ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ

«ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΑΥΞΗΣΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ – ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ»

ΚΑΡΑΓΙΩΡΓΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Καλογεράκης Νικόλαος (Επιβλέπων)
Παρανυχιανάκης Νικόλαος
Παλαιολόγος Ευάγγελος

Χανιά

Σεπτέμβρης 2009

Ευχαριστίες..

Για την υλοποίηση αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τη Δρ. Μανουσάκη Λένα, που παρά τις αντιξοότητες του καλοκαιριού με βοήθησε στην υλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας και ήταν πάντα διαθέσιμη για οποιαδήποτε βοήθεια, τη Μοιρογιώργου Ντίνα, μέλος ΕΕΔΙΠ στο τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, για τη σημαντική βοήθεια στο προγραμματιστικό μέρος της εργασίας μου, καθώς και τους φοιτητές Μαρκόπουλο Παναγιώτη του τμήματος Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, και Τσισκάκη Ευφροσύνη του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων για τη βοήθειά τους, πρακτική και ψυχολογική, καθ’ όλη τη διάρκεια των εργασιών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην προκείμενη διπλωματική εργασία ασχοληθήκαμε με την μέτρηση της ανάπτυξης φυτικών οργανισμών μέσω επεξεργασίας φωτογραφικών δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από ψηφιακή επεξεργασία και ανάλυση εικόνας για την εύρεση μεθόδου περιγραφής της αύξησης των φυτικών οργανισμών σε συνθήκες περιβάλλοντος καθώς και σε συνθήκες αλατότητας.

Ένα μεγάλο μέρος αυτής της εργασίας ήταν πειραματικό. Στην πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα τέσσερα είδη φυτών:*Nerium Oleander L. (Πικροδάφνη), Metrosideros Excelsa (Μετροσίδηρος), Pittosporum Tobira (Αγγελική) και Eugenia Myrtifolia Newport (Ευγενία).*

Τα τρία πρώτα από τα παραπάνω είδη είναι αλόφυτα. Για κάθε είδος χρησιμοποιήθηκαν τρία φυτά, τα οποία αναπτύσσονταν υπό συνθήκες περιβάλλοντος καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Επιπλέον για το είδος Nerium Oleander L. χρησιμοποιήθηκαν έξι φυτά, τα οποία αναπτύσσονταν υπό συνθήκες αυξημένης αλατότητας δύο διαφορετικών ορίων (1% και 2% κ.β).Η αλατότητα κατά το πότισμα ήταν σταδιακά αυξανόμενη κατά 0,5 % κ.β, ξεκινώντας από 0,5% και σε διαστήματα αύξησης 5 ημερών. Η ημέρα που ξεκίνησαν οι συνθήκες σταδιακά αυξανόμενης αλατότητας θεωρήθηκε ως η αρχική ημέρα της πειραματικής διαδικασίας και ξεκίνησε η φωτογράφηση των φυτών που διήρκησε 45 ημέρες και γινόταν ανά διαστήματα των τριών ημερών.

Η φωτογράφηση έγινε με συμβατική φωτογραφική μηχανή των 7 Mpixels σε σταθερή απόσταση 2 μέτρων από το κάθε φυτό, το οποίο τέθηκε σε σταθερή διάταξη, με δύο μεζούρες τοποθετημένες κάθετα και οριζόντια για τη μέτρηση του ύψους και του πλάτους αντίστοιχα του υπέργειου τμήματος του φυτού. Ακριβώς πριν τη φωτογράφηση της πρώτης ημέρας, τα φυτά του πειράματος κλαδεύτηκαν, για πρακτικούς λόγους, και τα κλαδιά αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή επιπλέον πληροφορίας. Για κάθε φυτό φωτογραφήθηκαν τρία διαβαθμισμένα

μεγέθη κλαδιών, ξηράνθηκαν και ζυγίστηκαν για να έχουμε μια αρχική πληροφορία για κάθε φυτό του πειράματος. Την τελευταία ημέρα λήψης των φωτογραφιών αποκόπηκε το υπέργειο τμήμα των φυτών, ξηράνθηκε και ζυγίστηκε για την εύρεση της αντίστοιχης βιομάζας.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας περιλαμβάνει το συσχετισμό των πειραματικών μετρήσεων-φωτογραφιών, με την αύξηση των φυτών. Στο στάδιο αυτό δημιουργήσαμε ένα MATLAB script για τον υπολογισμό του εμβαδού του υπέργειου τμήματος σε pixels, για κάθε φυτό. Ο κώδικας αυτός εισάγει τις εικόνες από τις φωτογραφίσεις, τις “κόβει” αφαιρώντας την περιττή πληροφορία που αφορά τον περιβάλλοντα χώρο, τις μετατρέπει σε ασπρόμαυρες και εξάγει τον αριθμό των μαύρων pixels που αντιστοιχούν στο εμβαδόν του υπέργειου τμήματος του φυτού.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 2</u>

Κεφάλαιο 4ο : Πειραματική διαδικασία

Κεφάλαιο 5ο : Προγραμματιστικό μέρος

Κεφάλαιο 6ο : Ανάλυση και συσχετισμός πειραματικών δεδομένων

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

1. *Ανάπτυξη, αύξηση και διαφοροποίηση*

Για την περιγραφή των διαφόρων πτυχών των αλλαγών που υφίσταται ένας φυτικός οργανισμός κατά τη διάρκεια της ζωής του χρησιμοποιούνται συχνά οι όροι ***αύξηση, διαφοροποίηση*** και ***ανάπτυξη.*** Ανάπτυξη είναι ο γενικότερος όρος, ο οποίος αναφέρεται στο σύνολο όλων των αλλαγών στις οποίες υπόκειται ένας φυτικός οργανισμός κατά τη διάρκεια της ζωής του, από τη βλάστηση του σπόρου μέχρι την αύξηση, την ωρίμανση, την άνθιση και τη γήρανση. Η ανάπτυξη παρατηρείται εξίσου στα κύτταρα, τους ιστούς και τα όργανα, παρουσιάζοντας παρόμοιους μηχανισμούς αλλαγής. Η ανάπτυξη είναι εμφανέστερη στις αλλαγές της μορφής του οργανισμού ή του οργάνου, όπως η μετάβαση από την φυτική στην κατάσταση άνθισης ή από τα 'μάτια' των φύλλων στο πλήρως ανεπτυγμένο φύλλο. Επίσης είναι εμφανής σε υποκυτταρικό και βιοχημικό επίπεδο, όπως όταν εμφανίζονται οι χλωροπλάστες στα κύτταρα των φύλλων που εκτίθενται στο φώς και τα φωτοσυνθετικά ένζυμα γίνονται ενεργά.

Ανάπτυξη είναι το άθροισμα της αύξησης και της διαφοροποίησης. Η αύξηση είναι ένας ποσοτικός όρος, που σχετίζεται με αλλαγές στο μέγεθος και στη μάζα. Μπορεί να αξιολογηθεί από μια ποικιλία ποσοτικών μετρήσεων. Η αύξηση των κυττάρων σε καλλιέργεια μετράται ορισμένες φορές από την αύξηση στον αριθμό τους ή από το μικτό βάρος (fresh weight) των κυττάρων αυτών. Παρ' όλα αυτά, για υψηλότερα φυτά, το μικτό βάρος δεν είναι αξιόπιστη μέτρηση. Αν και στους περισσότερους φυτικούς ιστούς περιέχεται περίπου 80% νερό, σε υψηλότερα φυτά το περιεχόμενο νερό ποικίλει και το μικτό βάρος κυμαίνεται σε ένα ευρύ φάσμα με αλλαγές στην κατάσταση του νερού μέσα στο φυτό. Το ξηρό βάρος, που αποτελεί μέτρηση της ποσότητας του πρωτοπλάσματος ή της ξηρής μάζας, χρησιμοποιείται περισσότερο από το μικτό βάρος, αλλά ακόμα και αυτό μπορεί να αποβεί παραπλανητικό ως προς την πραγματική αύξηση του φυτικού οργανισμού. Για παράδειγμα, το ξηρό βάρος ενός σποριόφυτου (συμπεριλαμβανομένου και του σπόρου), καλλιεργημένου σε σκοτεινό χώρο, ουσιαστικά θα φθίνει σε σύγκριση με έναν σπόρο πλήρως ενυδατωμένο, παρ' όλο που θα θεωρούσαμε ότι θα έχει επέλθει μια σχετική αύξηση. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε απώλεια ξηρού βάρους γιατί το αναπτυσσόμενο σποριόφυτο αναπνέει άνθρακα αποθηκευμένο στο σπόρο με τη συνοδευτική απώλεια διοξειδίου του άνθρακα. Στο σκοτάδι, ο χαμένος αυτός άνθρακας δεν μπορεί να αναπληρωθεί από τη φωτοσύνθεση και έτσι το σποριόφυτο υπόκειται σε καθαρή απώλεια ξηρής μάζας. Σε τέτοιες περιπτώσεις το μικτό βάρος ή ακόμα και το μήκος του κεντρικού άξονα του σποριόφυτου (ύψος) θα ήταν καλύτερη μέτρηση αύξησης. Το μήκος ή και ακόμα το πλάτος ενός αναπτυσσόμενου φυτού θα ήταν κατάλληλες μετρήσεις. Το μήκος και το πλάτος δεν παρέχουν μόνο μια καλή μέτρηση της αύξησης, αλλά ένας λόγος μήκους – πλάτους θα μπορούσε να δώσει επίσης πληροφορίες για το μοτίβο της ανάπτυξης των φύλλων. Είναι προφανές ότι υπεισέρχονται πολλές παράμετροι στη μέτρηση της αύξησης, εξαρτώμενες ως ένα σημείο από τις ανάγκες του παρατηρητή. Παρ' όλες τις προσπάθειες για ποσοτικοποίηση της αύξησης καταλήγουμε στο θεμελιώδες απόφθεγμα ότι *η αύξηση είναι μια μη αντιστρεπτή μεγέθυνση σε όγκο ή μέγεθος*.

Διαφοροποίηση είναι ένας άλλος ποσοτικός όρος, που αναφέρεται σε διαφορές, εκτός του μεγέθους, μεταξύ κυττάρων, ιστών και οργάνων. Διαφοροποίηση έχουμε όταν ένα διαιρούμενο κύτταρο δώσει δύο άλλα θυγατρικά κύτταρα προορισμένα να έχουν διαφορετικά ανατομικά χαρακτηριστικά και λειτουργίες. Για παράδειγμα, στα πρώιμα στάδια της ανάπτυξης διαίρεση του ζυγωτού δίνει κύτταρα που προορίζονται για τη ρίζα ή τον κορμό του φυτού. Η διαφοροποίηση δεν έχει εύκολη ποσοτική ερμηνεία αλλά συνήθως περιγράφεται από μια σειρά ποσοτικών αλλαγών. Τέλος, αν και αύξηση και διαφοροποίηση είναι δύο ταυτόχρονα γεγονότα, υπάρχουν παραδείγματα αύξησης χωρίς διαφοροποίηση και διαφοροποίησης χωρίς αύξηση.

2. Κινητική ανάλυση της αύξησης

Κατά το πρώτο μισό του εικοστού αιώνα σημειώθηκαν αρκετές προσπάθειες για την ανάλυση της φυτικής αύξησης και ανάπτυξης από μία μαθηματική σκοπιά. Η κεντρική ιδέα ήταν ότι η μαθηματική ανάλυση της αύξησης θα οδηγούσε σε προβλέψεις για τη φύση της διαδικασίας που θα μπορούσε να ελεγχθεί πειραματικά. Παρά όμως τις εκτενείς αναλύσεις της κινητικής της αύξησης, δεν επετεύχθη μεγαλύτερη κατανόηση της φυτικής αύξησης ή ανάπτυξης ή του ελέγχου τους. Η αρχική δυσκολία είναι ότι, ενώ υπάρχουν απλά μοντέλα για την περιγραφή της αύξησης, δεν ενσωματώνουν εύκολα ποσοτικές αλλαγές.

Πιο πρόσφατα, με τη βοήθεια της ηλεκτρονικής ανάλυσης μέσω υπολογιστή, υπήρξε μια αναβίωση του ενδιαφέροντος για τη μαθηματική μοντελοποίηση της φυτικής αύξησης, κυρίως στα πεδία της αγροκαλλιέργειας και της φυσιολογικής οικολογίας των φυτικών κοινοτήτων. Ξεκινώντας με απλά μοντέλα αύξησης για μεμονωμένα φυτά, είναι δυνατό να προσομοιωθεί η επίδραση των κλιματικών παραγόντων και εισαγωγών όπως η δομή του εδάφους, των επιπέδων των θρεπτικών, του νερού, της θερμοκρασίας και του ηλιακού φωτός στην αύξηση, ανάπτυξη και παραγωγικότητα των συστημάτων συγκομιδής ή τα συστήματα φυσικής βλάστησης. Αυτά τα μοντέλα βρίσκουν εφαρμογή σε προγράμματα αναπαραγωγής σχεδιασμένα να αναπτύσσουν νέες ποικιλίες ειδικά προορισμένες για συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, ή για να καθοδηγήσουν την αποτελεσματική χρήση των λιπασμάτων και του νερού, ή για την εκτίμηση της επίδρασης των ρυπαντών στην παραγωγικότητα των συστημάτων.

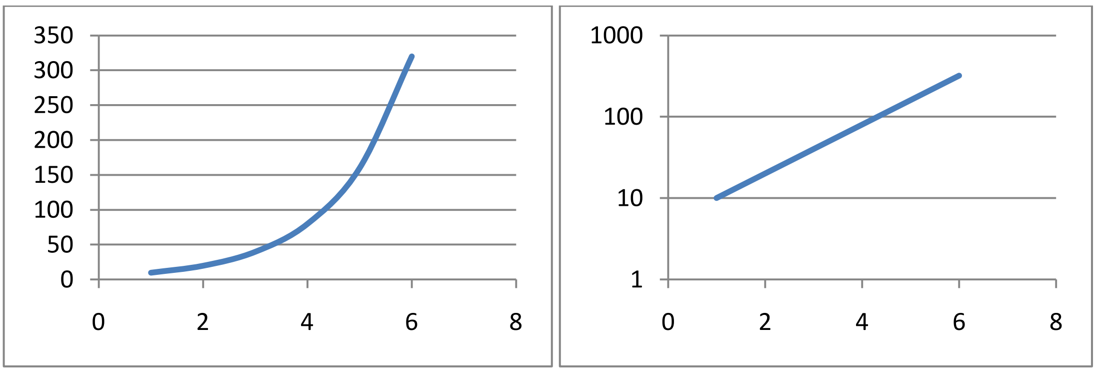
Παρ' όλο που οι μαθηματικές αναλύσεις δεν έχουν αποδειχτεί σχετικά χρήσιμες, στην κατανόηση των μηχανισμών της αύξησης και ανάπτυξης, αποκαλύπτουν ένα μέρος από τη φύση της διαδικασίας της αύξησης και επιτρέπουν τις συγκρίσεις μεταξύ διαφορετικών συνθηκών. Η κινητική της αύξησης είναι ένα εύκολος τρόπος να συνοψισθούν τα δεδομένα αύξησης και γι' αυτό χρησιμοποιείται ευρέως από τους φυσιολόγους για την περιγραφή και την ερμηνεία φυσιολογικών αντιδράσεων.

3. Αύξηση μικροοργανισμών σε καλλιέργεια

Προτού εισέλθουμε στην ανάλυση της αύξησης περίπλοκων, πολυκύτταρων ψηλών φυτών, είναι σκόπιμο να αναφερθούμε στην αύξηση μονοκύτταρων μικροοργανισμών όπως τα βακτήρια ή η άλγη, τα οποία παράγονται με κυτταρική διαίρεση. Ας θεωρήσουμε την αύξηση μιας καλλιέργειας μικροοργανισμών με επαρκή προμήθεια θρεπτικών και σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο συσχετισμός μεταξύ του αριθμού των κυττάρων ως προς το χρόνο δίνει μια γεωμετρική πρόοδο ή μια εκθετική αύξηση των κυττάρων. Ο εκθετικός χαρακτήρας της καμπύλης που θα προκύψει μπορεί να εξηγηθεί θεωρώντας ότι η κυτταρική διαίρεση είναι ταυτόχρονη και ότι όλα τα κύτταρα στην καλλιέργεια διαιρούνται αυθόρμητα. Αν n_0 είναι ο αρχικός αριθμός των κυττάρων και n ο αριθμός των κυττάρων μετά από δοσμένο αριθμό διαιρέσεων, ο συνολικός αριθμός των κυττάρων στην χ-οστή γενιά θα είναι:

$$n=n_0\times 2^x$$

Κάτω από αυτές τις συνθήκες ο αριθμός των κυττάρων στην καλλιέργεια θα διπλασιάζεται με κάθε γενιά και το διάγραμμα του αριθμού των κυττάρων ως προς τον χρόνο θα ήταν :



Διάγραμμα 1: *Καμπύλες ιδανικής αύξησης για ταυτόχρονα διαιρούμενο πληθυσμό μικροοργανισμών (σε πραγματική και λογαριθμική κλίμακα).*

Από δεδομένα τέτοιου τύπου μπορούμε να προσδιορίσουμε δύο παραμέτρους που βοηθούν στην περιγραφή της αύξησης στην καλλιέργεια. Αυτοί είναι το ***απόλυτο ποσοστό αύξησης (AGR, absolute growth rate)*** και το ***σχετικό ποσοστό αύξησης (RGR, relative growth rate)***. Το AGR σε οποιοδήποτε χρόνο είναι η κλίση της καμπύλης και μπορεί να εκφραστεί ως ο λόγος της αλλαγής στον αριθμό των κυττάρων (dn) ως προς το διάστημα του χρόνου (dt):

$$AGR = \frac{dn}{dt}$$

Το σχετικό ποσοστό αύξησης δίνεται από τη διαίρεση του απόλυτου ποσοστού αύξησης με τον αριθμό των κυττάρων:

$$RGR = \frac{dn}{dt} \cdot \frac{1}{n}$$

4. *Αύξηση πολυκύτταρων οργανισμών*

Η μέτρηση ή η περιγραφή της αύξησης μεμονωμένων κυττάρων σε καλλιέργεια ή μικρών ομάδων κυττάρων είναι σχετικά απλό. Η ανάπτυξη όμως πολυκύτταρων οργανισμών είναι κάτι πιο περίπλοκο.

Η τυπική καμπύλη εκθετικής αύξησης των μικροοργανισμών σε καλλιέργεια μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη μερικών ψηλότερων φυτικών οργανισμών ή φυτικών οργάνων, τουλάχιστον όσον αφορά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης. Με πολυκύτταρους οργανισμούς, όπως ένα ετήσιο φυτό, το AGR συχνά αυξάνεται των πρώτων φάσεων, μετά παραμένει σταθερό για μια χρονική περίοδο πριν να φθίνει κατά την ωρίμανση και τη γήρανση. Αυτή η γραμμική φάση είναι συχνά ο κυρίαρχος χαρακτήρας της αύξησης και προκύπτει κατά ένα μεγάλο μέρος από το μοναδικό σχέδιο αύξησης των ψηλών φυτικών οργανισμών. Αντίθετα με τις καλλιέργειες των μονοκύτταρων οργανισμών, όπου ο αριθμός των διαιρούμενων κυττάρων αυξάνεται με το χρόνο, ο αριθμός των κυττάρων σε ένα μερίστημα παραμένει σταθερός. Έτσι ο ρυθμός αύξησης καθορίζεται κυρίως από το ποσοστό της κυτταρικής διαίρεσης στο μερίστημα και η παραγωγή καινούριων κυττάρων είναι αριθμητική παρά γεωμετρική. Γι’ αυτό η αύξηση σε μέγεθος τείνει να είναι σταθερή και δεν σχετίζεται με το μέγεθος του οργανισμού ή το συνολικό αριθμό των κυττάρων του.

Το ποσοστό αύξησης για πολλούς πολυκύτταρους φυτικούς οργανισμούς και φυτικά όργανα είναι αρκετά περίπλοκο και ποικίλει από είδος σε είδος ή με τις περιβαλλοντικές αλλαγές. Σε πολλές περιπτώσεις μπορούν να εμφανιστούν διαταραχές στο ρυθμό αύξησης από γεγονότα ανάπτυξης. Παρ' όλα αυτά, άσχετα με το αν η αύξηση είναι εκθετική, γραμμική ή πολυφασική, όλοι οι οργανισμοί αντιμετωπίζουν έμφυτους μεγεθυντικούς περιορισμούς και βιώνουν έναν φθίνοντα ρυθμό αύξησης καθώς πλησιάζουν αυτούς τους περιορισμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

1. *Τι είναι η καταπόνηση?*

Η καταπόνηση είναι μια μηχανική έννοια, προσδιορισμένη από τους μηχανικούς και τους φυσικούς επιστήμονες ως η δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας που ασκείται σε ένα αντικείμενο. Σε αντίδραση στην καταπόνηση, το αντικείμενο αναπτύσσει μια πίεση ή αλλαγή στις διαστάσεις του. Αυτή η σχέση καταπόνησης - πίεσης περιγράφεται εύκολα με μηχανικά παραδείγματα, όπως η επιμήκυνση ενός ελαστικού υμένα ή το λύγισμα μεταλλικής ράβδου λόγω φορτίου. Στα μηχανικά συστήματα η καταπόνηση και η πίεση μπορούν εύκολα να ποσοτικοποιηθούν.

Είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η καταπόνηση υπό βιολογική έννοια με τέτοια ακρίβεια. Ο J. Levitt έχει δηλώσει ότι η φυσική ορολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ζώντες οργανισμούς, αλλά στην πράξη η βιολογική έννοια της καταπόνησης υποδηλώνει περισσότερα. Για παράδειγμα, στο επίπεδο οικοσυστήματος κάθε εξωτερικός περιορισμός που οριοθετεί την παραγωγικότητα (π.χ. πρόσληψη άνθρακα) κάτω από τη γενετική δυνατότητα του φυτού, μπορεί να θεωρηθεί ως καταπόνηση (Grime, 1979). Αυτή η προσέγγιση μπορεί να βρει χρησιμότητα σε συγκεκριμένες καταστάσεις, όπως στη γεωργία, όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαθηματικά μοντέλα για την εκτίμηση των γενετικών δυνατοτήτων υπό βέλτιστες περιβαλλοντικές συνθήκες. Εντούτοις χωρίς πρακτικά μέσα για την εκτίμηση της γενετικής δυνατότητας, είναι πολύ πιο δύσκολο να κρίνουμε την επίδραση της καταπόνησης σύμφωνα με αυτό το κριτήριο.

Κατά την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής καταπόνησης δημιουργείται άλλο ένα πρόβλημα για το πότε, κατά τη διάρκεια μιας συνεχούς περιβαλλοντικής εναλλαγής, μια κατάσταση γίνεται καταπόνηση. Τα είδη των φυτών ποικίλουν ανάλογα με τα βέλτιστα περιβάλλοντα και την ανεκτικότητά τους σε ακρότητες στη θερμοκρασία, στη διαθεσιμότητα νερού ή στην αλατότητα. Σε ποιό σημείο γίνεται καταπόνηση η θερμοκρασία και η διαθεσιμότητα του εδάφους σε νερό? Δεν υπάρχουν απλές απαντήσεις και κανένα σύστημα ορολογίας δεν έχει λάβει την πλήρη υποστήριξη όλων των επιστημόνων που δουλεύουν στο πεδίο της φυσιολογίας των καταπονήσεων (Jones and Jones, 1989).

Ίσως ο πιο χρήσιμος προσδιορισμός της βιολογικής καταπόνηση είναι μια ‘δυσμενής δύναμη ή επιρροή που τείνει να εμποδίζει κανονικά συστήματα από το να λειτουργούν’ (Jones and Jones, 1989).

2. Η αντίδραση των φυτικών οργανισμών στην καταπόνηση.

Τα φυτά μπορούν να αντιδράσουν στην καταπόνηση με διάφορους τρόπους. Μπορούν να αποφύγουν τα αποτελέσματα της καταπόνησης, ολοκληρώνοντας την αύξησή τους κατά τη διάρκεια περιόδων με λιγότερη καταπόνηση ή μπορεί να ‘τραυματιστούν’ όταν δεν μπορούν να την αντιμετωπίσουν. Αυτό σημαίνει ότι παρουσιάζουν μια ή περισσότερες μεταβολικές δυσλειτουργίες. Αν η καταπόνηση είναι μέτρια και βραχυχρόνια, ο τραυματισμός μπορεί να είναι προσωρινός και το φυτό να επανέλθει όταν απομακρυνθεί η καταπόνηση. Αν η καταπόνηση είναι αρκετά σοβαρή, μπορεί να προλάβει την άνθιση και το σχηματισμό σπόρων ή αλλιώς να επηρεάσει την επιβίωση του φυτού. Κάποιοι φυτικοί οργανισμοί μπορούν να αποφύγουν την καταπόνηση (στρατηγική διαφυγής) όλοι μαζί, όπως είναι εφήμερα ή μικρής διάρκειας ζωής φυτά της ερήμου. Τα εφήμερα φυτά καλλιεργούνται, μεγαλώνουν και ανθίζουν πολύ γρήγορα ακολουθώντας τις εποχιακές βροχές. Για το λόγο αυτό συμπληρώνουν τον κύκλο ζωής τους κατά η διάρκεια περιόδων με επαρκή υγρασία και σχηματίζουν σπόρους σε λήθαργο πριν το ξεκίνημα των περιόδων ξηρασίας. Με παρόμοιο τρόπο, πολλοί ετήσιοι αρκτικοί φυτικοί οργανισμοί συμπληρώνουν τον κύκλο ζωής τους κατά τη διάρκεια του σύντομου αρκτικού καλοκαιριού και επιβιώνουν το χειμώνα με τη μορφή σπόρων. Επειδή οι εφήμεροι φυτικοί οργανισμοί δεν βιώνουν την καταπόνηση της ξηρασίας ή των χαμηλών θερμοκρασιών, είναι γνωστοί και ως διαφυγόντες καταπόνησης (stress escapers).

Πολλοί φυτικοί οργανισμοί έχουν την ικανότητα να αντιστέκονται στην καταπόνηση, είτε μέσω αποφυγής της καταπόνησης, είτε ανθεκτικότητας στην καταπόνηση. Οι μηχανισμοί της αποφυγής μειώνουν την επίδραση της καταπόνησης, ακόμα και αν η καταπόνηση είναι παρούσα στο περιβάλλον. Για παράδειγμα υπάρχουν φυτικοί οργανισμοί οι οποίοι αντιπαρέρχονται την ξηρασία, αναπτύσσοντας ριζικό σύστημα το οποίο εισχωρεί σε μεγάλα βάθη, προσεγγίζοντας τον υδροφόρο ορίζοντα. Τα κύτταρα, ωστόσο, αυτών των φυτικών οργανισμών είναι εξαιρετικά ευαίσθητα έναντι της αφυδάτωσης. Η ανθεκτικότητα απαιτεί ο φυτικός οργανισμός να έρθει σε θερμοδυναμική ισορροπία με την καταπόνηση, δηλαδή οι εσωτερικές συνθήκες του φυτικού οργανισμού να βρίσκονται σε ισορροπία με τις εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος. Παρουσία του ή των παραγόντων καταπόνησης, οι φυτικοί οργανισμοί διατηρούν υψηλή μεταβολική δραστηριότητα, συγκρίσιμη με εκείνη που παρατηρείται στις βέλτιστες συνθήκες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι ποικιλοϊδρικοί οργανισμοί, των οποίων τα κύτταρα διατηρούν στοιχειώδη μεταβολική δραστηριότητα, ακόμη και αν το κυτόπλασμα υποστεί μερική αφυδάτωση. Το πιο ακραίο παράδειγμα ανθεκτικότητας είναι μια ετερογενής ομάδα ανθιστικών φυτών (με περισσότερα από 100 είδη γνωστά) με το όνομα αναγεννησιακά (Gaff, 1977). Ενώ τα βλαστώδη μέρη των περισσότερων φυτών είναι δυσανεκτικά ακόμα και σε μέτρια αφυδάτωση, το φύλλωμα των αναγεννησιακών φυτών επιβιώνει στον ξηρό αέρα με περίπου 7% υγρασία χωρίς να υποφέρουν από τραυματισμούς.

3. Υδατική καταπόνηση

Η υδατική καταπόνηση μπορεί να εμφανιστεί είτε με περίσσεια νερού είτε με έλλειψη νερού. Ένα παράδειγμα περίσσειας νερού είναι η πλημμύρα. Η καταπόνηση σε πλημμύρες είναι περισσότερο καταπόνηση από την έλλειψη οξυγόνου, εξαιτίας του μειωμένου αποθέματος οξυγόνου στις ρίζες του φυτικού οργανισμού. Το μειωμένο οξυγόνο με τη σειρά του περιορίζει την αναπνοή, την πρόσληψη θρεπτικών και άλλες κρίσιμες λειτουργίες των ριζών. Η υδατική καταπόνηση έλλειψης νερού είναι πιο γνωστή ως υδατική καταπόνηση. Επειδή η υδατική καταπόνηση σε φυσικά περιβάλλοντα εμφανίζεται συνήθως λόγω έλλειψης βροχοπτώσεων, μια κατάσταση γνωστή ως ξηρασία, η καταπόνηση αυτή συχνά αναφέρεται ως καταπόνηση ξηρασίας. Στο εργαστήριο, η υδατική καταπόνηση μπορεί να προσομοιωθεί επιτρέποντας τις απώλειες από τη διαπνοή των φύλλων, μια συχνά αναφερόμενη ως καταπόνηση αποξήρανσης. Η υδατική καταπόνηση είναι επίσης συστατικό της καταπόνησης αλατότητας και της οσμωτικής καταπόνησης. Το κοινό στοιχείο όλων αυτών των διαφοροποιήσεων στην υδατική καταπόνηση, είναι το χαμηλό δυναμικό νερού.

4. *Καταπόνηση αλατότητας*

Υψηλές συγκεντρώσεις άλατος στη ριζόσφαιρα των φυτικών οργανισμών παράγει καταπόνηση μέσω έλλειψης νερού και ιοντικής τοξικότητας. Ο αποκλεισμός του άλατος και της οσμωτικής προσαρμογής μπορούν να παίξουν μεγάλο ρόλο στην ανεκτικότητα των φυτικών οργανισμών σε περιβάλλοντα υψηλών συγκεντρώσεων άλατος.

Η συγκέντρωση των ανόργανων ιόντων στο περιβάλλον ενός φυτικού οργανισμού μπορεί να ποικίλει ευρέως μεταξύ έλλειψης και περίσσειας. Παρ' όλο που, τεχνικά, ένας τύπος χαμηλής καταπόνησης άλατος και ιοντικής έλλειψης είναι ένα πρόβλημα θρεπτικών. Στην πράξη ο όρος καταπόνηση αλατότητας αναφέρεται μόνο στην περίσσεια ιόντων, κυρίως, όχι όμως αποκλειστικά, Na^+ και Cl^- .

Μεγάλες περιοχές της γης στις οποίες η αλατότητα είναι ένα φυσικό χαρακτηριστικό του περιβάλλοντος (Fitter and Hay, 1987). Παράκτια αλίπεδα ή υφάλμυρα έλη είναι χαρακτηριστικά χαμηλών περιοχών συχνά στις εκβολές, που υπόκεινται παλιρροιακούς κατακλυσμούς. Τα εδάφη τους δεν παρουσιάζουν ομοιόμορφη σύσταση ή και συγκέντρωση από πλευράς ιόντων. Το θαλασσινό νερό, το οποίο είναι περίπου 3% χλωριούχο νάτριο, περιέχει 460 mM Na^+ , 50 mM Mg^{2+} και 540 mM Cl^- , και με μικρότερες ποσότητες άλλων ιόντων. Το θαλασσινό νερό έχει μια διαλυτική ικανότητα της τάξης των -2,7 MPa. Παρ' όλα αυτά, η πραγματική αλατότητα των αλμυρών ελών θα εξαρτηθεί από έναν αριθμό παραγόντων, όπως η ανύψωση και η απόσταση από τη θάλασσα, ο βαθμός ανάμιξης μεταξύ αλμυρού και γλυκού νερού, το ποσό της εξάτμισης (η οποία προκαλεί αύξηση στην συγκέντρωση του άλατος) ή το ποσό της κατακρήμνισης (η οποία προκαλεί μείωση στην συγκέντρωση άλατος). Η υψηλή αλατότητα είναι επίσης χαρακτηριστικό των ερημικών περιοχών. Εδώ η εξάτμιση υπερτερεί της κατακρήμνισης, υπάρχει μικρή ή και καθόλου διύλιση και τα άλατα συσσωρεύονται στο έδαφος. Τα εδάφη των ερήμων τυπικά έχουν υψηλές συγκεντρώσεις Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , $SO42+$, και ανθρακικά άλατα. Υψηλή αλατότητα μπορεί επίσης να βρεθεί και κοντά στις ακτές ενδογενών λιμνών που δεν έχουν εξόδους και έτσι η εξάτμιση αυξάνει την συγκέντρωση της αλατότητας.

Μια τρίτη κατηγορία εδαφών υψηλής αλατότητας είναι τα γεωργικά εδάφη που είναι υπερβολικά αρδευόμενα (Flowers et al. , 1977). Αρδεύοντας έντονα ξηρότερες περιοχές, υπάρχει εκτεταμένη απώλεια νερού μέσω συνδυασμού της εξάτμισης και της διαπνοής που ονομάζεται **εξατμισοδιαπνοή**. Το αποτέλεσμα είναι τα άλατα που εμπεριέχονται στο νερό να μεταφέρονται με το νερό ποτίσματος και να συσσωρεύονται στο έδαφος. Η αλάτωση των γεωργικών εδαφών έχει σοβαρές συνέπειες, καθώς η γη πρέπει να απομακρυνθεί άμεσα από την παραγωγή. Στην Κίνα, για παράδειγμα, πάνω από 7 εκατομμύρια εκτάρια έχουν χαρακτηριστεί αλατώδη, τα περισσότερα ως αποτέλεσμα αιώνων ποτίσματος (Sun, 1987). Δυστυχώς οικονομικά πιο σημαντικά είδη καλλιέργειας είναι πολύ ευαίσθητα σε εδάφη με συνθήκες αλατότητας. Αυτό έχει οδηγήσει σε πρακτικές εντατικής διαχείρισης νερού σε μια προσπάθεια να μειωθεί η αλάτωση και να εκτραφούν ποικιλίες με μεγαλύτερη ανεκτικότητα στην αλατότητα.

Τα φυτά που αναπτύσσονται σε εδάφη με μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων ονομάζονται **αλόφυτα**. Τα πιο ανεκτικά αλόφυτα συνεχίζουν να αναπτύσσονται σε συγκεντρώσεις NaCl σε μια κλίμακα από 200 έως 500 mM. Μερικά αλόφυτα είναι γνωστά ως **ρυθμιστές αλατότητας**. Οι ρυθμιστές αλατότητας δεν απορροφούν τα άλατα αλλά τα αποκλείουν από τις ρίζες τους. Άλλοι ρυθμιστές άλατος παραλαμβάνουν το αλάτι αλλά εκκρίνουν μεγάλες ποσότητες από ειδικούς αλατώδεις αδένες στα φύλλα τους. Το εκκρινόμενο αλάτι κρυσταλλοποιείται στην επιφάνεια των φύλλων τους όπου δεν είναι πλέον επιβλαβές. Η έκκριση μέσω των αλατωδών αδένων είναι πολύ συγκεκριμένη, καθώς αρχικά εκκρίνονται Na^+ , Cl^- και HCO3- ενώ διατηρούνται ιόντα όπως Ca^{2+} , NO3- , SO42-, και HPO4-. Οι **συσσωρευτές αλατότητας** από την άλλη, βασίζονται στην πρόσληψη υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων για τη διατήρηση των κυττάρων τους υπό συνθήκες χαμηλής δυναμικότητας νερού στο έδαφος. Εντούτοις, ακόμα και τα πιο ανεκτικά αλόφυτα δεν είναι υποχρεωτικά αλόφυτα αλλά θα αναπτυχθούν κανονικά και σε συνθήκες χαμηλής συγκέντρωσης αλατότητας.

Από το άλλο άκρο βρίσκονται τα ευαίσθητα μη- αλόφυτα γνωστά και ως **γλυκόφυτα**. Πολλά σημαντικά γεωργικά είδη όπως τα φασόλια (*Phaseolus vulgaris*) και το ρύζι (*Oryza sativa*) είναι γλυκόφυτα. Τα γλυκόφυτα μπορούν να ανεχτούν πολύ λίγο αλάτι και μπορεί να υποστούν ανεπανόρθωτη ζημιά σε συγκεντρώσεις NaCl μικρότερες από 50 mM. Άλλα μη- αλόφυτα είδη καλλιέργειας, όπως η ντομάτα (*Lycopersicon esculentum*) και το βαμβάκι (*Gossypium hirsutum*) μπορούν να ανεχτούν και μεγαλύτερα επίπεδα αλατότητας.

Η καταπόνηση αλατότητας μπορεί να βλάψει τους φυτικούς οργανισμούς σε τρία διαφορετικά επίπεδα. Πρώτον, μεγάλες συγκεντρώσεις άλατος και υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου θα αλλάξουν τη δομή των εδαφών. Επειδή το πορώδες των εδαφών θα μειωθεί, ο αερισμός και η υδραυλική αγωγιμότητα των εδαφών θα επηρεαστεί δυσμενώς. Δεύτερον, οι υψηλές συγκεντρώσεις άλατος είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την υδατική καταπόνηση. Οι υψηλές συγκεντρώσεις νερού οδηγούν σε χαμηλά δυναμικά νερού στο έδαφος, και ως εκ τούτου εμφανίζεται μια μορφή υδατικής καταπόνησης (οσμωτική καταπόνηση) για τους φυτικούς οργανισμούς, που αυξάνει τη δυσκολία για το φυτό να προσλάβει νερό και θρεπτικά. Θα πρέπει στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι τόσο η υδατική, όσο και η καταπόνηση αλατότητας επηρεάζουν δυσμενώς έναν κοινό παράγοντα, το οσμωτικό δυναμικό. Μια τρίτη μορφή καταπόνησης στα γλυκόφυτα περιλαμβάνει αποτελέσματα τοξικότητας από συγκεκριμένα ιόντα, κυρίως από Na^+ και Cl^- . Παρ' όλο που ο ακριβής μηχανισμός καταπόνησης δεν είναι ακόμη κατανοητός, περίσσεια Na^+ μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην περατότητα μεμβρανών, παρεμπόδιση ενζύμων ή γενικότερα μεταβολική δυσλειτουργία . Είναι γνωστό ότι υψηλές συγκεντρώσεις άλατος περιορίζουν την αύξηση και μειώνουν την απορρόφηση άνθρακα στα γλυκόφυτα. Η μείωση της απορρόφησης άνθρακα γίνεται λόγω μείωσης της φωτοσυνθετικής λειτουργίας αλλά και επιτάχυνσης της αναπνευστικής δραστηριότητας ώστε να αντισταθμιστεί το ενεργειακό κόστος αποκλεισμού των ιόντων ή σύνθεσης νέων μεταβολιτών. Το Na^+ διαρρέει παθητικά στα κύτταρα των ριζών των γλυκόφυτων με μειούμενη συγκέντρωση. Η εσωτερική συγκέντρωση διατηρείται χαμηλή με τη βοήθεια αντλιών νατρίου που εξωθούν το νάτριο.

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο : ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΕΙΔΗ ΦΥΤΩΝ</u>

1. *<u>NERIUM OLEANDER L. – ΠΙΚΡΟΔΑΦΝΗ</u>*

Το Nerium Oleander L., με την ελληνική κοινή ονομασία ‘πικροδάφνη’ είναι ένας αειθαλής θάμνος ή ένα μικρό δέντρο στη οικογένεια Apocynaceae και είναι ένας από τους πιο δηλητηριώδεις γνωστούς φυτικούς οργανισμούς. Είναι το μόνο είδος που ταξινομείται αυτήν την περίοδο στο γένος Nerium. Άλλα ονόματα περιλαμβάνουν Adelfa, Alheli Extranjero, Baladre, Espirradeira, Flor de São Jose, Laurier de jardin, Laurier Rosa, Laurier rose, Flourier rose, Olean, Aiwa, Rosa Francesca, και Rose-bay (Inchem 2005), закум [zakum] (βουλγαρικά), leander (ουγγρικά), leandru (ρουμανικά), zakum, zakkum, zakhum (τουρκικά), zaqqum (αραβικά) harduf (εβραϊκά: הרדוף) Kaneru (Sinhalese) arali (Ταμίλ και Malayalam - νότιες ινδικές γλώσσες) kanagillu (Kannada - νότια ινδική γλώσσα) kaner (σε Hindi, και, επίσης, στην punjabi-γλώσσα από τη βόρεια ινδική κατάσταση του Punjab) και στα κινέζικα είναι γνωστό ως tao zhu jia (κινέζικα: 夹竹桃). Η αρχαία πόλη Volubilis στο Μαρόκο πήρε το όνομά της από το παλαιό λατινικό όνομα για το λουλούδι.

