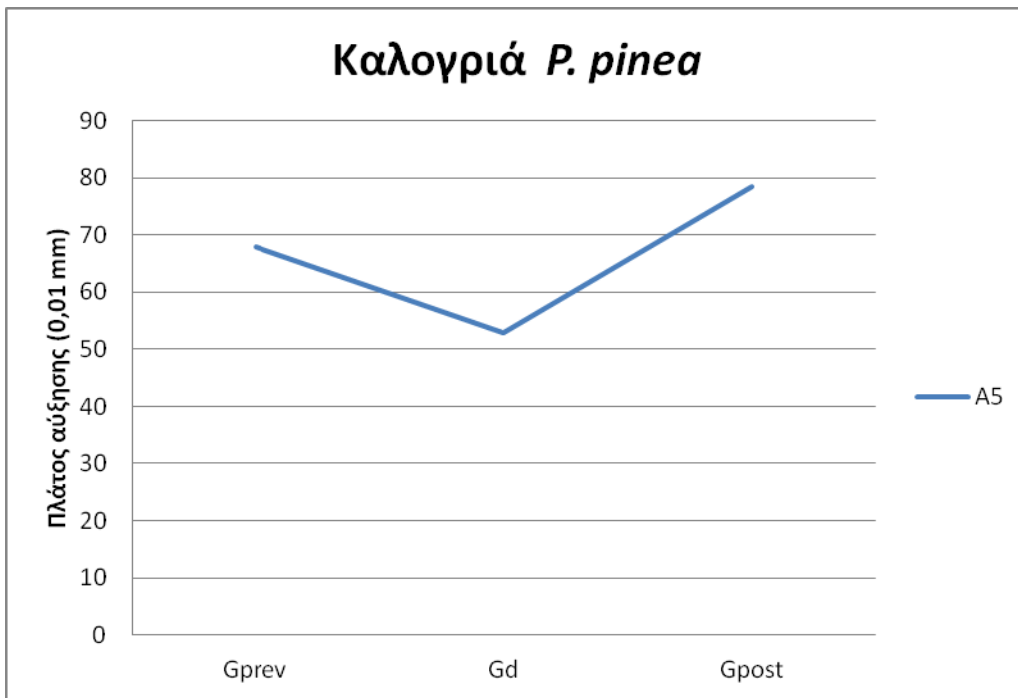
Εικόνα 36. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A2 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 37. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A3 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



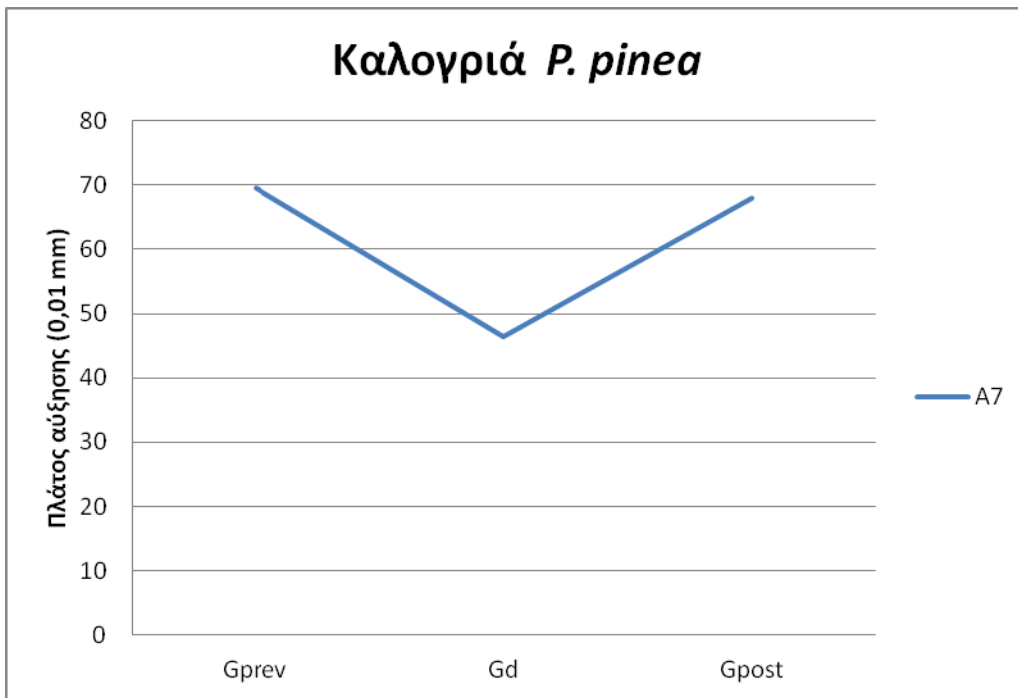
Εικόνα 38. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A4 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 39. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A5 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



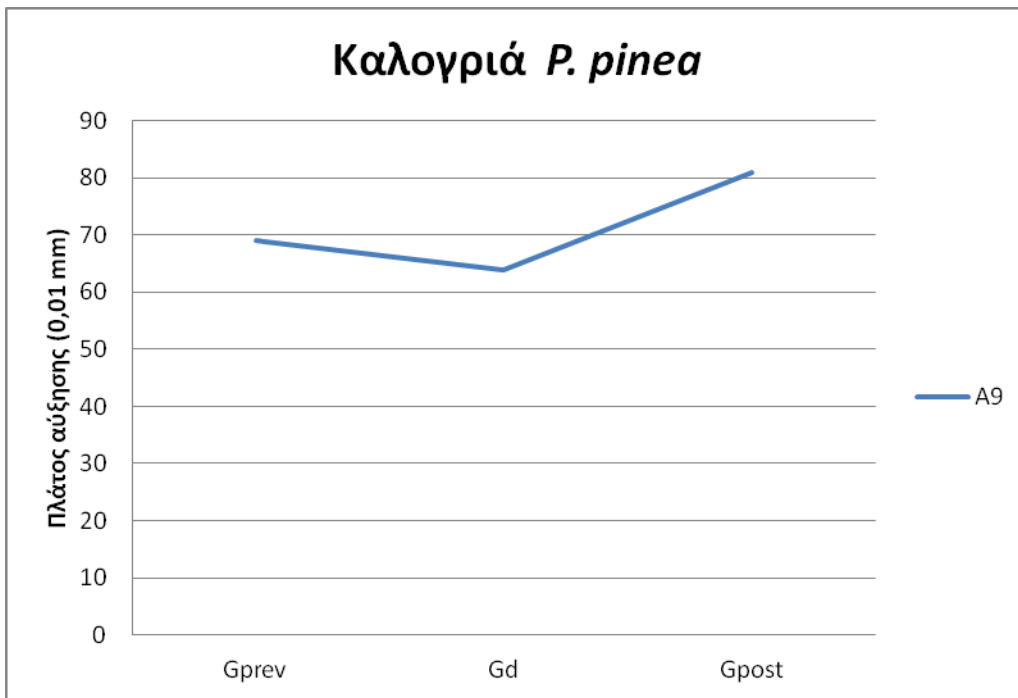
Εικόνα 40. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A6 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 41. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A7 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