Αύξηση

Είναι εγγενές σε μια ευρεία περιοχή από το Μαρόκο και την Πορτογαλία ανατολικά μέσω της περιοχής της Μεσογείου και της νότιας Ασίας μέχρι το Yunnan στα νότια μέρη της Κίνας. Εμφανίζεται χαρακτηριστικά γύρω από τις ξηρές όχθες ρευμάτων. Αυξάνεται σε 2-6 m ύψος, εξαπολυόμενο για να δημιουργήσει κλαδιά. Τα φύλλα του είναι ανά ζεύγη ή ανά σπείρες τριών, πυκνά και δερματοειδή, σκούρα πράσινα, λογχοειδή, 5-21 cm επιμήκη και 1-3.5 cm πλατιά. Τα λουλούδια εμφανίζονται και αναπτύσσονται στους κορμούς στο τέλος κάθε κλαδιού είναι άσπρα, ρόζ, κόκκινα ή κίτρινα, διαμέτρου 2.5-5 cm, με ένα λοβωτό σχήμα 5 βαθιών πετάλων με ένα περιθώριο γύρω από τον κεντρικό σωλήνα τους. Συχνά, αλλά όχι πάντα, μυρίζουν γλυκά. Το φρούτο είναι μια μακριά στενή κάψα 5-23 cm επιμήκης, η οποία στην ωρίμανσή της ανοίγει διάπλατα για να απελευθερώσει τους πολυάριθμους σπόρους. Στο παρελθόν, οι ευωδιαστοί αυτοί φυτικοί οργανισμοί αντιμετωπίστηκαν μερικές φορές ως ένα ξεχωριστό είδος λεγόμενο N. odorum, αλλά ο χαρακτήρας του δεν είναι σταθερός και δεν θεωρείται πλέον ως χωριστή υποκατηγορία.

Καλλιέργεια και χρήση

Το Oleander ευδοκιμεί στις θερμές υποτροπικές περιοχές, όπου χρησιμοποιείται εκτενώς ως διακοσμητικό φυτό σε τοπία, πάρκα, και κατά μήκος των πλευρών του δρόμου. Είναι ανεκτικό στην ξηρασία και στον περιστασιακό ελαφρύ παγετό κάτω από τους -10°C. Χρησιμοποιείται συνήθως στις ενδιάμεσα διαχωριστικά των αυτοκινητόδρομων ως μέσο εξωραϊσμού στην Ελλάδα και σε άλλα κράτη με ήπιους χειμώνες επειδή διατηρείται εύκολα και είναι εξαιρετικά ανθεκτικό και ανεκτικό σε φτωχά από θρεπτικά συστατικά χώματα και σε ξηρασία. Το Oleander μπορεί επίσης να ευδοκιμήσει στα πιό δροσερά κλίματα στα θερμοκήπια, ή ως εσωτερικό φυτό που μπορούν να κρατηθεί έξω το καλοκαίρι. Τα λουλούδια Oleander είναι ελκυστικά και ευώδη και αυξάνονται για αυτούς τους λόγους. Πάνω από 400 ποικιλίες έχουν ονομαστεί, με διάφορα πρόσθετα χρώματα λουλουδιών που δεν έχουν βρεθεί στα άγρια φυτά, συμπεριλαμβανομένου του κόκκινου, της πορφύρας, του ροζ και του πορτοκαλιού. Το λευκό και μια ποικιλία του ροζ είναι τα πιο κοινά. Πολλές ποικιλίες έχουν επίσης διπλά λουλούδια. Τα νέα φυτά αυξάνονται καλύτερα σε περιοχές όπου δεν έχουν να ανταγωνιστούν με άλλους φυτικούς οργανισμούς για τις θρεπτικές ουσίες του εδάφους.

Τοξικότητα

Το Oleander είναι ένας από τους πιο δηλητηριώδεις φυτικούς οργανισμούς στον κόσμο και περιέχει πολυάριθμες τοξικές ενώσεις, πολλές από τις οποίες μπορούν να είναι θανάσιμες για τον άνθρωπο, και ειδικά για τα μικρά παιδιά. Παρά αυτό το γεγονός, αναπτύσσεται μερικές φορές σε σχολικές αυλές. Η τοξικότητα του Oleander θεωρείται εξαιρετικά υψηλή και έχει αναφερθεί ότι σε μερικές περιπτώσεις μόνο ένα μικρό ποσό είχε θανατηφόρα ή κοντινά σε θάνατο αποτελέσματα. Οι σημαντικότερες αυτών των τοξινών είναι η oleandrin (ολεανδρίνη) και η neriine (νερίνη), οι οποίες είναι καρδιακά γλυκοειδή. Είναι παρόντες σε όλα τα μέρη του φυτού, αλλά συγκεντρώνονται στο σφρίγος, το οποίο μπορεί να απενεργοποιήσει τους δέκτες στο δέρμα προκαλώντας μούδιασμα. Θεωρείται ότι το Oleander μπορεί να περιέχει πολλές άλλες άγνωστες ή μη ερευνημένες ενώσεις που μπορούν να έχουν επικίνδυνα αποτελέσματα. Ο φλοιός του Oleander περιέχει τη rosagenin (ροσαγενίνη) που είναι γνωστή για τα αποτελέσματά παρόμοια με αυτά της στρυχνίνης (strychnine). Ολόκληρο το φυτό, συμπεριλαμβανομένου του σφρίγους, είναι τοξικό, και οποιοδήποτε μέρος μπορεί να προκαλέσει μια δυσμενή αντίδραση. Το Oleander είναι επίσης γνωστό ότι κρατά την τοξικότητά του ακόμα και μετά από την ξήρανση. Θεωρείται ότι μια χούφτα ή 10-20 φύλλα που καταναλώνεται από έναν ενήλικο μπορεί να προκαλέσει μια δυσμενή αντίδραση, και ένα ενιαίο φύλλο θα μπορούσε να είναι θανατηφόρο σε ένα νήπιο ή ένα παιδί. Σύμφωνα με το τοξικό σύστημα παρακολούθησης έκθεσης (TESS) το 2002 υπήρξαν 847 γνωστές ανθρώπινες δηλητηριάσεις στις Ηνωμένες Πολιτείες σχετικές με το Oleander. Υπάρχουν αναρίθμητες αναφερθείσες αυτοκαταστροφικές περιπτώσεις με πολτοποιημένους σπόρους oleander στη νότια Ινδία. Περίπου 0.5 mg ανά χιλιόγραμμο του βάρους σωμάτων είναι θανατηφόρα σε πολλά ζώα, και διάφορες άλλες δόσεις έχουν επιπτώσεις σε άλλα ζώα. Τα περισσότερα ζώα μπορούν να παρουσιάσουν μια αντίδραση ή θάνατο από αυτό το φυτό.

Αποτελέσματα της δηλητηρίασης

Οι αντιδράσεις σε αυτό τό φυτό είναι οι ακόλουθες: Η κατάποση μπορεί να προκαλέσει και γαστροεντερικά και καρδιακά προβλήματα. Τα γαστροεντερικά αποτελούνται από ναυτία και εμετό, υπερβολική παραγωγή σίελου, κοιλιακό πόνο, διάρροια που μπορεί ή δεν περιέχει αίμα, και ειδικά στα άλογα, κολικό. Καρδιακές αντιδράσεις αποτελούνται από ανώμαλο αριθμό παλμών. Η καρδιά μπορεί επίσης να κτυπήσει ασταθώς χωρίς κανένα σημάδι σταθερού ρυθμού. Τα άκρα μπορούν να γίνουν χλωμά και κρύα λόγω της μικρής ή ανώμαλης κυκλοφορίας. Οι αντιδράσεις στις δηλητηριάσεις από αυτό το φυτό μπορούν επίσης να έχουν επιπτώσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Αυτά τα συμπτώματα μπορούν να συμπεριλάβουν την υπνηλία, τρεμούλιασμα ή το τίναγμα των μυών, κρίσεις, την κατάρρευση, και ακόμη και το κώμα που μπορούν να οδηγήσουν στο θάνατο. Το σφρίγος του Oleander μπορεί να προκαλέσει ερεθισμούς του δέρματος, σοβαρό ερεθισμό και ενόχληση των ματιών, και αλλεργικές αντιδράσεις που χαρακτηρίζονται από δερματίτιδα.

Ιατρική περίθαλψη που απαιτείται

Η δηλητηρίαση και οι αντιδράσεις στο φυτό Oleander είναι εμφανείς γρήγορα, απαιτώντας την άμεση ιατρική φροντίδα στις πιθανές ή γνωστές δηλητηριάσεις και των ανθρώπων και των ζώων. Ο προκληθείς εμετός και το γαστρικό πλύσιμο είναι προστατευτικά μέτρα για να μειωθεί η απορρόφηση των τοξικών ενώσεων. Ο ξυλάνθρακας μπορεί επίσης να επιστρατευθεί για να βοηθήσει στην απορρόφηση οποιωνδήποτε υπόλοιπων τοξινών. Η περαιτέρω ιατρική παρακολούθηση μπορεί να απαιτηθεί και θα εξαρτηθεί από τη δριμύτητα της δηλητηρίασης και των συμπτωμάτων. Το Digoxin Immune Fab είναι ο καλύτερος τρόπος να θεραπευτεί μια δηλητηρίαση από oleander εάν προκαλώντας τον εμετό έχει καθόλου ή ελάχιστη επιτυχία, αν και συνήθως χρησιμοποιείται μόνο για τις θανάσιμες περιπτώσεις λόγω των παρενεργειών. Η ξήρανση των φυτικών ιστών δεν αποβάλλει τις τοξίνες. Είναι επίσης επικίνδυνο για τα ζώα όπως τα πρόβατα, άλογα, βοοειδή, και άλλα ζώα βοσκής, με ελάχιστα τα 100 g που είναι αρκετά να σκοτώσουν ένα ενήλικο άλογο. Τα απομεινάρια του φυτού είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα στα άλογα, δεδομένου ότι είναι γλυκά. Τον Ιούλιο του 2009, διάφορα άλογα δηλητηριάστηκαν κατά αυτόν τον τρόπο από τα φύλλα του φυτού. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα των τοξινών και των δευτεροβάθμιων ενώσεων μέσα στο Oleander, και πρέπει να ληφθεί προσοχή γύρω από αυτό το φυτό λόγω της τοξικής φύσης του. Διαφορετικά ονόματα για το Oleander χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο στις διαφορετικές περιοχές, έτσι ώστε κατά την αντιμετώπιση ενός φυτού με αυτήν την εμφάνιση, ανεξάρτητα από το όνομα που χρησιμοποιείται για αυτό, επιδεικνύουν τη μεγάλες προσοχή να αποφευχθεί η κατάποση οποιουδήποτε μέρους του φυτού, συμπεριλαμβανομένου του σφρίγους και των ξηρών φύλλων ή των κλαδιών του. Μην χρησιμοποιήστε τους ξηρούς ή φρέσκους κλάδους για τα τρόφιμα, στην προετοιμασία μιας μαγειρικής φωτιάς, ή ως οβελίδιο τροφίμων. Πολλοί από τους συγγενείς του Oleander, όπως το Desert Rose (Adenium obesum) που βρίσκεται στην Ανατολική Αφρική, έχουν παρόμοια φύλλα και τα λουλούδια τους είναι εξίσου τοξικά.

Έλαιο κορμών

Ενώ οι λόγοι είναι άγνωστοι, μερικοί ορατά υγιείς θάμνοι του oleander που έχουν γίνει άρρωστοι μπορούν να παράγουν έναν τύπο ελαίου από τον κορμό και τις ρηχές ρίζες. Ανάλογα με το μέγεθος του θάμνου, η ποσότητα του ελαίου μπορεί να ποικίλει πολύ και έχει την ικανότητα να διαποτίσει το χώμα κοντά στο θάμνο καθώς η ασθένεια του προχωρεί. Αυτό είναι ενδεχομένως μια εξήγηση για το όνομα του φυτού " Olea" , του οποίου η λατινική μετάφραση είναι ‘λάδι’. Το έλαιο είναι ανοικτό καφέ χρώμα και κατέχει μια πεπαλαιωμένη μυρωδιά. Η τοξικότητα του ελαίου είναι άγνωστη, επειδή οι νευροτοξικές χημικές ουσίες στο υπόλοιπο του δέντρου προέρχονται από το σύστημα φλεβών των φύλλων και όχι από τον πολτό που περιβάλλει αυτές τις φλέβες.

Φυτό ξενιστής

Μερικά ασπόνδυλα είναι γνωστό ότι είναι απρόσβλητα από τις τοξίνες του oleander, και τρέφονται με το φυτό. Οι κάμπιες του Oleander ή Polka-dot Wasp Moth (Syntomeida epilais) τρέφονται συγκεκριμένα με τα oleanders και επιζούν με την κατανάλωση μόνο του πολτού που περιβάλλει τις φύλλο-φλέβες, αποφεύγοντας τις ίνες. Οι προνύμφες του Oleander ή της κοινής πεταλούδας κοράκων (Euploea core) επίσης τρέφονται με Oleanders. Οι κοινές προνύμφες κοράκων διατηρούν ή τροποποιούν τις τοξίνες, καθιστώντας τις δυσάρεστες στα δυνάμει αρπακτικά ζώα όπως τα πουλιά, αλλά όχι σε άλλα ασπόνδυλα όπως οι αράχνες και οι σφήκες.

2. EUGENIA MYRTIFOLIA NEWPORT – ΕΥΓΕΝΙΑ

Γενικές πληροφορίες

Η Eugenia είναι μια μεγάλη ομάδα φυτικών οργανισμών συμπεριλαμβανομένων των αειθαλών δέντρων και των θάμνων, μερικοί από τους οποίους έχουν αναταξινομηθεί στο γένος Syzygium και ανήκει στην οικογένεια των *Myrtaceae*. Τα αειθαλή της φύλλα είναι σταθερά και στιλπνά, και τα λουλούδια της λευκά . Οι ξηροί οφθαλμοί της Eugenia aromatica (Syzygium aromaticum)είναι αυτοί που γίνονται το ευώδες καρύκευμα γαρίφαλο. Τα λουλούδια ακολουθούνται από την παραγωγή των μούρων, μερικοί τύποι των οποίων είναι εδώδιμοι. Όλα αυτά τα γνωρίσματα - το ελκυστικό φύλλωμα, τα λουλούδια, και τα μούρα κάνουν τη Eugenia μια δημοφιλή επιλογή τοπίων στις θερμές περιοχές κλίματος. Το Eugenia confusa (Ironwood, Red stopper) αυξάνεται σε περίπου 35 πόδια και είναι ιδανικό για τη φύτευση δρόμων και χώρων στάθμευσης οδών. Το Eugenia foetida (Spanish stopper) αυξάνεται σε περίπου 15 πόδια ύψος. Ένας υποτροπικό αειθαλές, με σκούρα πράσινα οβάλ φύλλα που διαμορφώνονται ανά ζεύγη. Την άνοιξη, μπορεί να φέρει μικρά άσπρα λουλούδια που ακολουθούνται από τα κόκκινα, εδώδιμα φρούτα. Με εξαίρεση το jaboticaba, τα είδη της Eugenia έχουν κόκκινο φλοιό που ξεφλουδίζει.

Φωτισμός

Πλήρης ήλιος με μερική σκιά. Εκτιμά μια φωτεινή θέση, αλλά μπορεί να ανεχτεί το χαμηλό φως. Εάν τοποθετείται υπαίθρια το καλοκαίρι, μπορεί συνήθως να ανεχτεί τον πλήρη ήλιο, αν και η μερική σκιά συστήνεται στις θερμότερες περιοχές.

Θερμοκρασία

Ποτέ κάτω από τους 30F. Το καλοκαίρι, η Eugenia συμπαθεί τη θερμότητα, ενώ προτιμά τις χειμερινές θερμοκρασίες μεταξύ 46-68F. Η Eugenia δεν συμπαθεί τις ξηρασίες ή τις μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές.

Πότισμα

Γενναιόδωρο το καλοκαίρι, λιγότερο το χειμώνα. Η Ευγενία δεν συμπαθεί τις μεταβολές στο πότισμα, προτιμώντας μια επιμελώς μικρή υγρασία από την ενυδάτωση.

Ασθένειες

Καμία ασθένεια δεν είναι σημαντικής ανησυχίας. Εάν το πότισμα δεν είναι συνεχές παρατηρείται πτώση των φύλλων. Δεν ανήκει στην κατηγορία των αλόφυτων, δεν είναι ανεκτική στο αλάτι.

Το είδος *Eugenia Myrtifolia (SYZYGIUM PANICULATUM)* αποκαλούμενο και κόκκινη βούρτσα της Αυστραλίας, φτάνει σε ύψος τα 6 m και φέρει κόκκινα ωοειδή εδώδιμα φρούτα. Σε περίπτωση αρκετού φωτισμού τα φύλλα της αναπτύσσουν κόκκινους ιριδισμούς. Προτιμά χειμερινές θερμοκρασίες μεταξύ 59-64F.

3. METROSIDERUS EXCELSUS – ΜΕΤΡΟΣΙΔΕΡΟΣ

Περιγραφή

Ο *Metrosiderus Excelsus* είναι ένα στενό όρθιο αειθαλές δέντρο αρκετά ανεκτικό στην πλήρη έκθεση στον ήλιο, στην ξηρασία και στο αλμυρό νερό καθότι αλόφυτο . Κατά την άνοιξη μέχρι το καλοκαίρι εμφανίζει έντονα κόκκινα λουλούδια. Μπορεί να φθάσει από 6 έως 9 μέτρα ύψος και από 3,5 έως 4,5 μέτρα πλάτος. Ευδοκιμεί σε παράκτιες συνθήκες και είναι σκληραγωγημένο να αντέχει σε χειμερινές θερμοκρασίες 25-30 F. Ανήκει στην οικογένεια των *Myrtaceae (Myrtles)* και προέρχεται από τις περιοχές του Ειρηνικού Ωκεανού, την Αυστραλασία και κυρίως από τη Ν. Ζηλανδία, καθώς αποκαλείται και "χριστουγεννιάτικο δέντρο της Ν. Ζηλανδίας" (*N. Zealand Christmas tree*) λόγω της μορφής και του κόκκινου χρώματος των λουλουδιών του. Οι ιθαγενείς Maori το αποκαλούν "Pohutukawa" και αυτή είναι και η ονομασία που έχει επικρατήσει στη Ν. Ζηλανδία. Το όνομα *Metrosiderus* του δόθηκε από τα ελληνικά λόγω της σκληρότητας του ξύλου του και το *Excelsus* από τα λατινικά λόγω του μεγάλου ύψους που μπορεί να φτάσει.

Τα φύλλα του μετροσίδερου είναι παχιά και σκληρά, με ένα φωτεινό σκούρο πράσινο στην κορυφή και ένα αργυροειδές λευκό στο μαλακότερο κάτω μέρος τους. Τα θεαματικά σκούρα πορφυρά λουλούδια του εμφανίζονται αμέσως πριν από τα Χριστούγεννα της Ν. Ζηλανδίας (τέλη της άνοιξης με αρχές καλοκαιριού για το Β. Ημισφαίριο) και η περίοδος ανθίσματος επεκτείνεται καλά τον Ιανουάριο. Οι πρώτοι άποικοι χρησιμοποίησαν το άνθος του μετροσίδερου για να διακοσμήσουν τα σπίτια τους στο χρόνο Χριστουγέννων, ως υποκατάστατο της Νέας Ζηλανδίας του ελαιόπρινου, και ήταν αυτοί που εφάρμοσαν αρχικά το τώρα κοινό όνομα του χριστουγεννιάτικου δέντρου.

Χρήσεις

Το *Metrosiderus Excelsus* χρησιμοποιήθηκε για περισσότερα πράγματα από τη διακόσμηση από τους πρώτους πρωτοπόρους. Η δυνατότητα της ισχυρής ανθεκτικής ξυλείας του χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή σκαφών. Τα φύλλα και ο φλοιός του *Metrosiderus Excelsus* χρησιμοποιήθηκαν για ποικίλους ιατρικούς λόγους από τους ιθαγενείς Maori, και μάλιστα λέγεται ότι ένας πρώτος άποικος ήπιε απόσταγμα του εσωτερικού φλοιού του δέντρου *Metrosiderus Excelsus* για να θεραπεύσει τη δυσεντερία από την οποία υπέφερε.

Ανθεκτικότητα

Η ανοχή του *Metrosiderus Excelsus* στις ακραίες παράκτιες συνθήκες το κάνει μια ιδανική επιλογή για την παράκτια φύτευση. Η ομορφιά του ευνοεί τη φύτευση σε συνθήκες όπου τα λιγότερο σκληραγωγημένα δέντρα δεν μπόρεσαν να αναπτυχθούν. Είναι ένα εκπληκτικά προσαρμόσιμο δέντρο και θα αναπτυχτεί σχεδόν σε οποιεσδήποτε συνθήκες.

4. <u>PITTOSPORUM TOBIRA – ΑΓΓΕΛΙΚΗ</u>

Περιγραφή

Αυτός ο όμορφος ο αειθαλής θάμνος ή το μικρό δέντρο μπορεί να φθάσει στα 4.6 m ύψος και περίπου το ίδιο σε πλάτος. Γενικά το ιαπωνικό pittosporum γίνεται πιο ψηλό στη σκιά ενώ εκείνα που αυξάνονται στον πλήρη ήλιο είναι περισσότερο περιορισμένα σε μέγεθος. Και στις δύο καταστάσεις τα φυτά έχουν μια όρθια στρογγυλή μορφή με τα κλαδιά τους να ακτινοβολούν προς τα έξω γύρω από τους μίσχους. Υπάρχει μια ποικιλία νάνου που αυξάνεται μόνο μέχρι τα 0.6 m σε ύψος αποκαλούμενη ' Wheeler's Dwarf'. Τα δερματοειδή φύλλα του είναι στιλπνά από το πάνω μέρος, με το κάτω μέρος να είναι πιο ανοιχτόχρωμο και να έχει μια θαμπή επιφάνεια. Αυτά τα πολύ διακοσμητικά φύλλα φθάνουν σε μήκος από 2.5-12.7 cm και μέχρι 2.5 cm πλάτος με τις άκρες που σχηματίζουν μια μπούκλα προς τα κάτω και εσωτερικά. Αναπτύσσονται διαδοχικά σε μια σπείρα γύρω από το μίσχο, μια ρύθμιση που παρέχει το πυκνό φύλλωμα που ενισχύει το ενδιαφέρον και την ελκυστικότητα του φυτού. Ένα άλλο κοινό όνομα για αυτά τα φυτά είναι ιαπωνικό mock orange επειδή η μυρωδιά που αναδύεται από τα άνθη του είναι παρόμοια με αυτήν του γλυκού πορτοκαλιού (citrus sinensis). Τα μικρά λουλούδια είναι περίπου 1.3 cm σε διάμετρο και κρατιούνται σε συστάδες στις άκρες των κλαδιών. Είναι καθαρό λευκό όταν προβάλλουν αρχικά από τον οφθαλμό και ωριμάζουν αργά σε ένα κρεμώδες κίτρινο. Εμφανίζονται στα τέλη της άνοιξης και διαρκούν για αρκετές εβδομάδες. Τα λουλούδια είναι πιο αξιοπρόσεχτα και ελκυστικά χάρη στο όμορφο υπόβαθρο του σκούρου πράσινου φυλλώματος.

Θέση

Αυτό το pittosporum είναι εγγενές στην Κίνα και την Ιαπωνία, αλλά χρησιμοποιείται ως διακοσμητικό στα ηπιότερα κλίματα σε όλο τον κόσμο.

Υγρασία

Αυτό το φυτό είναι πολύ προσαρμόσιμο και αναπτύσσεται στα περισσότερα χώματα εκτός από εκείνα που είναι συνεχώς υγρά. Η μέτρια υγρασία απαιτείται για τη γρηγορότερη αύξηση και την καλύτερη εμφάνιση. Οι φυτεμένοι φυτικοί οργανισμοί είναι σε θέση να επιζήσουν των μεγάλων περιόδων της ξηρασίας αλλά φαίνονται πολύ άσχημα . Όταν λαμβάνεται η επαρκής υγρασία το φυτό ανακάμπτει.

Χαρακτηριστικά

Αυτό το pittosporum είναι μέτριας με γρήγορης ανάπτυξης υπό τον όρο ότι λαμβάνει επαρκώς θρεπτικές ουσίες και νερό. Το κοινό όνομα mock orange χρησιμοποιείται για διάφορα ανεξάρτητα είδη που παράγουν τις μυρωδιές που θυμίζουν αυτές των ανθών των εσπεριδοειδών. Το Mock orange χρησιμοποιείται επίσης για να αναφερθεί στα είδη του γένους Philadelphus και σε άλλα είδη Pittosporum. Υπάρχουν πάνω από εκατό είδη στο γένος Pittosporum. Πολλά είναι από τη Νέα Ζηλανδία και την Αυστραλία. Αειθαλής θάμνος ή μικρό δέντρο που φτάνει τα 15 πόδια σε ύψος, ανάλογα με την ποικιλία, σκούρα πράσινα φύλλα, μέχρι 10 cm επιμήκη στιλπνά δερματοειδή φύλλα, 2.5-12.5 cm επιμήκη, μέχρι 2.5 cm πλατιά με άκρες αναδιπλούμενες και ελαφρώς πιο θαμπό κάτω μέρος. Το pittosporum ανθίζει το Μάρτιο με τη συστάδα των ευωδών κρεμωδών πράσινων λουλουδιών, με 12 mm διάμετρο.

<u>ΕΝΟΤΗΤΑ 2</u>

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ</u>

1. Περίληψη

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, υπάρχει η ανάγκη για τον ακριβή προσδιορισμό της αύξησης των φυτικών οργανισμών. Σύμφωνα με την παγκόσμια βιβλιογραφία, υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί από επιστήμονες ανά τον κόσμο που προσδιορίζουν την φυτική αύξηση, οι οποίες όμως ενέχουν πολλούς περιορισμούς και πολλά σφάλματα είτε κατά την πειραματική τους εκτέλεση, είτε κατά την επιλογή σταθερών παραγόντων για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Σε αυτή την εργασία παρατίθεται μια μέθοδος που μπορεί να περιορίσει τα σφάλματα που προκύπτουν από το ότι οι φυτικοί οργανισμοί είναι ζωντανοί οργανισμοί και συνεπώς απρόβλεπτοι, και να αποδώσει όσο το δυνατόν ακριβή αποτελέσματα. Σε αυτή τη μέθοδο προσπαθήσαμε να συνδυάσουμε την αύξηση του φυτού, μεταφρασμένη σε ύψος και φυτική ξηρή βιομάζα, με την περιοχή που καταλαμβάνει το υπέργειο τμήμα του φυτού σε φωτογραφία. Η περιοχή αυτή μετράται, μετά από εφαρμογή προγράμματος επεξεργασίας εικόνας, σε αριθμό pixel και συσχετίζεται με τα παραπάνω. Η μέθοδος απαίτησε διενέργεια πειράματος, το οποίο πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες περιβάλλοντος και αφορούσε 4 είδη φυτών, το *Nerium Oleander L.* (πικροδάφνη), *Pittosporum Tobira* (αγγελική), *Metrosiderus Excelsus* (μετροσίδερος) και *Eugenia Myrtifolia Newport* (ευγενία) εκ των οποίων τα 3 πρώτα είναι αλόφυτα. Επιπλέον θελήσαμε να παρατηρήσουμε αν η μέθοδος αυτή λειτουργεί και σε συνθήκες καταπόνησης για το φυτό. Για το λόγο αυτό σε κάποια επιπλέον φυτά του είδους *Nerium Oleander L.* (πικροδάφνη) εφαρμόσαμε συνθήκες σταδιακά αυξανόμενης αλατότητας.

2. Πειραματικός σχεδιασμός

2.1. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ

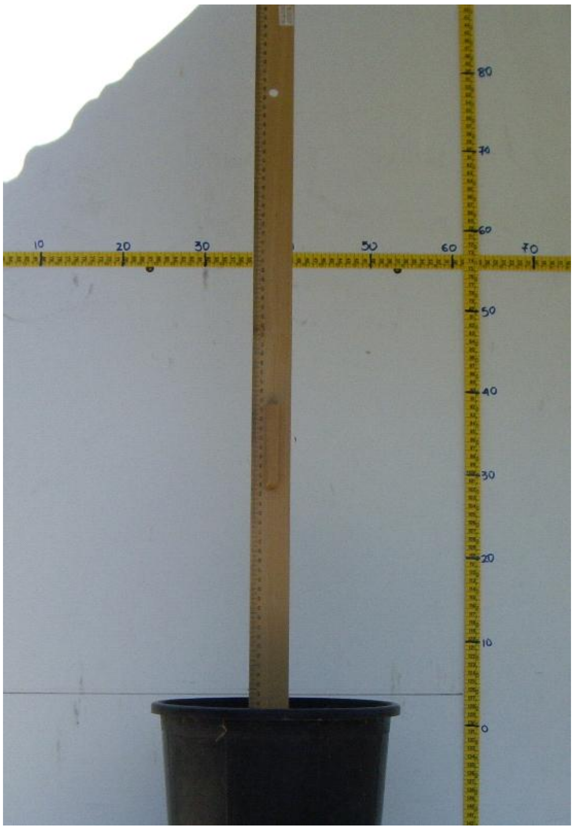
Για το πειραματικό μέρος της μεθόδου χρειαστήκαμε:

- Ψηφιακή φωτογραφική μηχανή μεσαίας ανάλυσης (7 Mp)
- Φωτογραφικό τρίποδο μέγιστου ύψους 1,7 m
- 3 φυτά από κάθε επιλεγμένο είδος και επιπλέον 6 φυτά για το είδος *Nerium Oleander L.* (πικροδάφνη) για την αλατότητα. Συνολικά 18 φυτά, φυτεμένα σε ίδιο τύπο δοχείου (γλάστρας) ηλικίας 10-12 μηνών.
- 2 μεζούρες
- 1 ξύλινο χάρακα
- 1 ομπρέλα θαλάσσης
- 3 συσκευασίες μαγειρικού άλατος
- 1 μεγάλο τραπέζι

Αρχικά τοποθετήσαμε το τραπέζι στον περιβάλλοντα χώρο του θερμοκηπίου και τοποθετήσαμε μεταξύ του τοίχου του θερμοκηπίου και του τραπεζιού ένα μεγάλο κομμάτι κόντρα πλακέ λευκού χρώματος και διαστάσεων περίπου 2m ύψος και 1,2 m πλάτος για να αποτελέσει το φόντο (background) των φωτογραφιών. Είναι λευκού χρώματος για να μην πλησιάζει χρωματικά το υπέργειο τμήμα των φυτών και υπάρξει πρόβλημα κατά την επεξεργασία εικόνας. Στο φόντο αυτό κολλήσαμε τις 2 μεζούρες, κάθετα μεταξύ τους, για να γίνεται η μέτρηση του ύψους και του πλάτους των φυτών. Σε απόσταση 2m από αυτή την κατασκευή, τοποθετήσαμε σε σταθερή βάση το φωτογραφικό τρίποδο και μαρκάραμε τη θέση του στη βάση για να είναι η ίδια κάθε φορά που παίρνουμε τις φωτογραφίες. Επίσης μαρκάραμε και τη θέση του δοχείου του φυτού πάνω στο τραπέζι για τον ίδιο λόγο.

2.2.<u>ΣΦΑΛΜΑΤΑ</u>

Αρχικά έπρεπε να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα της κλίμακας. Τα φυτά δεν θα μπορούσαν να τοποθετηθούν ακριβώς στο επίπεδο του φόντου, στο οποίο βρίσκονταν οι μεζούρες, λόγω όγκου. Γι’ αυτό το λόγο, αφού μαρκάραμε τη σταθερή θέση στην οποία θα τοποθετούνταν τα φυτά, τοποθετήσαμε ένα δοχείο κενό, ίδιο με αυτό των φυτών, στο κέντρο του οποίου εφαρμόσαμε κάθετα έναν ξύλινο χάρακα και το φωτογραφίσαμε για να γίνει ο συσχετισμός της κλίμακας των 2 επιπέδων. Κατά την επεξεργασία των εικόνων η κλίμακα αυτή προέκυψε 1:0,9.



Εικόνα 1: *Ο ξύλινος χάρακας για τον προσδιορισμό της κλίμακας.*

Το επόμενο πρόβλημα που παρουσιάστηκε επέφερε μεγάλο σφάλμα κατά τον προσδιορισμό του αριθμού των pixel στις φωτογραφίες. Το φως του ήλιου που έπεφτε πάνω στο κάθε φυτό κατά τη λήψη των φωτογραφιών δημιουργούσε σκιά των φύλλων του φυτού στο φόντο και συνεπώς εσφαλμένο αποτέλεσμα στον αριθμό των pixel κατά την επεξεργασία των εικόνων. Το πρόβλημα αυτό περιορίστηκε με τη χρήση ομπρέλας θαλάσσης εφαρμοσμένης στην άκρη του τραπεζιού και με τη λήψη των φωτογραφιών το αργότερο μέχρι τις 9:30 π.μ.

Εικόνες 2,3: *Δοκιμαστικές εικόνες που πήραμε για την επίλυση του προβλήματος με τη δημιουργία σκιαζόμενου τμήματος με τη χρήση ομπρέλας.*

Το τελευταίο πρόβλημα που μας απασχόλησε ήταν ότι μέχρι την έναρξη του πειράματος τα φυτά αναπτύσσονταν κανονικά με αποτέλεσμα κατά την έναρξη του πειράματος να έχουν αναπτύξει κλαδιά εκτός του περιθωρίου του δοχείου και κάτω από το επίπεδο του χώματος του δοχείου εξωτερικά με αποτέλεσμα να μην μπορούν να μετρηθούν κατά την επεξεργασία εικόνας. Το πρόβλημα αυτό επιλύθηκε με κλάδεμα όλων των φυτών, δίνοντάς μας την ευκαιρία να φωτογραφήσουμε, να ξηράνουμε και να ζυγίσουμε αυτά τα κλαδιά, διαβαθμισμένα σε 3 μεγέθη (μικρό, μεσαίο, μεγάλο), για να έχουμε και επιπλέον πληροφορία κατά την έναρξη του πειράματος.

Εικόνα 4: *Δοκιμαστική λήψη εικόνας στην οποία φαίνεται η ανάγκη για κλάδεμα του φυτού.*

3. *Έναρξη Πειράματος*

3.1.<u>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ</u>

Το πειραματικό μέρος της μεθόδου ξεκίνησε στις 22 Ιουνίου 2009, 6 ημέρες μετά το κλάδεμα των φυτών. Κάθε φυτό αριθμήθηκε για λόγους πρακτικούς, και η αρίθμηση αυτή έγινε ως εξής:

- Από 1-3 για τα 3 φυτά του είδους *Eugenia Myrtifolia Newport (Ευγενία)*
- Από 4-6 για τα 3 φυτά του είδους *Pittosporum Tobira (Αγγελική)*
- Από 7-9 για τα 3 φυτά του είδους *Metrosiderus excelsus (Μετροσίδερος)*, και
- Από 10-18 για τα 9 φυτά του είδους *Nerium Oleander L. (Πικροδάφνη).*

Σε κάθε φυτό σημαδέψαμε τις 2 πλευρές που θα φωτογραφίζονται πάνω στο δοχείο με περιστροφή του δοχείου κατά 90^o για να έχουμε μια συνολική άποψη για τον όγκο των φυτών. Την ίδια ημέρα, μετά τη λήψη των φωτογραφιών, ξεκίνησε και η αλατότητα στο είδος *Nerium Oleander L. (Πικροδάφνη)*. Τα 6 επιπλέον φυτά από αυτό το είδος χωρίστηκαν σε 2 ομάδες των τριών φυτών, από 13-15 και από 16-18, που θα φτάσουν τις αλατότητες 1% και 2% αντίστοιχα. Η μετάβαση αυτή δεν έγινε άμεσα καθώς, παρ' όλο που η πικροδάφνη είναι αλόφυτο, μια τέτοια απότομη μετάβαση σε αλατότητες που πλησιάζουν την τιμή του θαλασσινού νερού (3%) θα απέβαινε μοιραία για τα φυτά που πιθανότατα δεν θα επιβίωναν. Γι' αυτό ξεκινήσαμε με μια μικρή τιμή αλατότητας της τάξης του 0,5% για όλα τα φυτά και την ανεβάσαμε σταδιακά σε διαστήματα των 5 ημερών κατά 0,5% μέχρι να φτάσει το μέγιστο για κάθε ομάδα φυτών για να έχουν το χρόνο οι φυτικοί οργανισμοί να προσαρμοστούν στις συνθήκες. Έτσι στις 30 Ιουνίου η πρώτη ομάδα έφτασε το ανώτερο όριο του 1% και στις 4 Ιουλίου η δεύτερη ομάδα έφτασε το όριο του 2%. Οι ομάδες αυτές συνεχίστηκαν να ποτίζονται με αυτές τις αλατότητες μέχρι το τέλος του πειράματος. Φυσικά από τις 22 Ιουνίου όλα τα φυτά φωτογραφίζονταν μέχρι το τέλος του πειράματος σε χρονικά διαστήματα των 3 ημερών, με 3 λήψεις ανά πλευρά κάθε φυτού για επαναληψιμότητα.

3.2.<u>ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ</u>

Με το κλάδεμα των φυτών στις 16 Ιουνίου, τα κλαδιά που αφαιρέθηκαν, φωτογραφήθηκαν ένα ένα και στη συνέχεια ξηράνθηκαν για τον προσδιορισμό της ξηρής φυτικής βιομάζας. Η ξήρανση έγινε σε φούρνο του εργαστηρίου για 48 h στους 70^{o} C. Μετά το πέρας των 2 ημερών, βγάλαμε τα κλαδιά από τον φούρνο και τα ζυγίσαμε για τον προσδιορισμό της βιομάζας και από τις φωτογραφίες βρήκαμε το ύψος και το πλάτος κάθε κλαδιού, με την μετατροπή στην προαναφερθείσα κλίμακα. Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τα παραπάνω δεδομένα.

Εικόνες 5,6,7: *Φωτογραφίες από τα 3 διαβαθμισμένα κλαδιά του φυτού 1 – Eugenia Myrtifolia Newport (Ευγενία).*

4. Λήξη Πειράματος

Με τη λήξη της πειραματικής διαδικασίας, έπρεπε να έχουμε εξασφαλίσει μια ικανοποιητική διάρκεια πειράματος κατά την οποία θα μπορούσε να φανεί όχι μόνο ανάπτυξη στα φυτά αλλά θα ήταν αρκετή και για τις συνθήκες αλατότητας που εφαρμόσαμε στις 6 πικροδάφνες. Έτσι το πείραμα έλαβε τέλος στις 3 Αυγούστου, έναν μήνα μέγιστης αλατότητας για την ομάδα του 2% και 1,5 για να παρατηρηθεί αύξηση στα υπόλοιπα φυτά. Συνολικά, με τη διαδικασία λήψης φωτογραφιών που αναφέρθηκε παραπάνω, τραβήχτηκαν, 1635 φωτογραφίες των 18 φυτών καθ’ όλη τη διάρκεια του πειράματος και άλλες 135 οι φωτογραφίες των κλαδιών, 1770 φωτογραφίες. Από τις φωτογραφίες αυτές προέκυψαν τα πλάτη και τα ύψη των φυτών και, μετά από επεξεργασία, ο αριθμός των pixel που καταλαμβάνει κάθε φορά λήψης η κάθε πλευρά του κάθε φυτού. Την τελευταία μέρα του πειράματος ελήφθησαν οι τελευταίες φωτογραφίες και αμέσως μετά τα αποκόψαμε το υπέργειο τμήμα του κάθε φυτού από το ριζικό σύστημα και ακολουθήσαμε πάλι την διαδικασία πλύσης, ξήρανσης και ζύγισης για κάθε ένα από αυτά αλλά και για το ριζικό σύστημα κάθε φυτού. Αυτό το κάναμε για να εξετάσουμε αν ισχύει ο σταθερός λόγος μεταξύ υπέργειου και ριζικού συστήματος που υπάρχει για κάθε είδος φυτού. Μετά και από τη ζύγισή τους, είμαστε έτοιμοι να εφαρμόσουμε τον κώδικα για την επεξεργασία εικόνας που θα μας δώσει τον αριθμό των pixel. Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τα προαναφερθέντα αποτελέσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο : ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

1. Περιγραφή κώδικα

Για τις ανάγκες του πειράματος, χρειαστήκαμε έναν κώδικα επεξεργασίας εικόνας στο προγραμματιστικό περιβάλλον MATLAB, ο οποίος κάνει τα εξής:

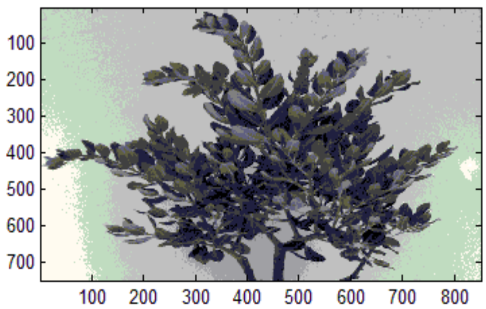
- Εισάγει τις φωτογραφίες των φυτών και τις μετατρέπει σε ασπρόμαυρες.
- Τις ασπρόμαυρες πλέον φωτογραφίες, τις μετατρέπει με αντίθεση 100%, έτσι ώστε όλα τα pixel να είναι χρώματος μαύρου ή άσπρου.
- Τέλος, μετράει τα μαύρα pixel που αντιστοιχούν στο υπέργειο τμήμα του κάθε φυτού.