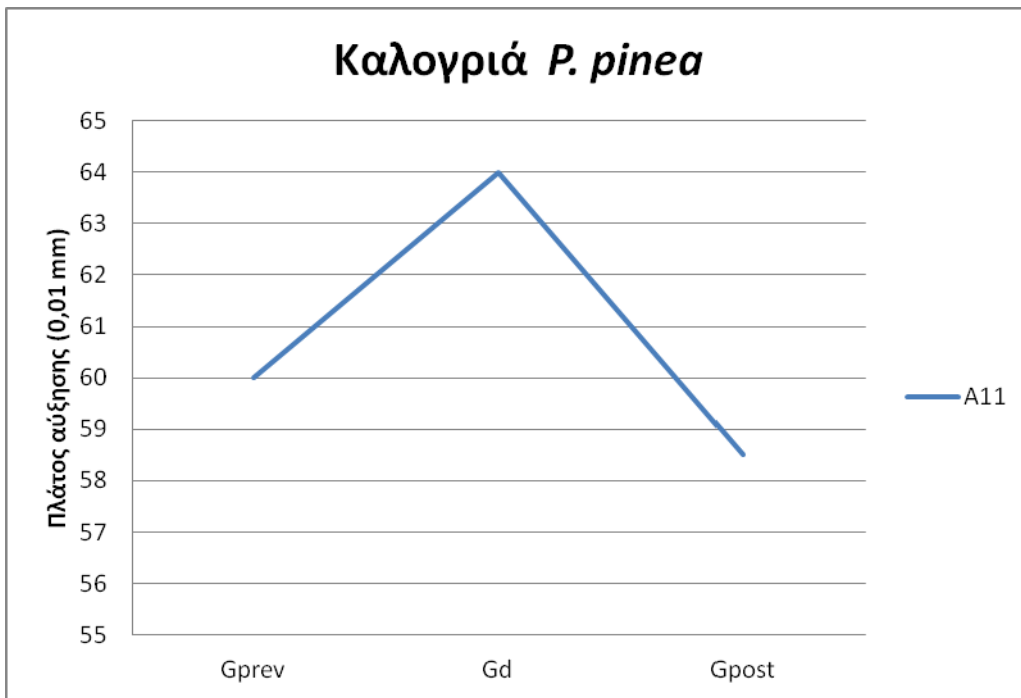
Εικόνα 42. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A8 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



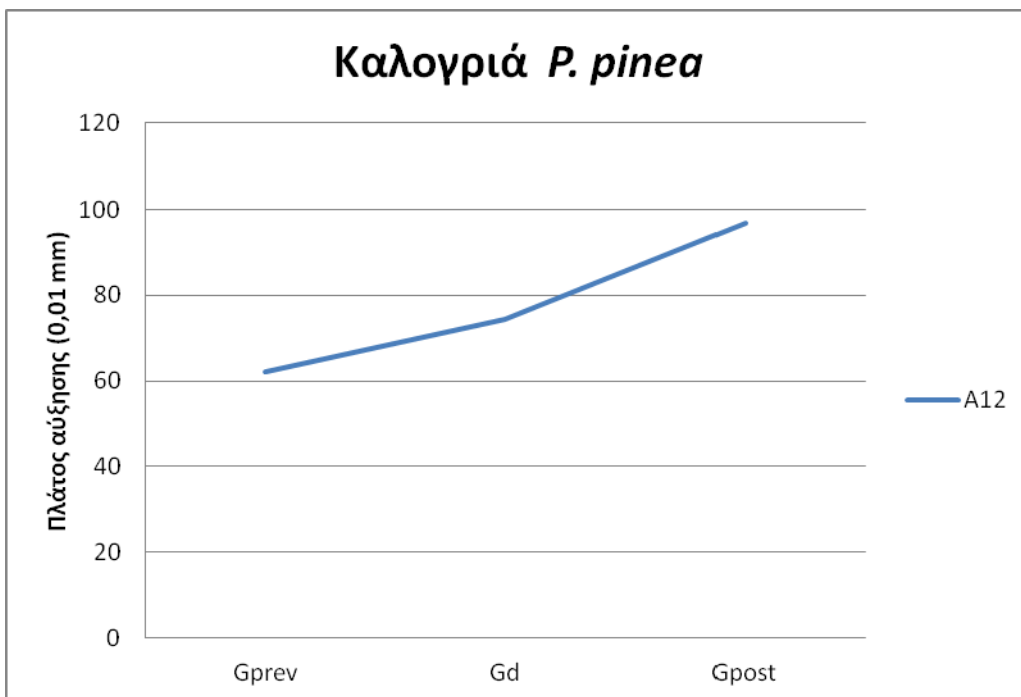
Εικόνα 43. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A9 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