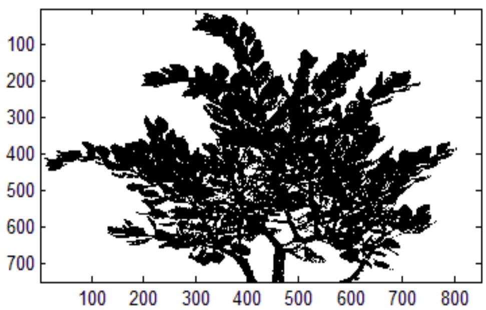
Κατά την επεξεργασία όμως των πρώτων εικόνων με τον κώδικα που δημιουργήθηκε εμφανίστηκαν αρκετά προβλήματα. Αρχικά, παρ' όλο που κατά τη λήψη των εικόνων είχαν προβλεφθεί όλοι οι παράγοντες για τη διατήρηση της ίδιας θέσης (σημειωμένα σημεία, 2 αλφάδια στο φωτογραφικό τρίποδο κτλ.), η στοίχιση των εικόνων διέφερε από μέρα σε μέρα φωτογράφησης. Στη συνέχεια, από τα παραγόμενα figures του κώδικα της MATLAB, παρατηρήθηκε ότι στα μετρούμενα μαύρα pixel συμπεριλαμβάνονταν και οι μεζούρες, είχαν δηλαδή το ίδιο intention με το φυτό, όπως επίσης και το δοχείο του κάθε φυτού. Τέλος, μέρος του περιβάλλοντος χώρου υπήρχε στις φωτογραφίες με αποτέλεσμα και πάλι την αλλοίωση του αριθμού των pixel. Για την επίλυση των προβλημάτων αυτών χρειάστηκε να εισάγουμε διαστάσεις για τις εικόνες που επεξεργάζεται ο κώδικας, τέτοιες ώστε να αποκλείεται ο περιβάλλοντας χώρος και το δοχείο των φυτών, δηλαδή να κρατάει μόνο τη χρήσιμη πληροφορία. Επίσης, για το θέμα της στοίχισης, απλά τρέξαμε τον κώδικα με άλλες διαστάσεις για κάθε μέρα φωτογράφισης χωριστά, έτσι ώστε να περιλαμβάνονται ολόκληρα τα υπέργεια τμήματα των φυτών αλλά και να μην εισέρχεται οποιαδήποτε περιττή πληροφορία, που θα αλλοίωνε τον αριθμό των pixel. Η επίλυση του προβλήματος με το intention των μεζούρων ήταν πιο περίπλοκη. Για κάθε μέρα φωτογράφισης, εφ’ όσον ορίστηκαν οι διαστάσεις των εικόνων, μετρούσαμε σε εικόνα χωρίς φυτό τα pixel αντιστοιχούν στις μεζούρες και τα αφαιρούσαμε από το αποτέλεσμα που έδινε ο κώδικας. Η μέθοδος αυτή έχει μια σχετικά καλή ακρίβεια, της τάξης των 2 χιλιάδων pixel, αλλά δεν είναι απόλυτα ακριβής για τα φυτά που καλύπτουν με το φύλλωμά τους τις μεζούρες. Για να ήταν ακριβείς οι αριθμοί για κάθε εικόνα θα έπρεπε να επεξεργαζόμασταν την κάθε εικόνα αφαιρώντας τις μεζούρες, κάτι που λόγω του μεγάλου αριθμού εικόνων δεν ήταν εύκολο.

Έτσι ο κώδικας, που παρατίθεται παρακάτω, διαβάζει τις εικόνες που βρίσκονται στον επιλεγμένο φάκελο “photos”, εισάγει έναν πίνακα διαστάσεων m=2304 και n=3072 οι οποίες αποτελούν τις αρχικές διαστάσεις της κάθε εικόνας, στη συνέχεια εισάγει τις καινούριες διαστάσεις στις οποίες θέλουμε να ‘κόψουμε’ κάθε εικόνα, μετατρέπει την εικόνα σε ασπρόμαυρη, μετατρέπει την αντίθεση σε 100%, μετράει τα pixel που αντιστοιχούν στο υπέργειο τμήμα του φυτού και εκτυπώνει την κάθε εικόνα στην αρχική ασπρόμαυρη και στην τελική με 100% αντίθεση καθώς και τον αριθμό των pixel αντιστοιχούν στη δεύτερη.

Για παράδειγμα θα χρησιμοποιήσουμε ενδεικτικά μια φωτογραφία από την δεύτερη φορά φωτογράφησης, και συγκεκριμένα ενός φυτού (#9) από το είδος *Metrosiderus Excelsus,* η οποία όταν τραβήχτηκε ήταν έτσι:

Η ίδια εικόνα μετά από την επεξεργασία της στον κώδικα της MATLAB, το κατάλληλο κόψιμό της στις επιθυμητές διαστάσεις, την μετατροπή της σε ασπρόμαυρη και η ίδια εικόνα με αντίθεση 100% , από την οποία μετρήθηκε ο αριθμός των pixel, φαίνεται παρακάτω:





Όπως παρατηρούμε, στους άξονες φαίνονται οι διαστάσεις και στην εικόνα έχει μείνει μόνο η απαραίτητη σε μας πληροφορία, χωρίς καθόλου περιβάλλοντα χώρο ή μεζούρες να αλλοιώνουν τον αριθμό των pixel.

Στη συνέχεια παρατίθεται το MATLAB script που υλοποιεί τα παραπάνω.

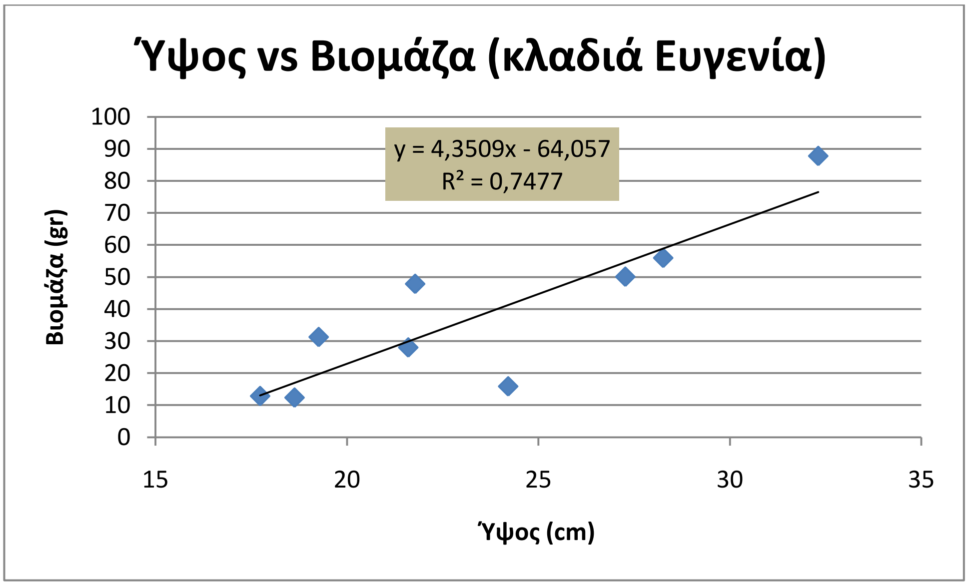
```
clear all;
clc;
imdirectory = 'photos/'
imlist = dir([ imdirectory '*.jpg']);

image_num = length(imlist);
m = 2304;
n = 3072;

for k = 1:1:image_num
    disp(['Image' num2str(k)])

    A = double(imread([imdirectory imlist(k).name]));
    A_int = sum(A,3)/3;

    for i=-1000:300
        for j=-600:600
            A1(i+1001,j+601) = A_int((m/2)+i, (n/2)+j);
        end
    end

    [a, b] = size(A1);
    A2 = zeros(a, b);

    for i=1:a
        for j=1:b
            if (A1(i,j)>20 && A1(i,j)<100)
                A2(i,j) = 255;
            else
                A2(i,j) = 0;
            end
        end
    end

    count = 0;
    for i=1:a
        for j=1:b
            if (A2(i,j) == 255)
                count = count + 1;
            end
        end
    end

    figure(k),  subplot(2,1,1), imagesc(A1), colormap(gray);
                subplot(2,1,2), imagesc(A2), colormap(gray);

    disp(['Area (Number of pixels):']);
    count
end
```

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6º : ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

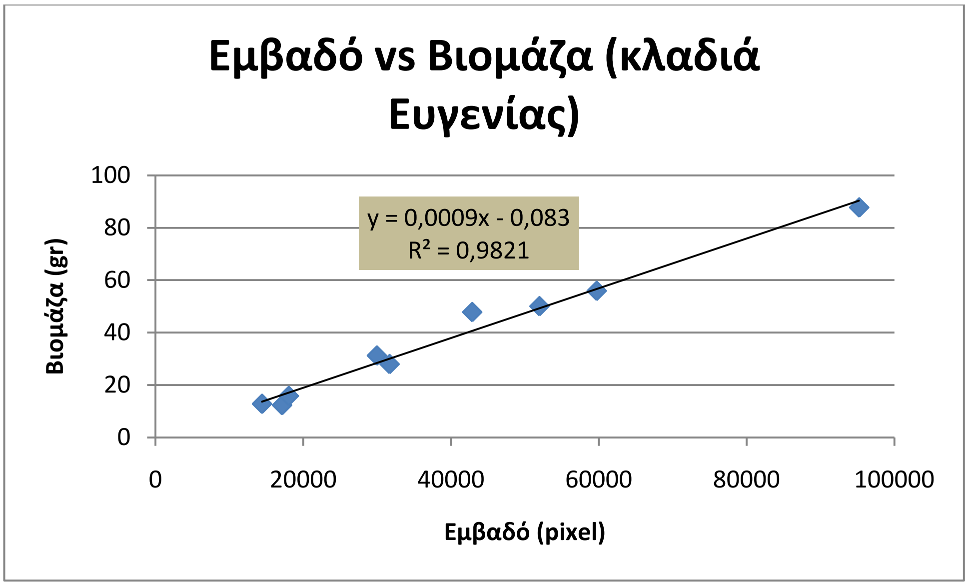
6.1 Δεδομένα κλαδιών πριν την έναρξη του πειράματος

Αρχικά θα ασχοληθούμε με την ανάλυση των δεδομένων από τις εικόνες που τραβήχτηκαν, πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας, από τα κλαδιά που αποκόψαμε από το κάθε φυτό. Κάθε εικόνα αναλύθηκε με το παραπάνω κώδικα του προγράμματος MATLAB, ο οποίος μας έδωσε και το εμβαδό σε pixel για κάθε κλαδί (βλ. Πίνακες στο παράρτημα). Από τα αποτελέσματα αυτά, από το ύψος και πλάτος που μετρήσαμε για κάθε κλαδί καθώς και για τις βιομάζες προέκυψαν τρία διαγράμματα για κάθε είδος φυτού στα οποία συσχετίζεται η βιομάζα με το ύψος, το εμβαδό σε pixel και το ύψος * πλάτος. Για κάθε είδος φυτού προκύπτουν περίπου τα ίδια συμπεράσματα.

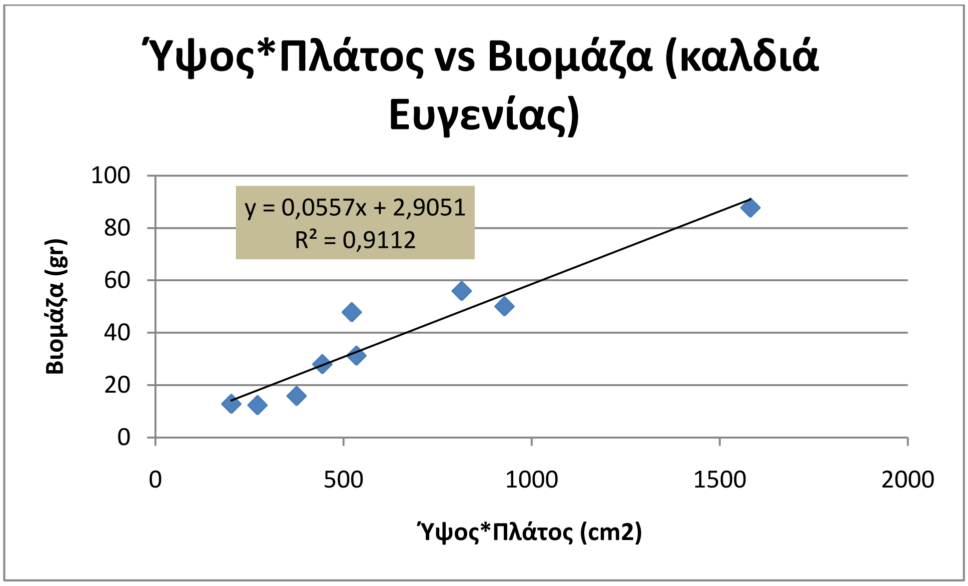
Για την πρώτη ομάδα φυτών του είδους *Eugenia Myrtifolia Newport – Ευγενία* προέκυψαν τα εξής διαγράμματα:



Διάγραμμα 6.1.1: *Η βιομάζα του είδους Ευγενία συναρτήσει του ύψους.*



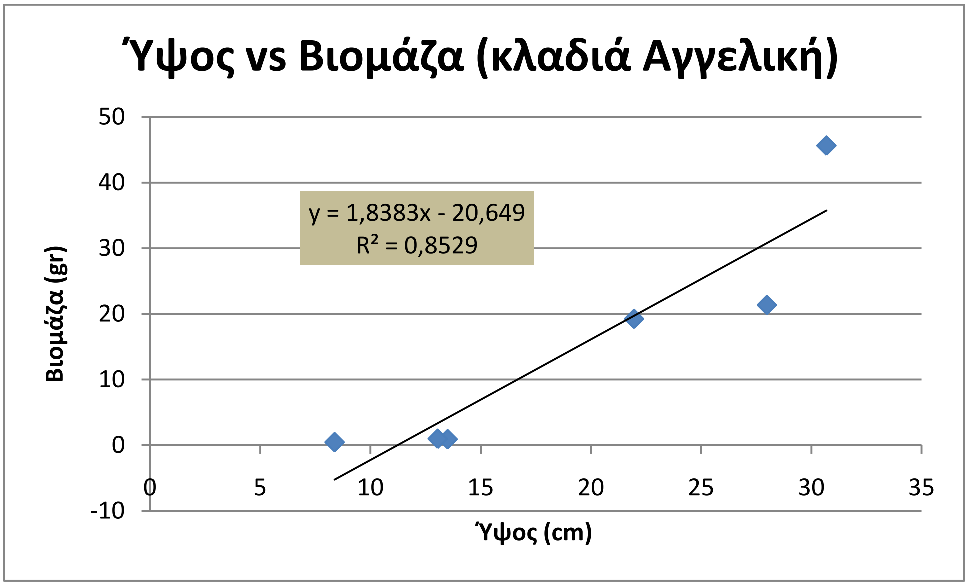
Διάγραμμα 6.1.2: *Η βιομάζα του είδους Ευγενία συναρτήσει του εμβαδού που προέκυψε (σε pixel) από την ψηφιακή επεξεργασία εικόνας.*



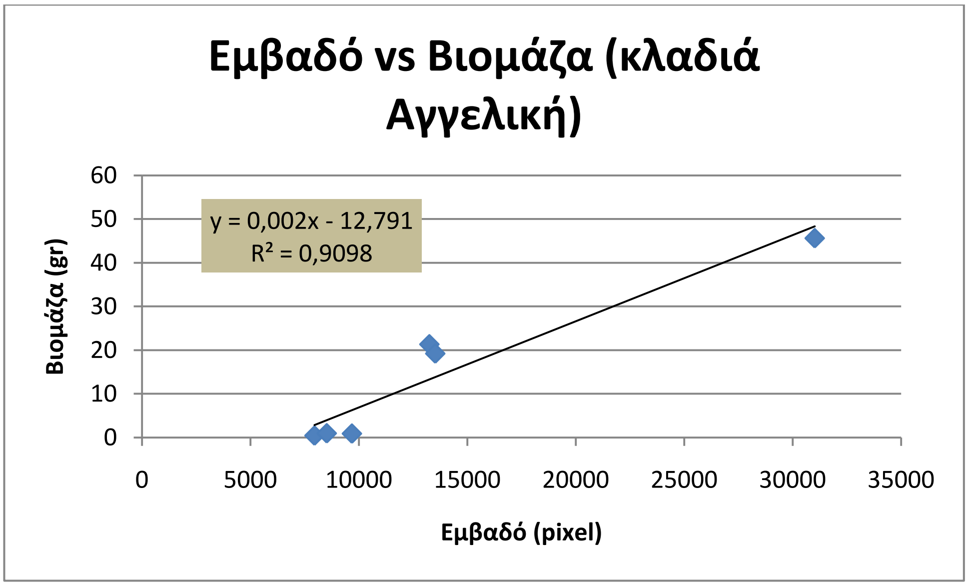
Διάγραμμα 6.1.3: *Η βιομάζα του είδους Ευγενία συναρτήσει του ύψους επί του πλάτους κάθε κλαδιού.*

Παρατηρούμε ότι οι συντελεστές συσχέτισης (R^2) για τα διαγράμματα 6.1.2 και 6.1.3 είναι πολύ κοντά μεταξύ τους και πολύ κοντά στη μονάδα, πράγμα που σημαίνει ότι τα δεδομένα ερμηνεύονται πλήρως από την ευθεία (98,21% και 91,12% αντίστοιχα), ενώ αντίθετα στο διάγραμμα 6.1.1 ο συντελεστής R^2 απέχει αρκετά από το 100% (74,77%), που σημαίνει ότι με το ύψος δεν έχουμε καλή πρόβλεψη της βιομάζας.

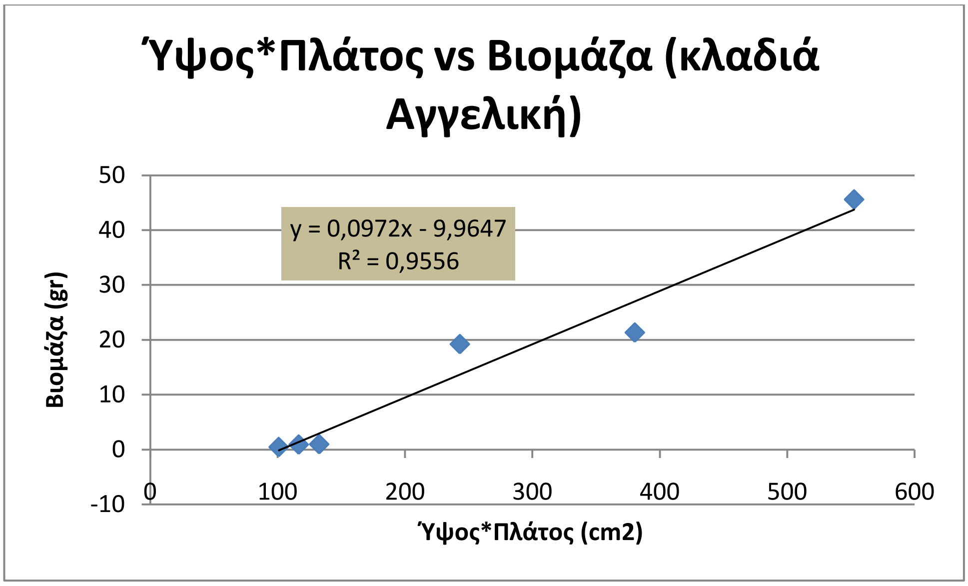
Για τη δεύτερη ομάδα φυτών *Pittosporum Tobira – Αγγελική* είχαμε λιγότερα δεδομένα (για το φυτό #5 δεν είχαμε κλαδιά), και τα διαγράμματα που προέκυψαν είναι τα εξής:



Διάγραμμα 6.1.4: *Η βιομάζα του είδους Pittosporum Tobira συναρτήσει του ύψους.*

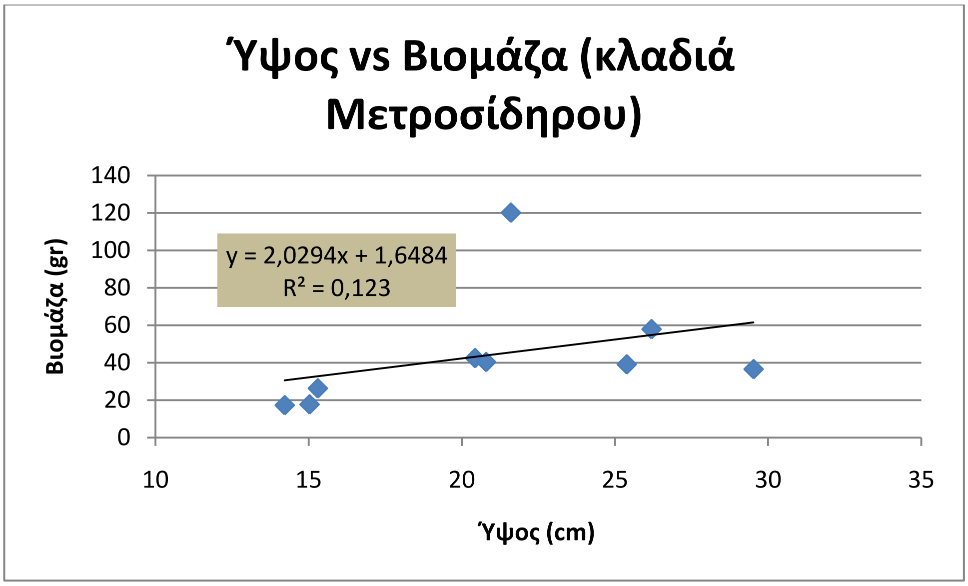


Διάγραμμα 6.1. 5: *Η βιομάζα του είδους Pittosporum Tobira συναρτήσει του εμβαδού (σε pixel) που προέκυψε από την επεξεργασία εικόνας.*

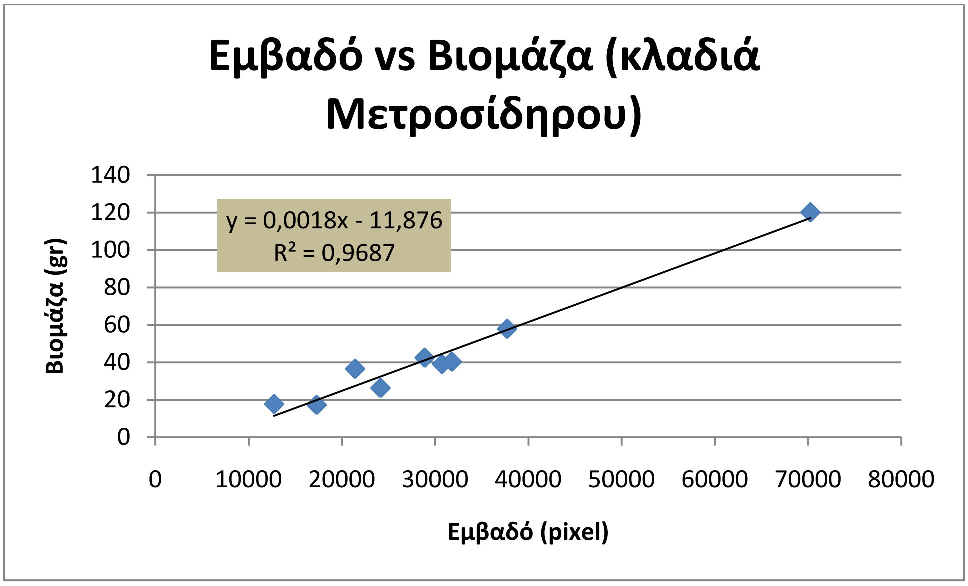


Διάγραμμα 6.1.6: *Η βιομάζα του είδους Pittosporum Tobira συναρτήσει του ύψους επί του πλάτους κάθε κλαδιού.*

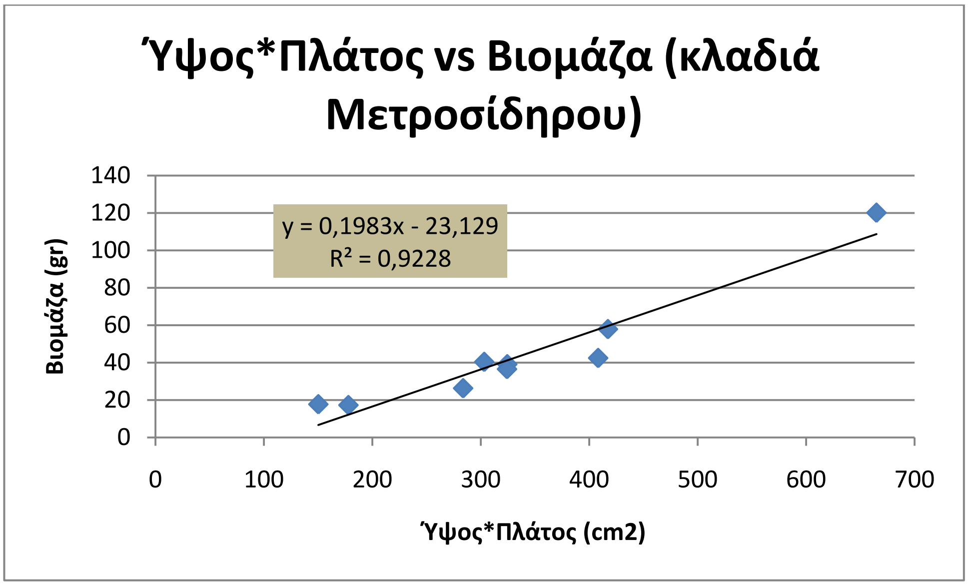
Και σε αυτό το είδος, παρατηρούμε ότι πάλι το ύψος έχει R^2 85,29%, μικρότερο συγκριτικά με αυτό του εμβαδού (90,98%) και του ύψους επί του πλάτους (95,56%) που πλησιάζουν πολύ περισσότερο στην ακριβή πρόβλεψη της βιομάζας. Άρα και πάλι το ύψος δεν μπορεί να μας βοηθήσει στην πρόβλεψη της αύξησης. Για την Τρίτη ομάδα φυτών *Metrosiderus Excelsus – Μετροσίδερος* προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα:



Διάγραμμα 6.1.7: *Η βιομάζα του είδους Metrosiderus Excelsus συναρτήσει του ύψους.*



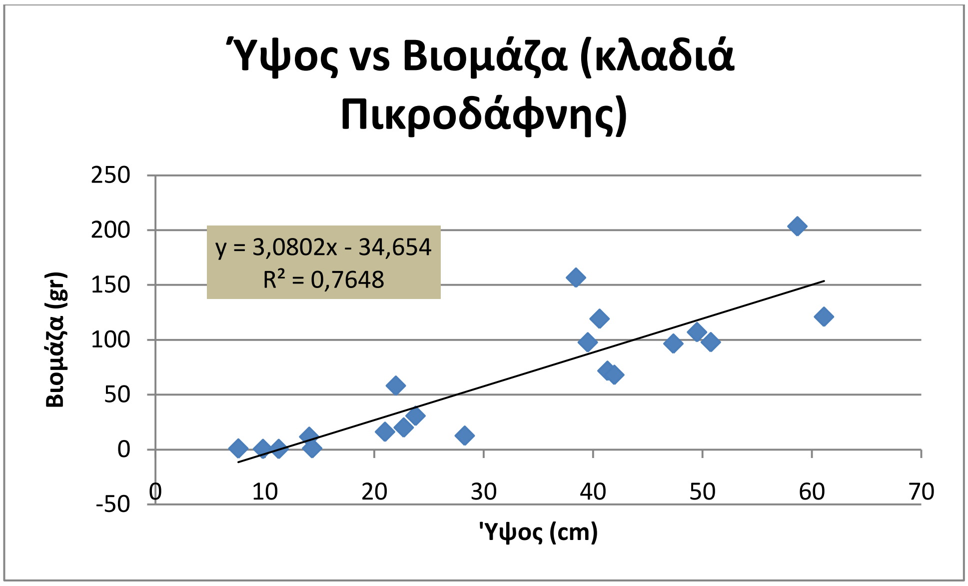
Διάγραμμα 6.1.8: *Η βιομάζα το είδους Metrosiderus Excelsus συναρτήσει του εμβαδού (σε pixel) που προέκυψε από την επεξεργασία εικόνας.*



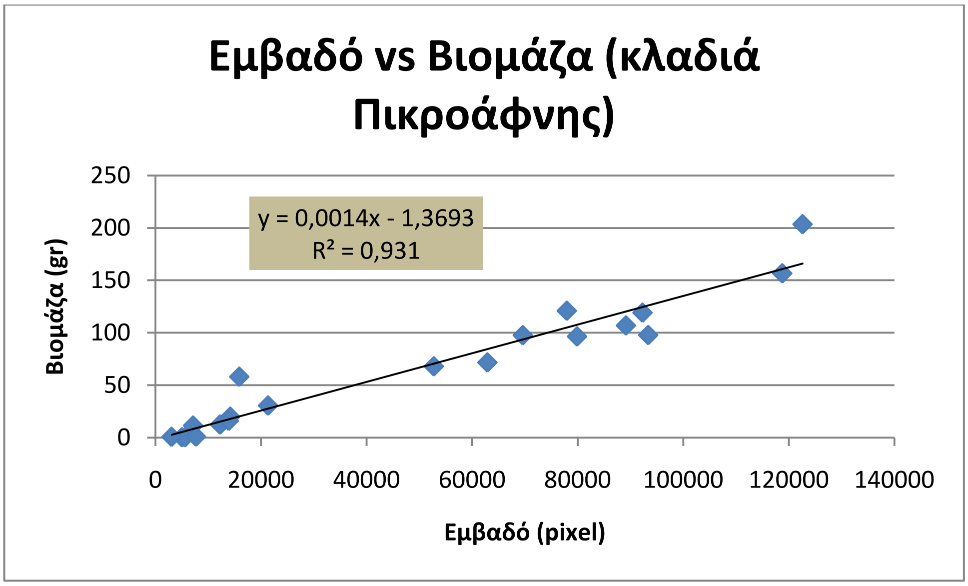
Διάγραμμα 6.1.9: *Η βιομάζα του είδους Metrosiderus Excelsus συναρτήσει του ύψους επί του πλάτους κάθε κλαδιού.*

Στο είδος αυτό είναι ακόμα πιο εμφανές ότι το ύψος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της βιομάζας λόγω της πολύ μικρής τιμής του R^2 (12,30%) και κατά συνέπεια της μεγάλης απόκλισης των σημείων από την ευθεία. Αντίθετα το εμβαδό και το ύψος επί το πλάτος δίνουν R^2 πολύ μεγάλο (96,87% και 92,28% αντίστοιχα) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη της βιομάζας.

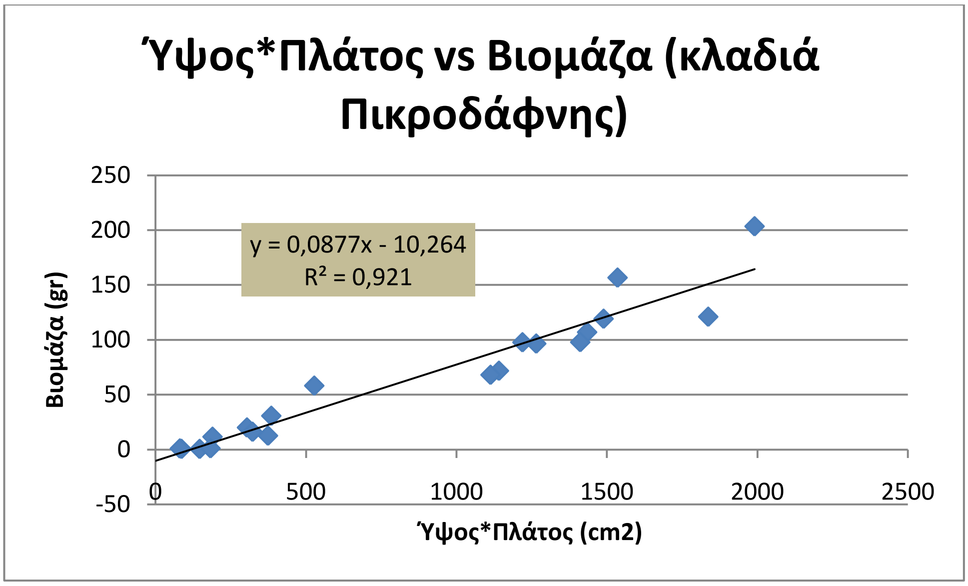
Για την τέταρτη και τελευταία ομάδα φυτών του είδους Nerium Oleander L. – Πικροδάφνη, τα διαγράμματα που προέκυψαν ήταν τα εξής:



Διάγραμμα 6.1.10: *Η βιομάζα του είδους Nerium Oleander L. συναρτήσει του ύψους.*



Διάγραμμα 6.1.11: *Η βιομάζα το είδους Nerium Oleander L. συναρτήσει του εμβαδού (σε pixel) που προέκυψε από την επεξεργασία εικόνας.*



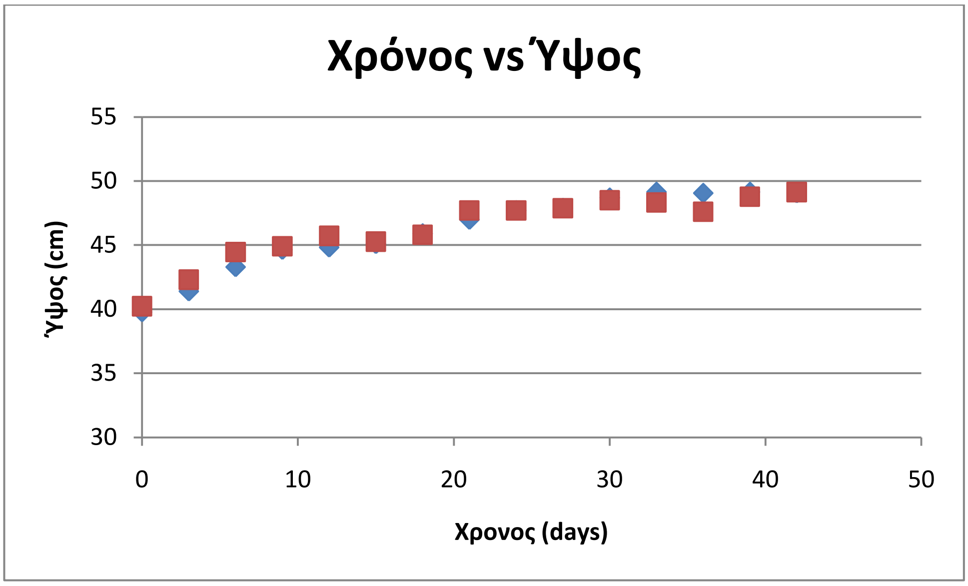
Διάγραμμα 6.1.12: *Η βιομάζα του είδους Nerium Oleander L. συναρτήσει του ύψους επί του πλάτους κάθε κλαδιού.*

Για αυτό το είδος είχαμε πολλές περισσότερες πληροφορίες, λόγω του μεγάλου αριθμού φυτών (9 φυτά στο είδος *Nerium Oleander L.*). Γι' αυτό το λόγο η τιμή του R^2 για κάθε διάγραμμα είναι μικρότερη από αυτές των προηγούμενων ειδών, αλλά παρ' όλα αυτά παρατηρούμε και πάλι ότι το ύψος δεν είναι ακριβής μέθοδος για την πρόβλεψη της βιομάζας ενώ κυρίως το εμβαδό και το ύψος επί το πλάτος είναι πολύ πιο αξιόπιστα για την επιθυμητή πρόβλεψη.

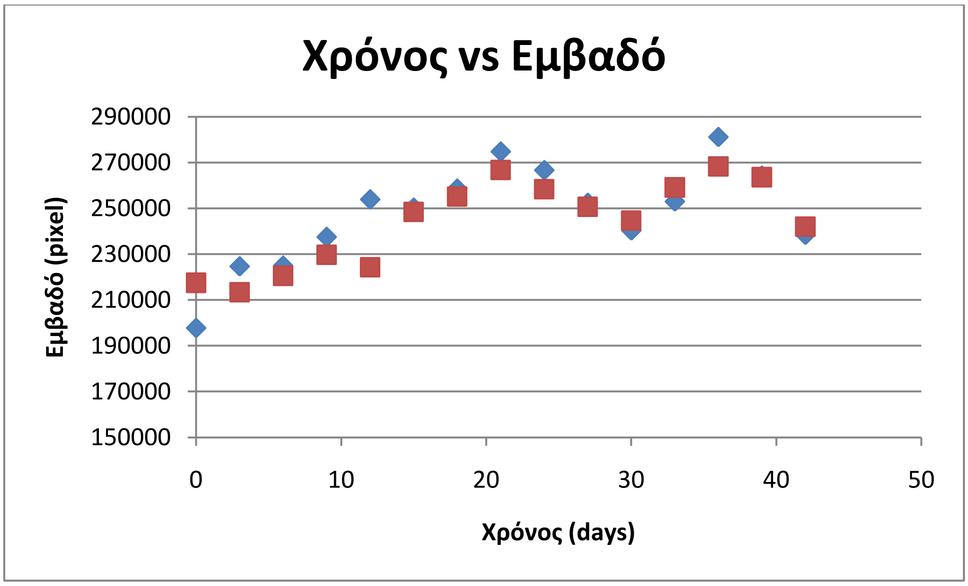
6.2 Χρονοσειρές

Στη συνέχεια θα δημιουργήσουμε διαγράμματα χρονικής μεταβολής του ύψους, του ύψους επί του πλάτους και του εμβαδού (σε pixel) ενδεικτικά για ένα φυτό από κάθε είδος για όλη τη διάρκεια του πειράματος. Τα διαγράμματα που προέκυψαν είναι τα εξής:

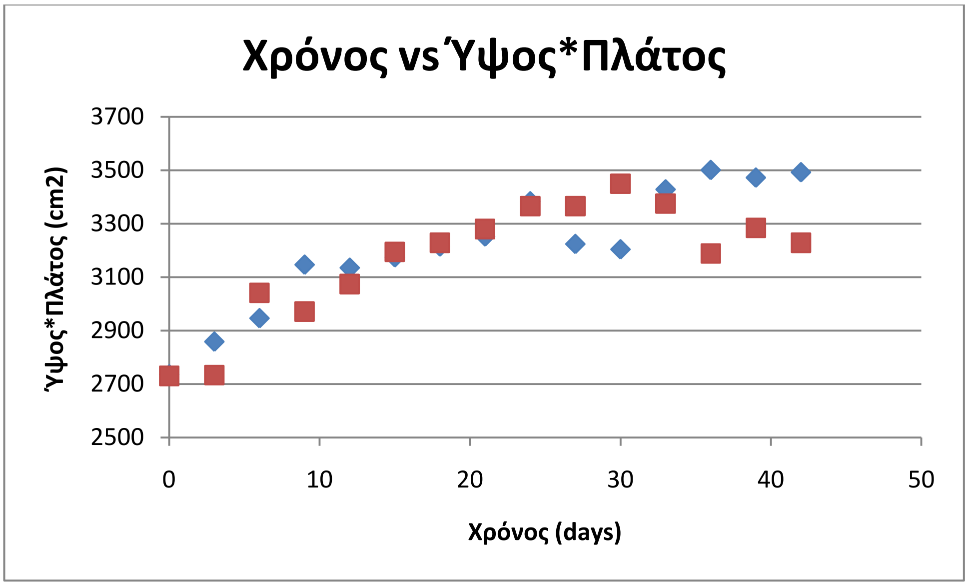
Eugenia Myrtifolia Newport – Ευγενία:



Διάγραμμα 6.2.1: *Το ύψος για τις πλευρές Α (μπλε χρώμα) και Β (κόκκινο χρώμα)του φυτού #2 Eugenia Myrtifolia Newport συναρτήσει του χρόνου.*



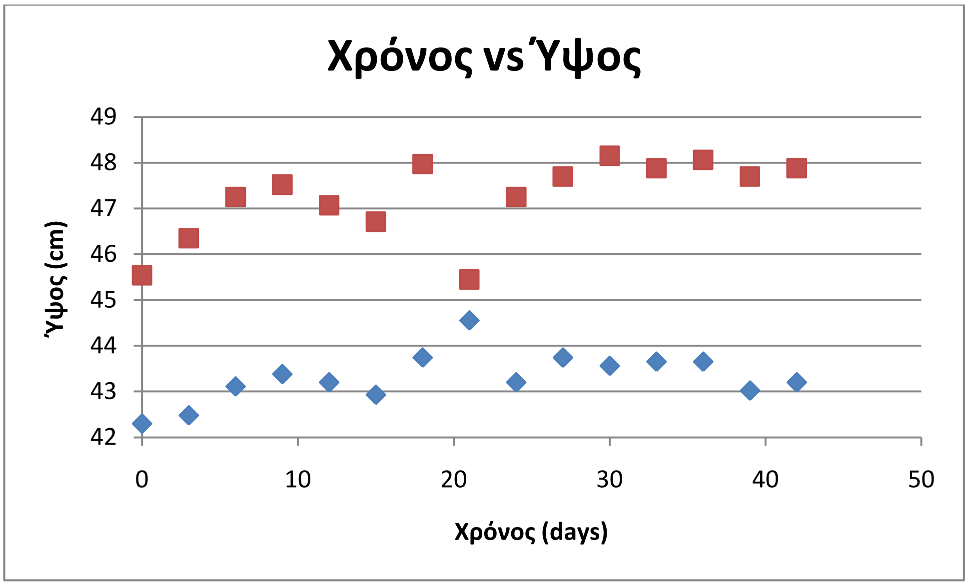
Διάγραμμα 6.2.2: *Το εμβαδό σε pixel για τις πλευρές Α(μπλε χρώμα) και Β (κόκκινο χρώμα) του φυτού #2 Eugenia Myrtifolia Newport συναρτήσει του χρόνου.*



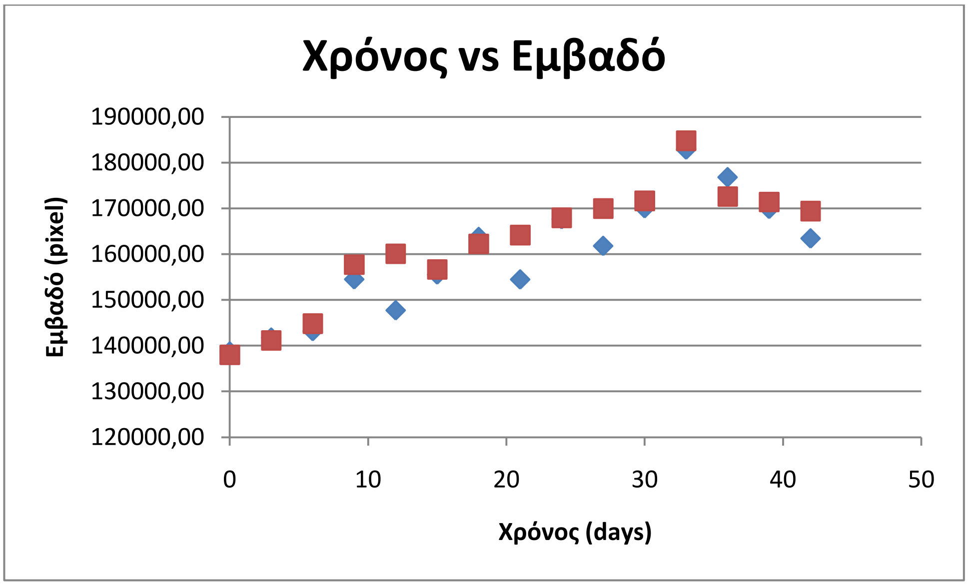
Διάγραμμα 6.2.3: *Το ύψος επί το πλάτος των πλευρών Α(μπλε χρώμα) και Β (κόκκινο χρώμα) του φυτού #2 Eugenia Myrtifolia Newport συναρτήσει του χρόνου.*

Από τα παραπάνω διαγράμματα χρονικής μεταβολής παρατηρούμε ότι το ύψος παρουσιάζει μια αύξουσα πορεία, μικρής βέβαια κλίσης λόγω της σύντομης χρονικής διάρκειας του πειράματος στην οποία δεν παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση. Στο διάγραμμα 6.2.2 παρατηρούμε ότι δεν έχουμε μια σταθερή κλίση ανόδου καθ’ όλη τη διάρκεια του πειράματος, αλλά από περίπου την $21^{η}$ μέρα αλλάζει. Αυτό οφείλεται στο ότι εκείνη την ημέρα οι περιβαλλοντικές συνθήκες δεν ήταν ευνοϊκές λόγω ισχυρών ανέμων και προφανώς επηρέασαν το συγκεκριμένο φυτό με αποτέλεσμα αυτή τη διακύμανση στο παραπάνω διάγραμμα. Στο διάγραμμα 6.2.3 έχουμε μια πιο ομαλή κλίση του ύψους επί του πλάτους συναρτήσει του χρόνου, που ακολουθεί μια σχετικά ανοδική πορεία.