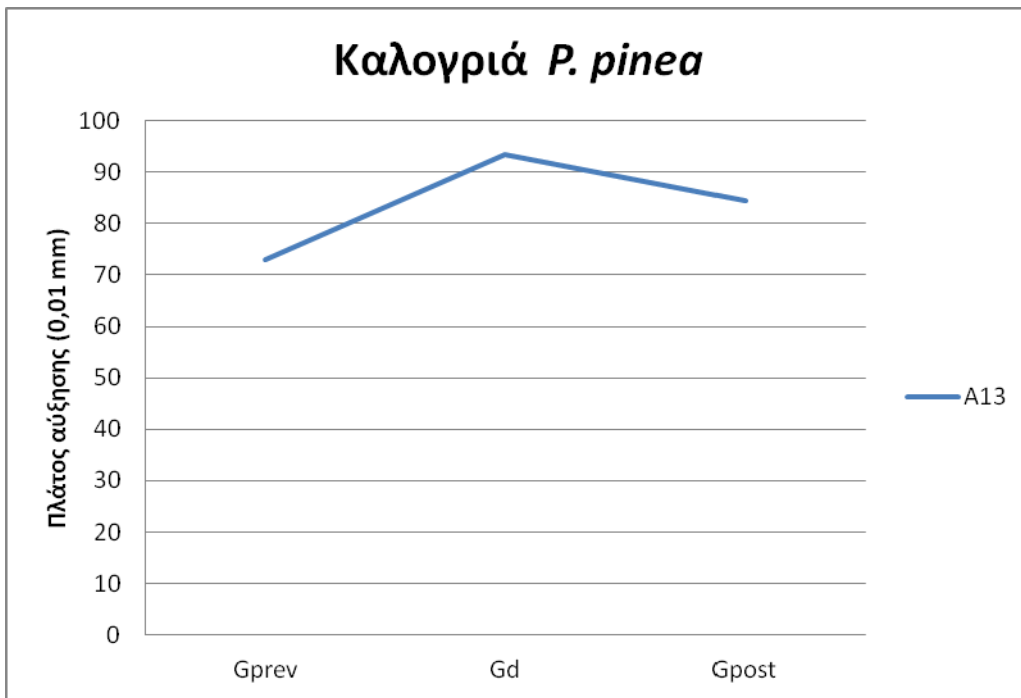
Εικόνα 44. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A10 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



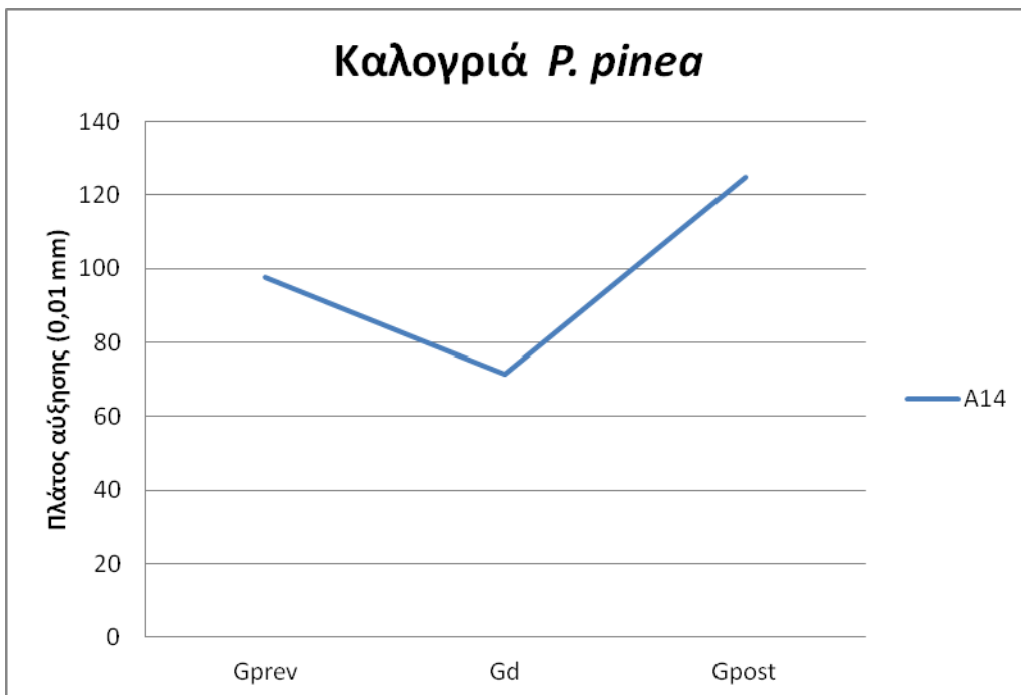
Εικόνα 45. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A11 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



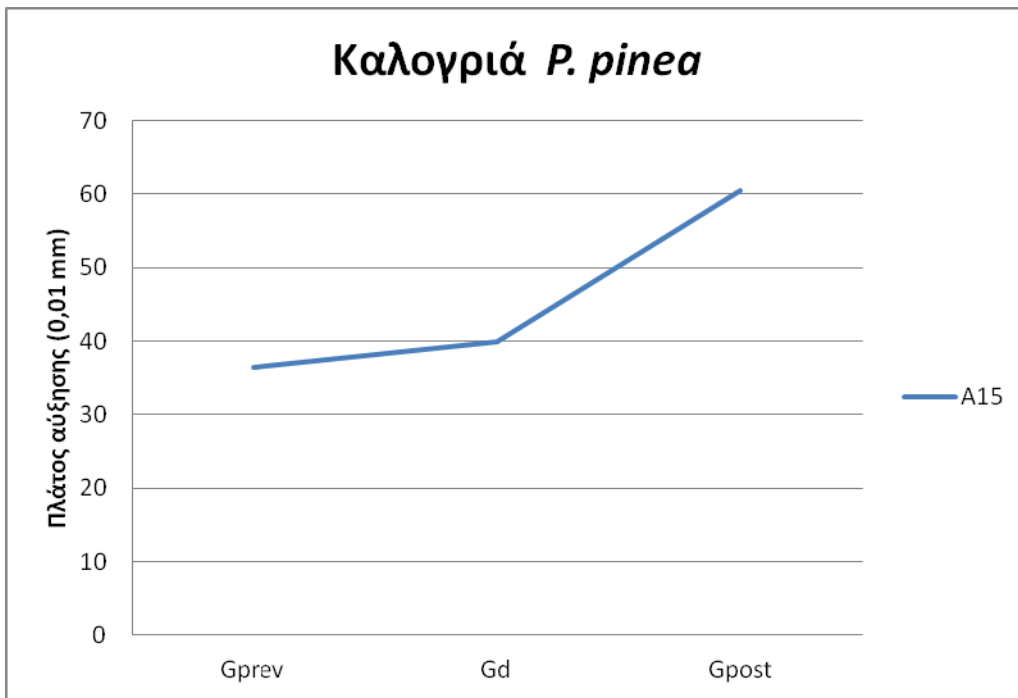
Εικόνα 46. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A12 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



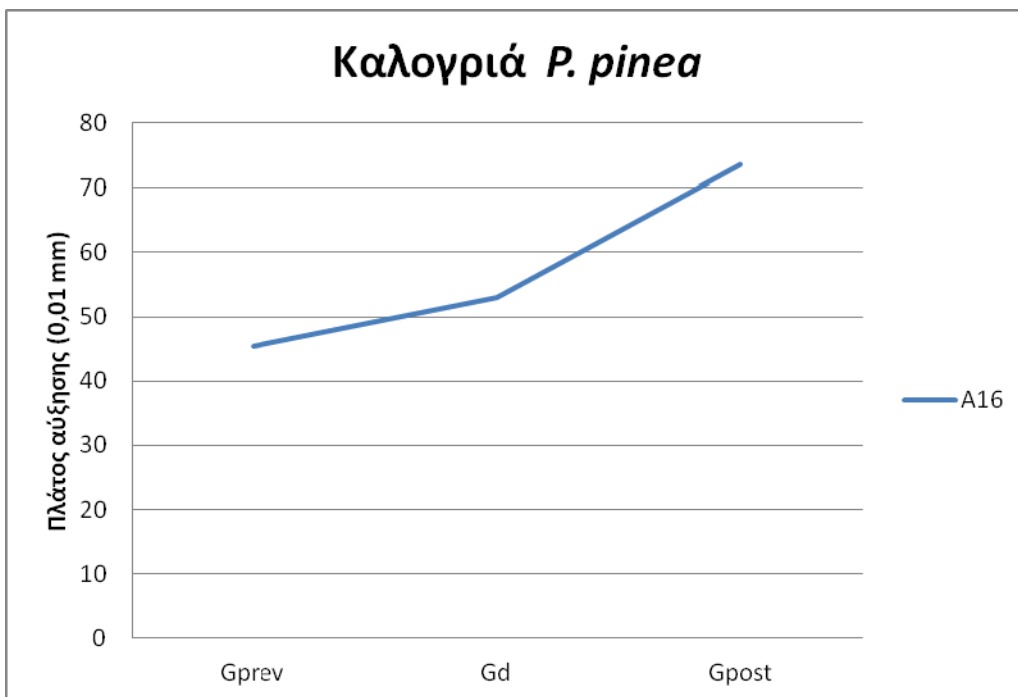
Εικόνα 47. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A13 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



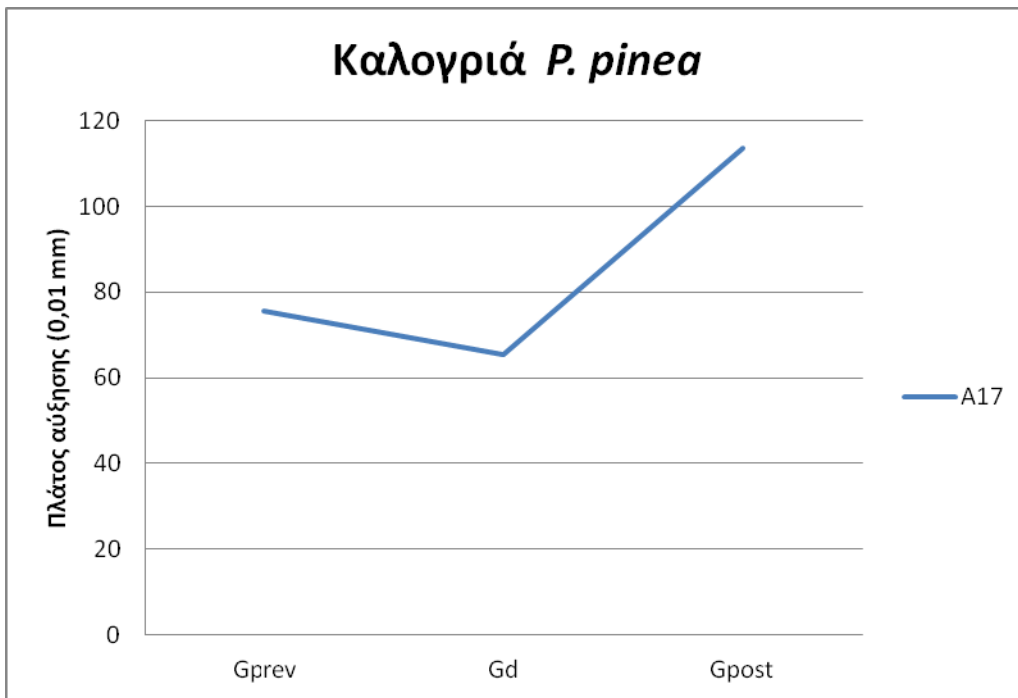
Εικόνα 48. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A14 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



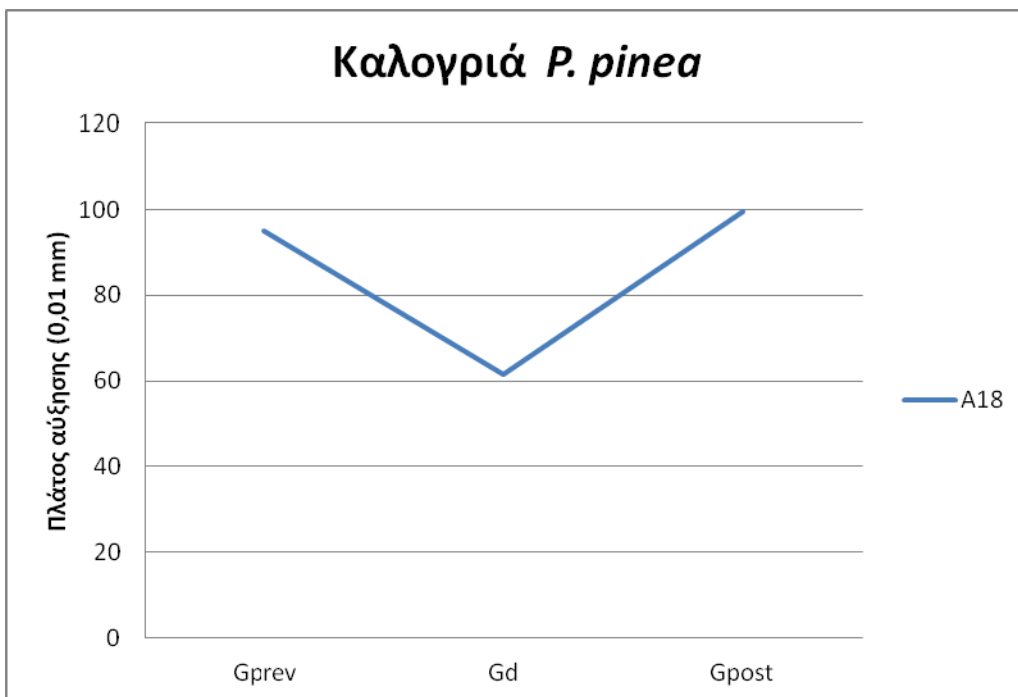
Εικόνα 49. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A15 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 50. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A16 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