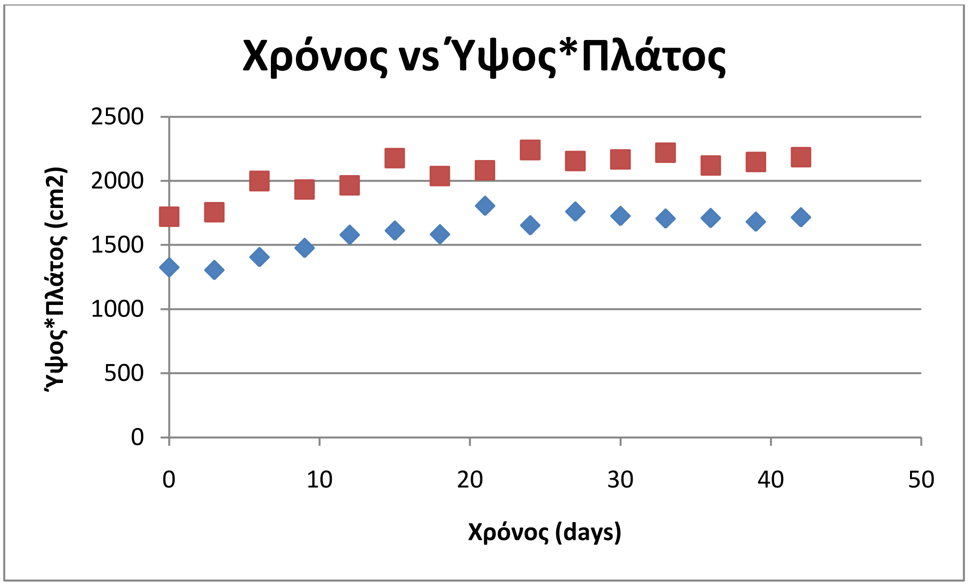
Pittosporum Tobira – Αγγελική:



Διάγραμμα 6.2.4: *Το ύψος για τις πλευρές A (μπλε χρώμα) και B (κόκκινο χρώμα)του φυτού #4 Pittosporum Tobira συναρτήσει του χρόνου.*



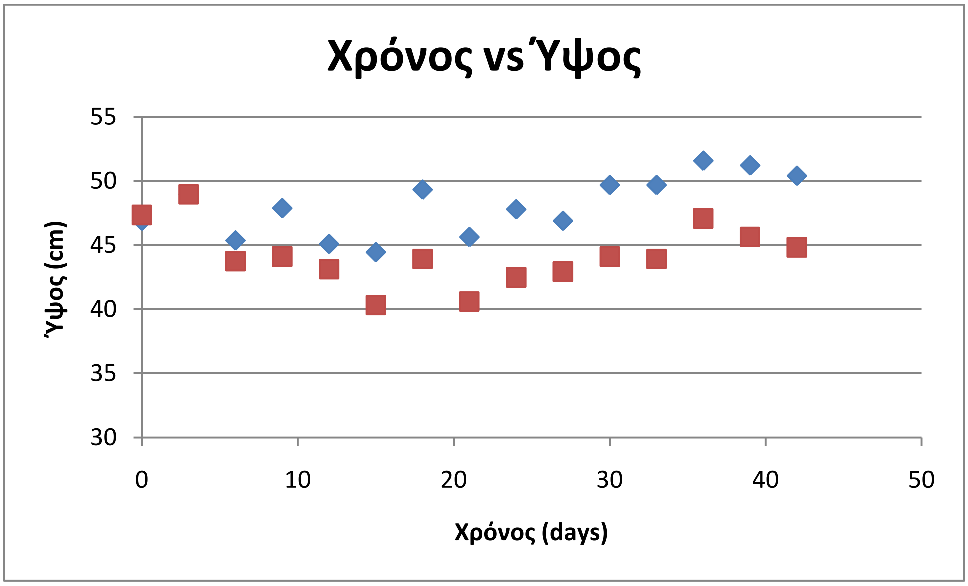
Διάγραμμα 6.2.5: *Το εμβαδό σε pixel για τις πλευρές Α(μπλε χρώμα) και Β (κόκκινο χρώμα) του φυτού #4 Pittosporum Tobira συναρτήσει του χρόνου.*



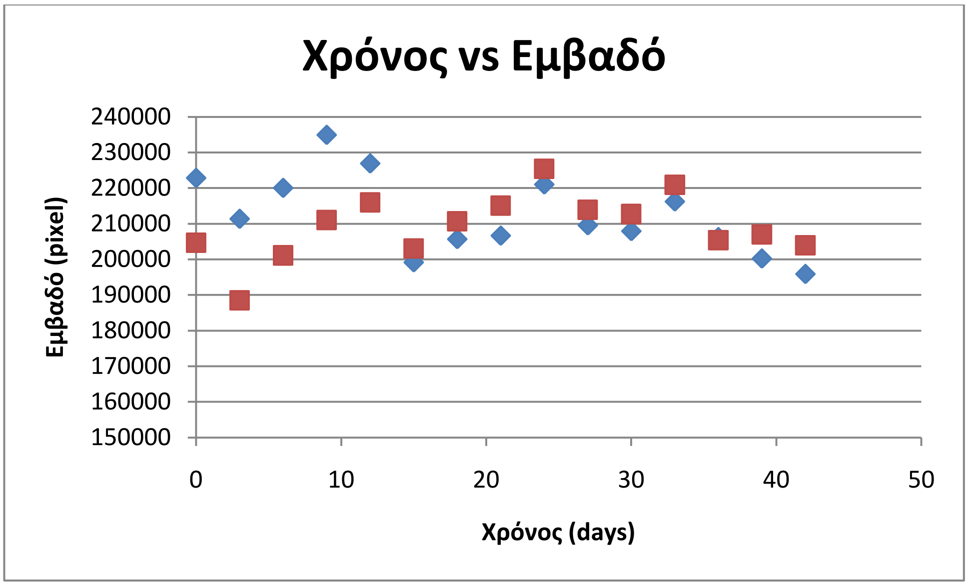
Διάγραμμα 6.2.6: *Το ύψος επί το πλάτος των πλευρών Α(μπλε χρώμα) και Β (κόκκινο χρώμα) του φυτού #4 Pittosporum Tobira συναρτήσει του χρόνου.*

Σε αυτό το φυτό παρατηρούμε ότι υπάρχει διαφορά στο ύψος μεταξύ των 2 πλευρών του (πιθανότατα λόγω πειραματικού σφάλματος), και κατά συνέπεια φαίνεται η διαφορά και στο διάγραμμα 6.2.6, έχοντας όμως την ίδια χρονική μεταβολή. Παρατηρούμε και εδώ ότι περίπου την $21^{η}$ μέρα, που όπως προαναφέραμε υπήρχε πρόβλημα λόγω καιρικών συνθηκών, έχουμε τιμές με μεγάλη απόκλιση από τη συνολική κλίση που ακολουθεί η μεταβολή των καμπυλών. Στο διάγραμμα 6.2.5 όμως έχουμε πιο ομοιογενή δεδομένα και παρατηρούμε μια σχετικά σταθερή αυξητική πορεία με το χρόνο, χωρίς όμως να λείπουν και από εδώ οι τιμές με μεγάλη απόκλιση, πιθανά λόγω πειραματικών σφαλμάτων.

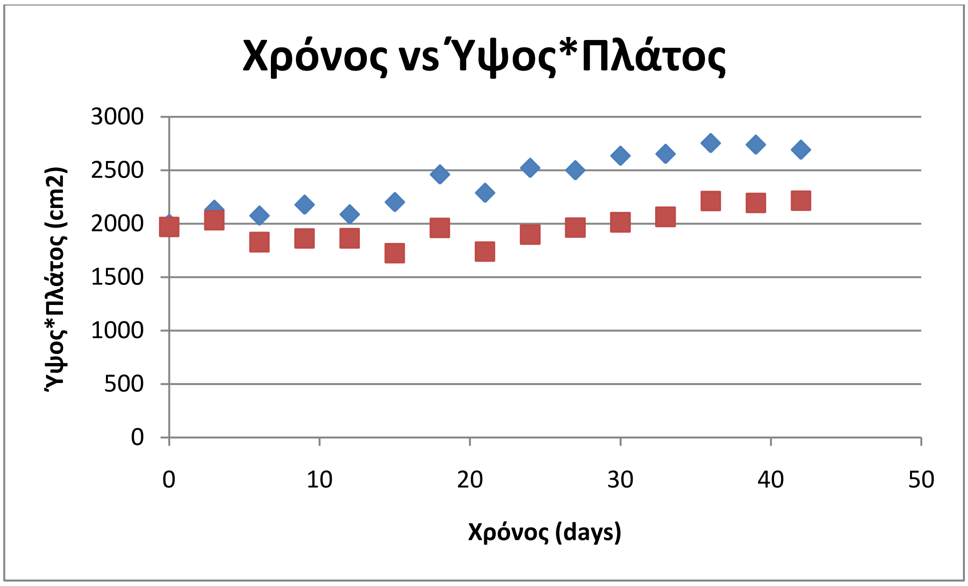
Metrosiderus Excelsus – Μετροσίδηρος:



Διάγραμμα 6.2.7: *Το ύψος για τις πλευρές Α (μπλε χρώμα) και Β (κόκκινο χρώμα)του φυτού #8 Metrosiderus Excelsus συναρτήσει του χρόνου.*



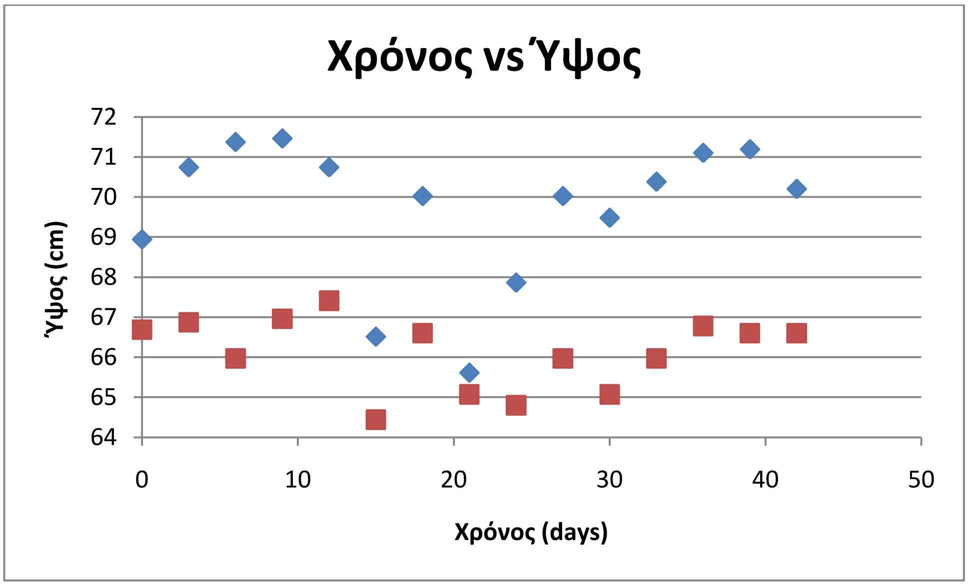
Διάγραμμα 6.2.8: *Το εμβαδό σε pixel για τις πλευρές Α(μπλε χρώμα) και Β (κόκκινο χρώμα) του φυτού #8 Metrosiderus Excelsus συναρτήσει του χρόνου.*



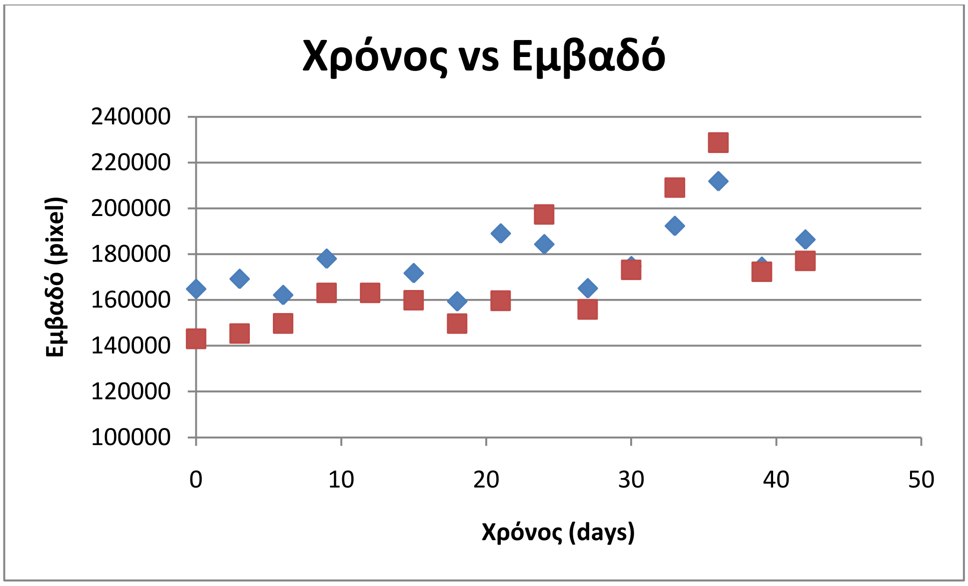
Διάγραμμα 6.2.9: *Το ύψος επί το πλάτος των πλευρών Α(μπλε χρώμα) και Β (κόκκινο χρώμα) του φυτού #8 Metrosiderus Excelsus συναρτήσει του χρόνου.*

Σε αυτό το φυτό παρατηρούμε ότι στη χρονική μεταβολή του ύψους δεν ταυτίζονται τα δεδομένα για Α και Β πλευρά, όπως και για το διάγραμμα 6.2.9, έχουν όμως και πάλι συνολικά την ίδια μεταβολή μεταξύ τους, χωρίς όμως να είναι αυξητική. Το εμβαδό σε pixel, που προέκυψε από την επεξεργασία εικόνας, παρουσιάζει ακριβώς την ίδια μεταβολή μεταξύ των δεδομένων της Α και Β πλευράς, με αυτά να διαφέρουν αρχικά αλλά προς το τέλος του πειράματος σχεδόν να ταυτίζονται. Στο διάγραμμα 6.2.9 είναι πιο εμφανής μια αυξητική τάση προς το τέλος του πειράματος, έχοντας όμως συμβαδίσει κατά κάποιο τρόπο με την φθίνουσα πορεία του ύψους κατά την περίοδο μεταξύ $6^{ης}$ και $27^{ης}$ μέρας. Οι τιμές αυτές ενδέχεται να οφείλονται σε πειραματικό σφάλμα ή ακόμα και σε δυσκολία του φυτού να εγκλιματιστεί και να αναπτυχθεί λόγω οποιασδήποτε καταπόνησης.

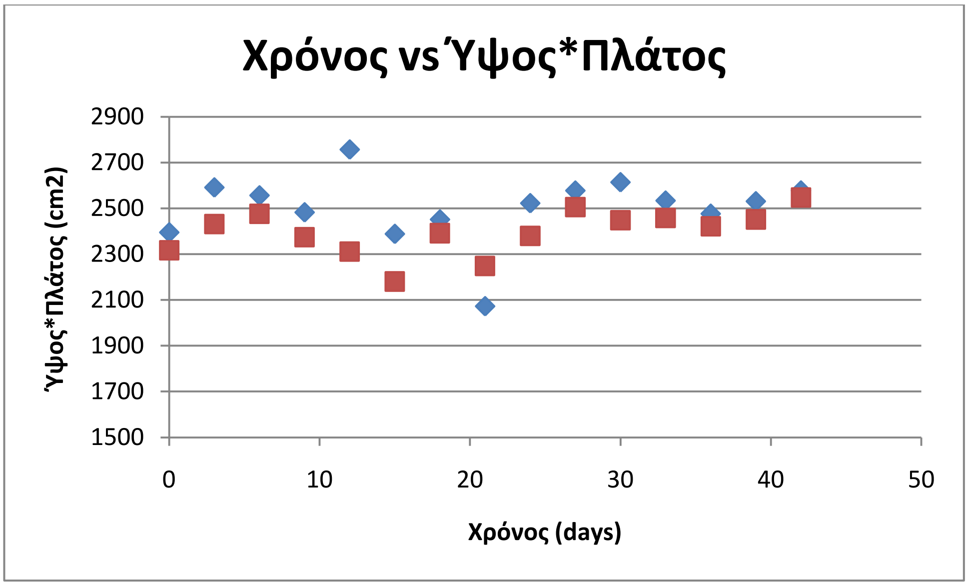
Nerium Oleander L. – Πικροδάφνη:



Διάγραμμα 6.2.10: *Το ύψος για τις πλευρές Α (μπλε χρώμα) και Β (κόκκινο χρώμα)του φυτού #12 Nerium Oleander L. συναρτήσει του χρόνου.*



Διάγραμμα 6.2.11: *Το εμβαδό σε pixel για τις πλευρές Α(μπλε χρώμα) και Β (κόκκινο χρώμα) του φυτού #12 Nerium Oleander L. συναρτήσει του χρόνου.*



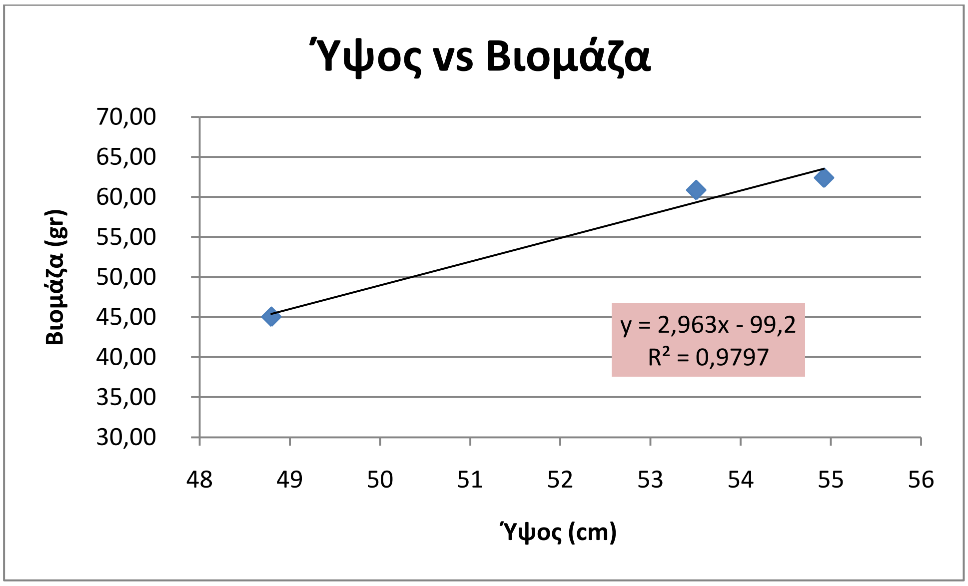
Διάγραμμα 6.2.12: *Το ύψος επί το πλάτος των πλευρών Α(μπλε χρώμα) και Β (κόκκινο χρώμα) του φυτού #12 Nerium Oleander L. συναρτήσει του χρόνου.*

Κατά τη χρονική μεταβολή του ύψους της Πικροδάφνης, παρατηρούμε ότι τα δεδομένα για την Α και Β πλευρά δεν ταυτίζονται, μεταβάλλονται περίπου με τον ίδιο τρόπο και εμφανίζουν φθίνουσα πορεία και σε αυτό το φυτό πριν την 21^{η} μέρα και αύξουσα μετά, γεγονός που δείχνει ότι το συγκεκριμένο φυτό επηρεάστηκε από τα καιρικά φαινόμενα και όταν αυτά υποχώρησαν ξεκίνησε να ανακάμπτει ξανά. Στη χρονική μεταβολή του εμβαδού σε pixel δεν έχουμε πάλι ταύτιση των δεδομένων για Α και Β πλευρά, αλλά παρατηρούμε μια στοιχειώδη αυξητική πορεία προς το τέλος του πειράματος. Στη χρονική μεταβολή του ύψους επί το πλάτος έχουμε πιο ομοιογενή δεδομένα, που σαφώς επηρεάζονται από την πορεία του ύψους αλλά έχουν πιο ομαλές κλίσεις, ακολουθώντας αυξητική πορεία.