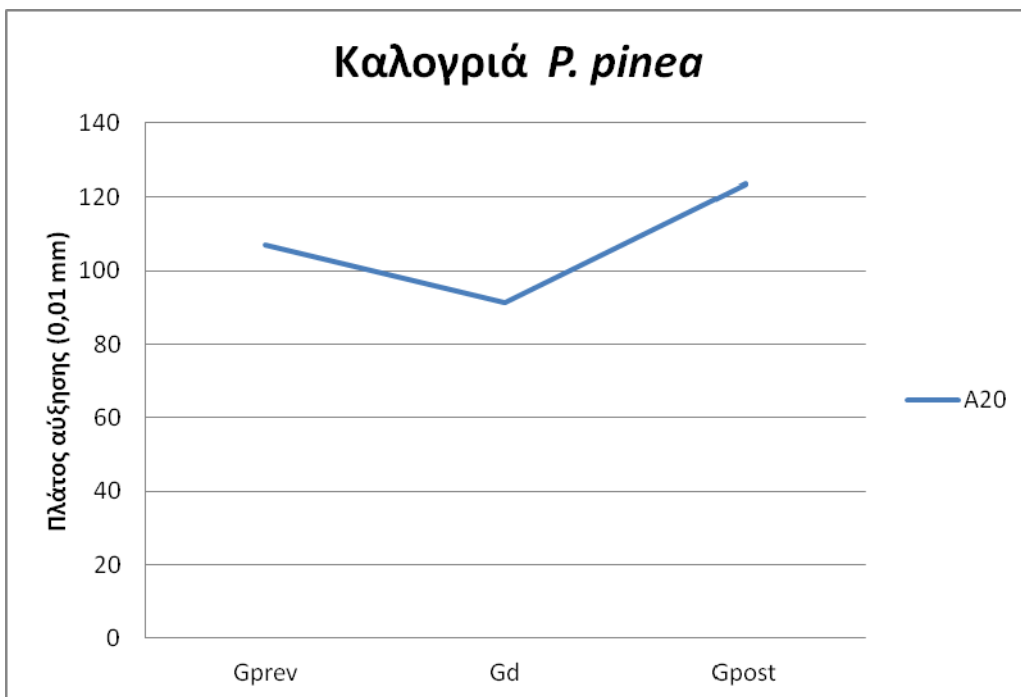
Εικόνα 51. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A17 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



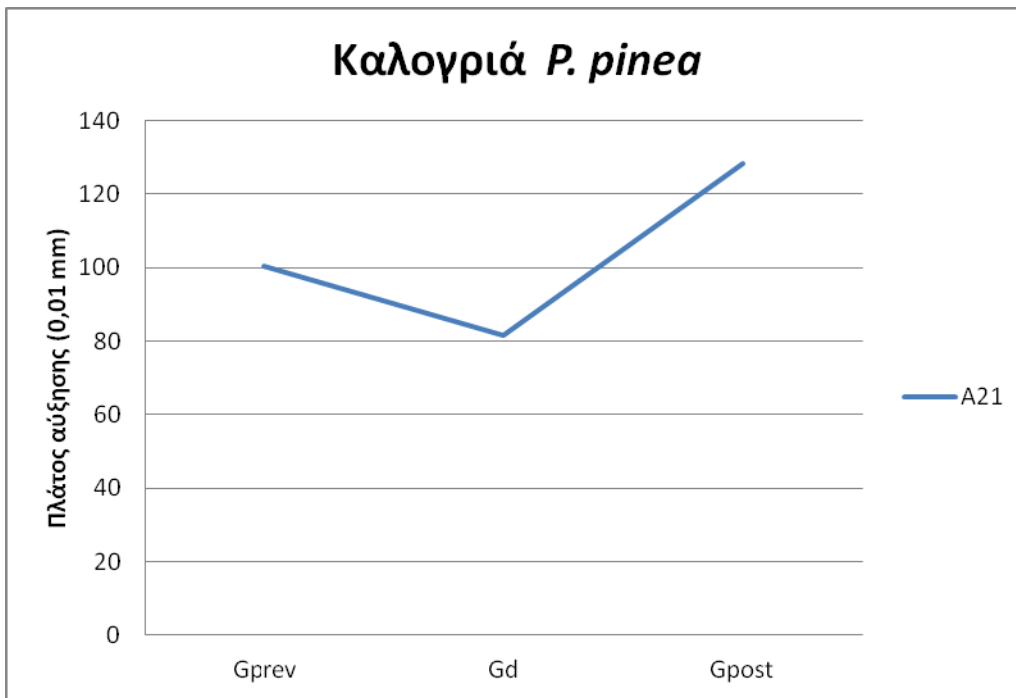
Εικόνα 52. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A18 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 53. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A19 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 54. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A20 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία



Εικόνα 55. Ανταπόκριση της αύξησης του Δέντρου A21 πριν, κατά την διάρκεια και μετά την ξηρασία.

Όπως φαίνεται στις Εικόνες 35-55 στην περιοχή Καλογριά 19 δένδρα (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A12, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20 και A21) του είδους *P. pinea* δείχνουν καλή ανταπόκριση στην αύξηση μετά την περίοδο ξηρασίας ενώ αντίστοιχα 2 δέντρα (A20 και A21) δείχνουν χαμηλότερα επίπεδα αύξησης μετά την ξηρασία σε σχέση με πριν από αυτήν.



Εικόνα 56. Ο μέσος όρος των δεικτών Rt, Rc, Rs για τα 21 δέντρα *P. pinea* στην περιοχή Καλογριά

Η Εικόνα 56 δείχνει ότι ο δείκτης Αντίστασης Rt, είναι <1 , ενώ οι άλλοι δείκτες όχι.

Πίνακας 15. Σύγκριση του δείκτη Rt με τον δείκτη Rc για το *P.pinea* στην περιοχή Καλογριά για μέσο όρο 21 δέντρων.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
Καλογριά <i>P.pinea</i> Rt-Rc		
	Rt	Rc
Mean	0.879406	1.436522
Variance	0.039242	0.050788
Observations	21	21
Pearson Correlation	-0.60065	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	20	
t Stat	-6.73574	
P(T<=t) one-tail	7.45E-07	
t Critical one-tail	1.724718	
P(T<=t) two-tail	1.49E-06	
t Critical two-tail	2.085963	

Πίνακας 16. Σύγκριση του δείκτη Rt με τον δείκτη Rs για το *P.pinea* στην περιοχή Καλογριά για μέσο όρο 21 δέντρων.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
Καλογριά <i>P.pinea</i> Rt-Rs		
	<i>Rt</i>	<i>Rs</i>
Mean	0.879406	1.237748
Variance	0.039242	0.055381
Observations	21	21
Pearson Correlation	0.609957	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	20	
t Stat	-8.45145	
P(T<=t) one-tail	2.47E-08	
t Critical one-tail	1.724718	
P(T<=t) two-tail	4.94E-08	
t Critical two-tail	2.085963	

Πίνακας 17. Σύγκριση του δείκτη Rc με τον δείκτη Rs για το *P.pinea* στην περιοχή Καλογριά για μέσο όρο 21 δέντρων.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
Καλογριά <i>P.pinea</i> Rc-Rs		
	<i>Rc</i>	<i>Rs</i>
Mean	1.436522	1.237748
Variance	0.050788	0.055381
Observations	21	21
Pearson Correlation	0.253398	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	20	
t Stat	3.234863	
P(T<=t) one-tail	0.002076	
t Critical one-tail	1.724718	
P(T<=t) two-tail	0.004152	
t Critical two-tail	2.085963	

Οι Πίνακες 15-17 δείχνουν ότι και στις τρεις περιπτώσεις σύγκρισης των δεικτών (*Rt-Rc*, *Rt-Rs*, *Rc-Rs*) για το *P. pinea* με t-test για την περιοχή Καλογριά το P έχει τιμή μικρότερη του 0.05 άρα έχουμε στατιστικώς σημαντική διαφορά. Αυτό σημαίνει ότι τα δέντρα αν και επηρεάστηκαν αρνητικά από την ξηρασία, δηλαδή $Rt < 1$, μετά την ξηρασία εμφάνισαν στατιστικώς σημαντική ανάκαμψη.

Πίνακας 18. Σύγκριση του δείκτη Rc στην περιοχή Καλογριά για μέσο όρο 14 δένδρων *Q. macrolepis* και 21 δέντρων *P. pinea*.

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
	<i>Q. macrolepis</i> Rc	<i>P. pinea</i> Rc
Mean	1,253571429	1,436190476
Variance	0,235547802	0,051004762
Observations	14	21
Hypothesized Mean Difference	0	
df	17	
T Stat	-1,316102265	
P(T<=t) one-tail	0,10280545	
T Critical one-tail	1,739606726	
P(T<=t) two-tail	0,205610901	
T Critical two-tail	2,109815578	

Ο Πίνακας 18 δείχνει ότι αν και για και ο δείκτης ανάκαμψης μετά την ξηρασία Rc είναι υψηλότερος για το *P. pinea* σε σχέση με το *Q. macrolepis* το t-test υποδηλώνει ότι η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικώς σημαντική για την περιοχή Καλογριά.

Κεφάλαιο 4

Συζήτηση-Συμπεράσματα

Η ξηρασία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες αβιοτικής καταπόνησης που περιορίζει τη φυτική παραγωγή σε παγκόσμιο επίπεδο (Boyer, 1982), (Chaves et al., 2003), (Flexas et al., 2004). Η επιβίωση και παραγωγικότητα των φυτών εξαρτάται άμεσα από την διαθεσιμότητα σε υδάτινους πόρους και την απρόσκοπτη μεταφορά του νερού με στόχο τη διατήρηση της ομαλής λειτουργίας της φωτοσύνθεσης και της αύξησης (Stiller, 2009). Στην περιοχή μελέτης μας η ξηρασία των ετών 2007 και 2008 αποτέλεσε πολύ ακραίο γεγονός με την ετήσια βροχόπτωση (Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου) να φτάνει στο 74% και 54% του μέσου όρου της περιόδου 1948-2008 (Εικόνα 57). Ο άνθρακας δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα υπό τις σημερινές συγκεντρώσεις CO₂ στην ατμόσφαιρα, απεναντίας βρέθηκε ότι η ξηρασία αυξάνει τα αποθέματα άνθρακα στην αειθαλή βλάστηση (Körner 2003, Körner et al. 2005). Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε για το είδος *Quercus cerris* στη περιοχή όρος Piantangeli της Ρώμης (Di Filippo & al. 2010), καθώς επίσης και για το είδος *Pinus halepensis* στην Ελλάδα (Sarris & al. 2007) παρατηρήθηκε ότι η ετήσια αύξηση των δέντρων παρουσιάζει πτωτική τάση σε σχέση με τη μείωση βροχόπτωσης που παρατηρήθηκε στην περιοχή.



Εικόνα 57. Ετήσια βροχόπτωση Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου από τον μετεωρολογικό σταθμό του Αράξου, τον κοντινότερο στην περιοχή μελέτης.

Στην αύξηση του είδους *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* κατέχει καθοριστικό ρόλο ο υψηλός βαθμός συσχέτισης μεταξύ του πλάτους αυξητικών δακτυλίων των δέντρων και της βροχόπτωσης (Μαργέτη, 2012). Παρατηρήθηκε ότι η δευτερογενής κατά πάχος αύξηση του *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα στα τέλη του 20ου -αρχές του 21ου αιώνα, ενώ σε ανάλογα χαμηλά επίπεδα φαίνεται να βρέθηκε ξανά στα τέλη του 19ου και στις αρχές του 20ου αιώνα. Μετρήσεις σχετικής υγρασίας που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης (Μαργέτη, 2012) έδειξαν ότι το έδαφος στην περιοχή της Καλογριάς περιέχει αρκετά περισσότερη υγρασία σε σχέση με την περιοχή Γιαννισκάρι σε βάθος 10 cm πράγμα που καταδεικνύει ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ διαθεσιμότητας της υγρασίας τοπογραφικά και κατ'επέκταση επηρεάζει και διαφορετικά την ανάπτυξη των ειδών *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* όπως φαίνεται και από την μεταβολή παραγωγικότητας σε ξύλο μεταξύ των δειγμάτων που ελήφθησαν από τις περιοχές, αφού τα δείγματα της Καλογριάς εμφανίζουν μεγαλύτερη αύξηση πλάτους δακτυλίων σε σχέση με εκείνα στο Γιαννισκάρι.

Στην περιοχή Καλογριά (η οποία θεωρείται υγρότερος βιότοπος από το Γιαννισκάρι) οι βελανιδιές επηρεάστηκαν από την ξηρασία του 2007-08 περισσότερο από ότι στο Γιαννισκάρι. Όμως, μετά την περίοδο ξηρασίας και με την αύξηση ξανά της βροχόπτωσης δείχνουν να ανακάμπτουν.

Τα πεύκα επίσης παρουσιάζουν μείωση της παραγωγικότητας με την ξηρασία αλλά φαίνεται να ανακάμπτουν γρηγορότερα.

Στην περιοχή Γιαννισκάρι οι βελανιδιές φαίνεται να μην επηρεάζονται τόσο από την ξηρασία. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι τα δέντρα έχουν αναγκαστεί να αναπτύξουν πιο βαθύ ριζικό σύστημα για να έχουν πρόσβαση στην υγρασία. Ενδεχομένως να χρειάζονται αρκετά χρόνια παρατεταμένης ξηρασίας για να επηρεαστούν. Επίσης η πυκνότητα των συστάδων της βελανιδιάς είναι αρκετά μικρότερη στον ξηρό βιότοπο του Γιαννισκαρίου σε σχέση με της Καλογριάς. Ως αποτέλεσμα η διαθεσιμότητα νερού βροχόπτωσης ανά δένδρο μπορεί να είναι μεγαλύτερη, δίνοντας στο σύστημα μεγαλύτερη αντίσταση στην ξηρασία.

Συνεπώς, τα χαρακτηριστικά του βιοτόπου και οι βιοτικές πιέσεις φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στο πως επηρεάζονται τα δέντρα σε περιόδους ξηρασίας. Οι βελανιδιές που βρίσκονται να μεν σε βραχώδη αβαθή εδάφη αλλά με μειωμένο ανταγωνισμό από γειτονικά δένδρα, ίσως να έχουν περισσότερες πιθανότητες επιβίωσης σε περιόδους ξηρασίας σε σχέση με πεδινά άτομα που αντιμετωπίζουν έντονο ανταγωνισμό.

Οι προβλέψεις για τα επόμενα χρόνια στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου δείχνουν μείωση της βροχόπτωσης μέχρι και 30% και την θερμοκρασία να αυξάνεται κατά 2,5-3,5 °C (4 °C για την θερινή περίοδο). Αν η ξηρασία ενταθεί περισσότερο, όπως αναμένεται, στην περιοχή μελέτης της Καλογριάς τα πεύκα ενδεχομένως να ευνοηθούν καθώς δείχνουν τάση να ανακάμπτουν γρηγορότερα από τις βελανιδιές. Το είδος *Pinus pinea* δείχνει να έχει την ικανότητα να αποθηκεύσει αρκετή ποσότητα νερού εσωτερικά στους ιστούς (Borghetti et al. 1998) και έτσι να αντιμετωπίσει την επεισοδιακή έλλειψη νερού. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που καθιστά το είδος ανθεκτικό στην ξηρασία είναι η προσαρμογή των χαρακτηριστικών των τραχεϊδων ώστε να διατηρήσει την ισορροπία μεταξύ της υδραυλικής απόδοσης και της ασφάλειας στις κλιματικές εναλλαγές που συμβαίνουν κατά την εναλλαγή των εποχών (Campelo et al. 2007).

Βιβλιογραφία

Allen, C.D., *et al.* (2009) A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*.

Alpert, P., Krichak, S.O., Shafir, H., Haim, D., Osetinsky, I.(2008) Climatic Trends to Extremes Employing Regional Modeling and Statistical Interpretation Over the E. Mediterranean. *Global and Planetary Change*, Volume 63, Issue 2.

Aronson, J., Shmida, A. (1992) Plant Species Diversity Along a Mediterranean-Desert Gradient and Its Correlation With Interannual Rainfall Fluctuations. *Journal of Arid Environments*, 23.

Bradley, N. L., Leopold, A. C., Ross, J. & Huffaker, W. (1999) Phenological Changes Reflect Climate Change in Wisconsin. *Proc. Natl Acad. Sci., USA* , 9701–9704.

Borghetti M., Cinnirella S., Magnani F., Saracino A. (1998) Impact of long-term drought on xylem embolism and growth in *Pinus halepensis* Mill. *Trees* 12: 187–195.

Boyer, J. S. (1982) Plant productivity and environment. *Science*, 218, 443-448.

Campelo F, Nabais C, Freitas H, Gutiérrez E. (2007) Climatic significance of tree-ring width and intra-annual density fluctuations in *Pinus pinea* from a dry Mediterranean area in Portugal. *Annals of Forest Science* 64: 229–238.

Chaves, M. M., Maroco, J. P., Pereira, J. S. (2003) Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. *Funct. Plant Biol.*, 30, 239–264.

Chmielewski,F., Rötzer,T. (2001) Response of Tree Phenology to Climate Change Across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 108, Issue 2, Pages 101-112, ISSN 0168-1923.

Cowling, R.M. et al. (1996) Plant diversity in Mediterranean-climate regions. *Trends Ecol. Evol.*, 11, pp. 362–366.

Di Filippo, Al. (2010) Climate Change and Oak Growth Decline: Dendroecology and Stand Productivity of a Turkey Oak (*Quercus cerris* L.) Old Stored Coppice in Central Italy. *Annals For Science*,67.

Fischer, E. M.,Beyerle, U.,Knutti, R. (2013) Robust Spatially Aggregated Projections of Climate Extremes. *Nature Climate Change*, 3.

Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G., Sharkey, T. D. (2004) Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. *Plant Biol.* 6, 269–279.

Fritts Tree rings and climate - New York : Academic Press, 1976. - pp. 567.

Georgiadis, A. (2003) The Warming Climate: Impacts on the forest fire risk for the southern Greece (Dissertation Topic). University of East Anglia, Norwich.
<http://www.uea.ac.uk/~e238104/Fires.htm>

Georgiadis, G., Spanou, S. , Kokkoris, I. , Tiniakou, A. , Georgiadis, Th. (2014) Introducing an Integrated Monitoring System for Natural Ecosystems: The Example of Strofilia Wetlands in Western Peloponnese, Greece, Department of Biology, Division of Plant Biology, Laboratory of Plant Ecology, University of Patras GR-26500, Patras, Greece.

Gornitz, V.(2008) *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*,Springer Science & Business Media.

Jones, G. V., Michael, A. W., Storchmann, K., (2005). Climate Change and Global Wine Quality. *Climate Change*, 73, 319-343.

Dracup, J. K., Lee, E., Paulson, Jr., (1980) On the Definition of Droughts. *Water Resource*, 16 (2), 297–302.

IPCC Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I. In: Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds

Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL) - United Kingdom, New York : Cambridge University Press.

IPCC, Climate Change, 2001. The Scientific Basis, Contribution of WG I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press.

Körner, Ch. (2003) Carbon limitation in trees. Tansley lecture. *Journal of Ecology*, 91, 417.

Körner, Ch., Sarris, D., Christodoulakis, D. (2005) Long-term increase in climatic dryness in the East-Mediterranean evidenced for the island of Samos. *Regional Environmental Change*, 5, 27–36.

Kramer, K., Leinonen, I., Loustau, D. (2000) The Importance of Phenology for The Evaluation of Impact of Climate Change on Growth of Boreal, Temperate and Mediterranean Forests Ecosystems: An Overview. *Int. J. Biometeorol.*, 44.

Larocque, S.J., Smith, D.J. (2005) A dendroclimatological Reconstruction of Climate Since AD 1700 in The Mt. Waddington Area, British Columbia Coast Mountains, Canada. *Dendrochronologia*, Volume 22, Issue 2, Pages 93-106, ISSN 1125-7865.

Lloret, F., Keeling, E.G, Sala, A.(2011) Components of Tree Resilience: Effects of Successive Low-Growth Episodes in Old Ponderosa Pine Forests, *Oikos*, 120, pp. 1909-1920.

Norby, R.J., DeLucia, E.H., Gielen, B., Calfapietra, C., Giardina, C.P., King, J.S., Ledford, J., McCarthy, H.R., Moore, D.J.P., Ceulemans, R., DeAngelis, P., Finzi, A.C., Karnosky, D.F., Kubiske, M.E., Lukac, M., Pregitzer, K.S., Scarascia-Mugnozza, G.E., Schlesinger, W.H., Oren, R. (2005) Forest response to Elevated CO₂ is Conserved Across a Broad Range of Productivity. *Proceedings of the National Academy of Science*, 102, 18052-18056.

Palmer, W. C. (1965) Meteorological Drought. Research Paper 45. Washington, DC: US Weather Bureau, Department of Commerce.

Pantera, A., Papadopoulos, A., Fotiadis, G., Papanastasis, VP. (2008) "Distribution and Phytogeographical Analysis of *Quercus ithaburensis* ssp. *macrolepis* in Greece". *Ecologia Mediterranea*, vol. 34, pp. 73-82.

Sarris D., Christodoulakis D., Koerner C. (2007) Recent Decline in Precipitation and Tree Growth in the Eastern Mediterranean. *Glob. Change Biol.*, pp. 1187-1200.

Schwartz, M.D. (1999). Advancing to Full Bloom: Planning Phenological Research for the 21st Century. *Int. J. Biometeorol.*, 42, 113-118.

Schweingruber F.H. (1996) *Tree Rings and Dendroecology*, Birmensdorf. - Berne : Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research.

Stiller, V. (2009) Soil salinity and drought alter wood density and vulnerability xylem cavitation of baldcypress (*Taxodium distichum* (L.) Rich) seedlings. *Env. Exp. Bot.*, 67, 164-171.

Ulbrich, U., May, W., Lionello, P., Pinto, J. G., Somot, S. (2006) The Mediterranean Climate Change Under Global Warming. *Mediterranean Climate Variability*, edited by Lionello, P., Malanotte, P., Boscolo, R., pp. 399-415, Elsevier, Amsterdam.

Ελληνική βιβλιογραφία

Σαρρής, Δ. (2008) Μείωση της βροχόπτωσης στην Α. Μεσόγειο και η σχέση της με το φαινόμενο ENSO. Διερεύνηση με τις μεθόδους Δενδροκλιματολογίας.

Μαργέτη, Μ. (2012) Επίδραση της τοπογραφίας και της κλιματικής αλλαγής στην αύξηση της ήμερης βελανιδιάς (*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*) στη Δυτική Πελοπόννησο (Μαύρα Βουνα Αχαΐας).

Ντάφης, Σ. (1986) *Δασική Οικολογία*. Θεσσαλονίκη : Γιαχούδη – Γιαπούλη.

Ντάφης, Σ. (1973) *Ταξινόμησης της δασικής βλαστήσεως της Ελλάδος*. Θεσσαλονίκη : Τμήμα Δασολογίας & ΦΠ. ΑΠΘ,.

Περγαντής Φ. (1991) Μελέτη Οργάνωσης Κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης και Οικοτουρισμού στην Περιοχή Μετοχίου - Πάτρα : Ελληνική Εταιρεία Τοπικής Ανάπτυξης & Αυτοδιοίκησης.

Ραδόγλου, Κ., Κορακάκη, Ε. (2012) Οι Λειτουργίες των Δασών στη Γη: Υδατικό Στρες και Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής. Σελ. 61-76 στο Α.Χ. Παπαγεωργίου, Γ. Καρέτσος και Γ. Κατσαδωράκης (επιμ. έκδοσης). *Το δάσος: Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση*. WWF Ελλάς, Αθήνα.

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.. (1996) Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη Λ/Θ Κοτυχίου - Δάσους Στροφιλιάς.
- Αθήνα : Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. - Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος, Τμήμα Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού,.