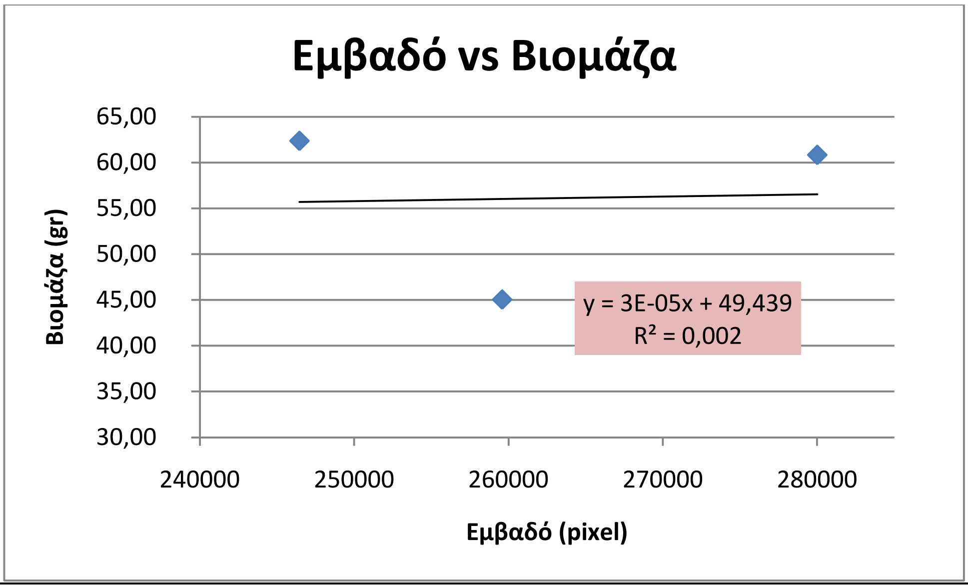
6.3 Συσχετισμός της τελικής βιομάζας

Σε αυτή την παράγραφο, θα συσχετίσουμε την ξηρή βιομάζα που μετρήσαμε για κάθε φυτό με το ύψος, το εμβαδό σε pixel και το ύψος επί το πλάτος. Υλοποιήσαμε διαγράμματα που τα συσχετίζουν σε βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση. Για τα διαγράμματα αυτά χρησιμοποιήσαμε για κάθε είδος φυτού όλα τα φυτά (δηλ. ανά 3 φυτά και για το είδος *Nerium Oleander L.* πήραμε τρεις τριάδες, χωρίζοντας έτσι αυτά που ποτίζονταν κανονικά, αυτά που ποτίζονταν με αλατότητα 1% και αυτά με αλατότητα 2%) και υπολογίσαμε, για κάθε παράμετρο που συσχετίζεται με τη βιομάζα, τους μέσους όρους για τις 3 τελευταίες τιμές (βραχυπρόθεσμος συσχετισμός) και για τις 10 τελευταίες τιμές (μακροπρόθεσμος συσχετισμός) και εξάγαμε τα αντίστοιχα διαγράμματα.

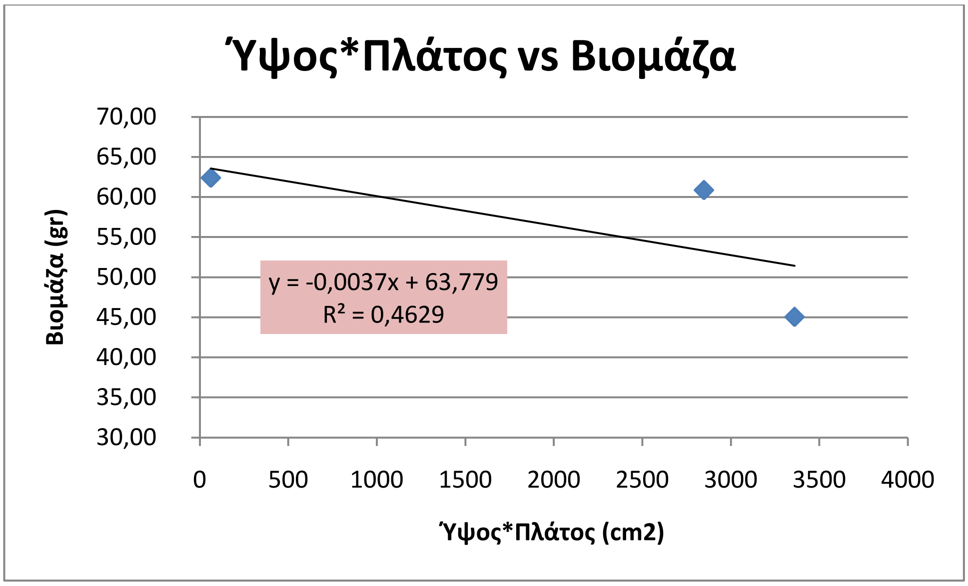
- Για το είδος *Eugenia Myrtifolia Newport – Ευγενία*, τα διαγράμματα είναι τα εξής:



Διάγραμμα 6.3.1: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Eugenia Myrtifolia Newport συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *ύψους για κάθε φυτό.*

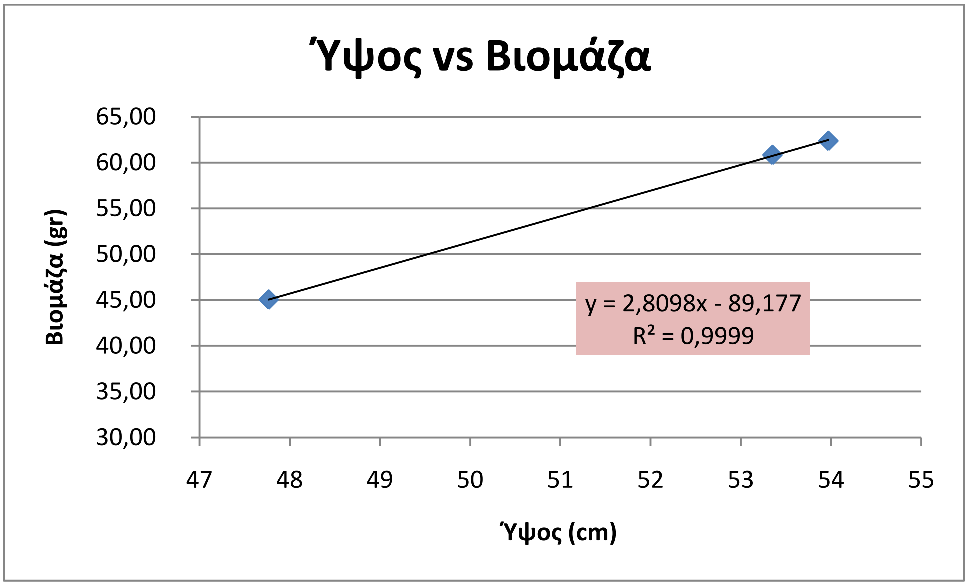


Διάγραμμα 6.3.2: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Eugenia Myrtifolia Newport συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *εμβαδού (σε pixel) για κάθε φυτό.*

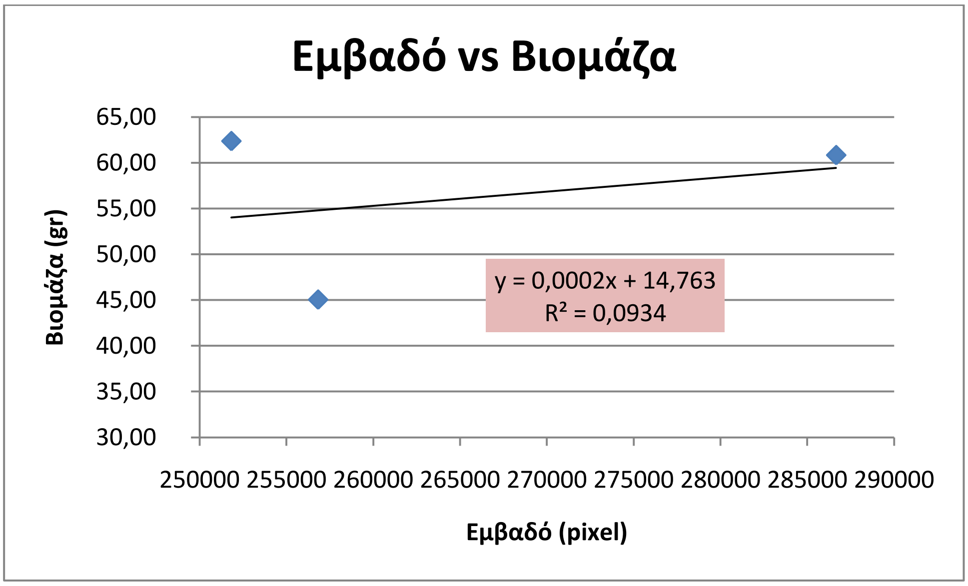


Διάγραμμα 6.3.3: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Eugenia Myrtifolia Newport συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *ύψους επί του πλάτους για κάθε φυτό.*

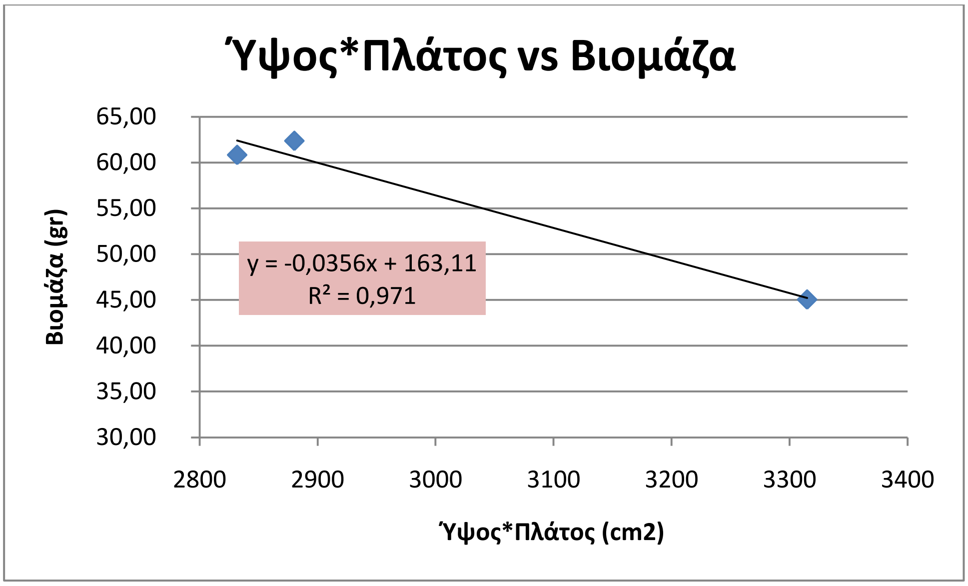
Παρατηρούμε ότι όσον αφορά τους βραχυπρόθεσμους μέσους όρους, τα δεδομένα που έχουμε για το ύψος ερμηνεύονται κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό από την ευθεία (97,97%) σε αντίθεση με το ύψος επί το πλάτος που, αν και επηρεάζεται από τις τιμές του ύψους, έχει πολύ μικρότερο ποσοστό αλλά πολύ περισσότερο με το εμβαδό σε pixel, που δεν συμβαδίζει καθόλου με την ευθεία και επομένως δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της βιομάζας.



Διάγραμμα 6.3.4: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Eugenia Myrtifolia Newport συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *ύψους για κάθε φυτό.*



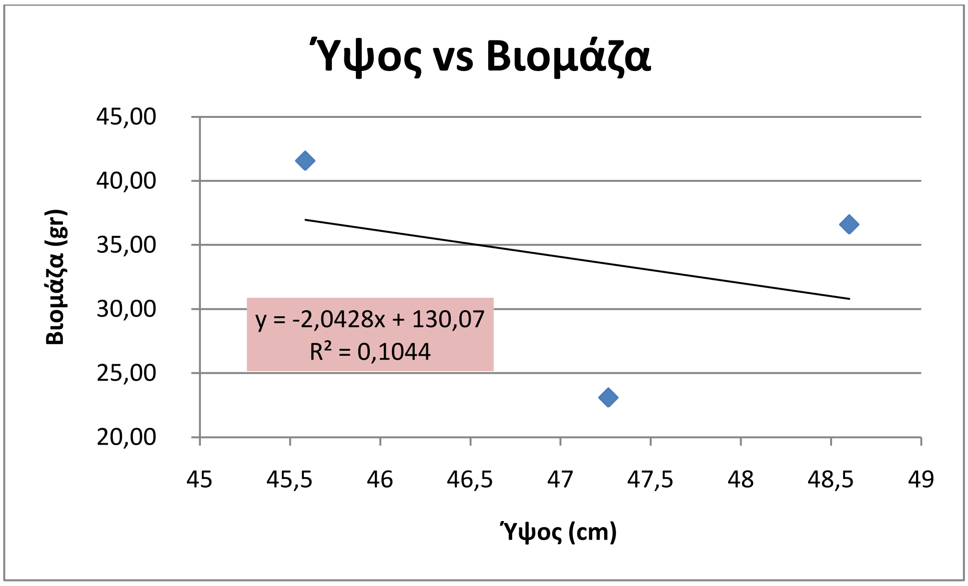
Διάγραμμα 6.3.5: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Eugenia Myrtifolia Newport συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *εμβαδού (σε pixel) για κάθε φυτό.*



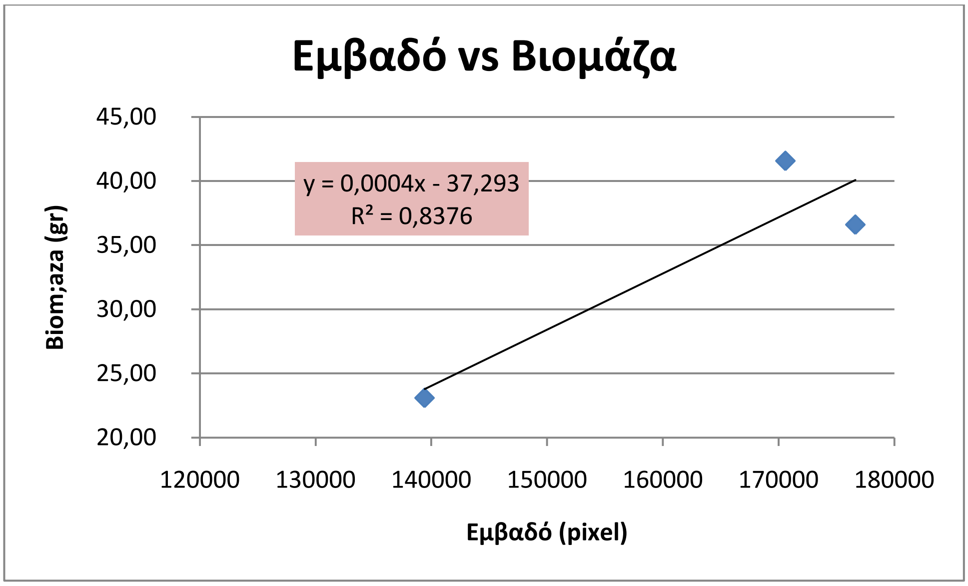
Διάγραμμα 6.3.6: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Eugenia Myrtifolia Newport συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *ύψους επί του πλάτους για κάθε φυτό.*

Στα παραπάνω διαγράμματα που προέκυψαν από τους μακροπρόθεσμους μέσους όρους παρατηρούμε την εκπληκτικά ακριβή ταύτιση των δεδομένων του ύψους με την ευθεία (99,99%) αλλά και το μεγάλο ποσοστό του ύψους επί του πλάτους (97,1%) όσον αφορά την ερμηνεία των σημείων από την ευθεία. Το εμβαδό, αντίθετα, παραμένει σε πολύ χαμηλό ποσοστό (9,34%) και κατά συνέπεια δεν μπορεί, ούτε στην περίπτωση των μακροπρόθεσμων δεδομένων να μας βοηθήσει στην πρόβλεψη της βιομάζας. Παρατηρούμε επίσης ότι τα ποσοστά όλων των συσχετίσεων στα μακροπρόθεσμα δεδομένα είναι πιο μεγάλα από αυτά των βραχυπροθέσμων με μικρή όμως διαφορά για το ύψος και για το εμβαδό, αλλά μεγαλύτερη διαφορά για το ύψος επί το πλάτος, που για τα μακροπρόθεσμα δεδομένα μπορεί να θεωρηθεί έγκυρο για την πρόβλεψη της ξηρής βιομάζας.

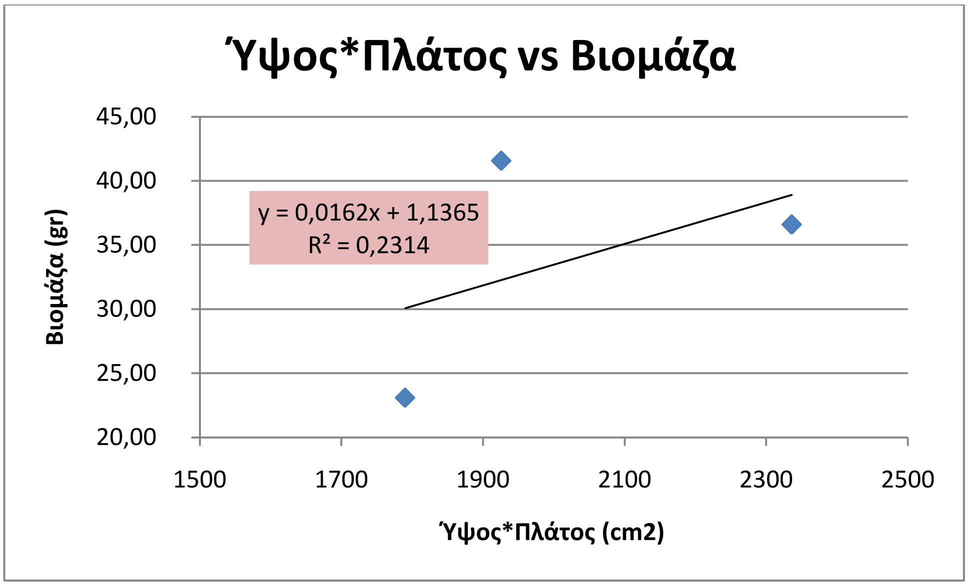
- Για το είδος *Pittosporum Tobira – Αγγελική*, τα διαγράμματα είναι τα εξής:



Διάγραμμα 6.3.7: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Pittosporum Tobira συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *ύψους για κάθε φυτό.*

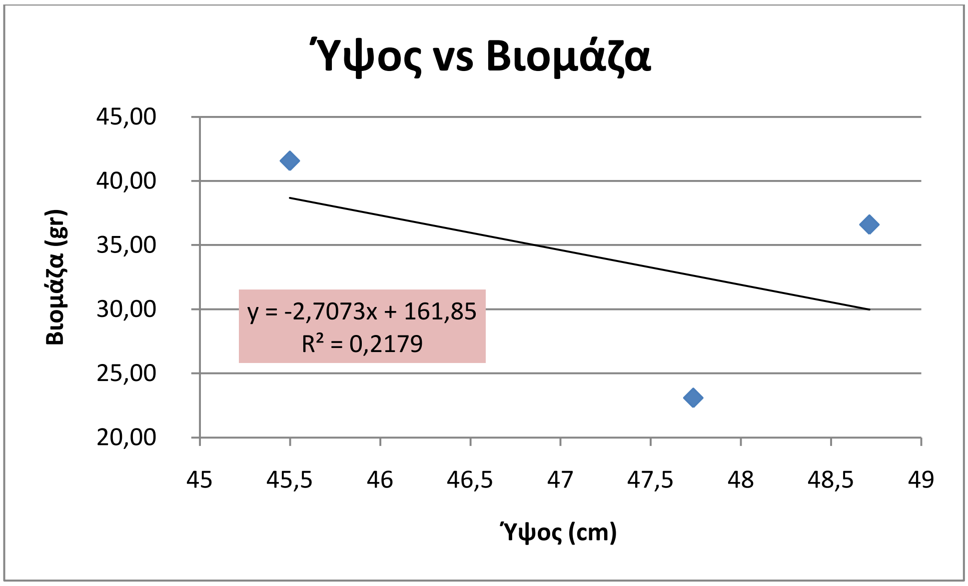


Διάγραμμα 6.3.8: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Pittosporum Tobira συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *εμβαδού (σε pixel) για κάθε φυτό.*

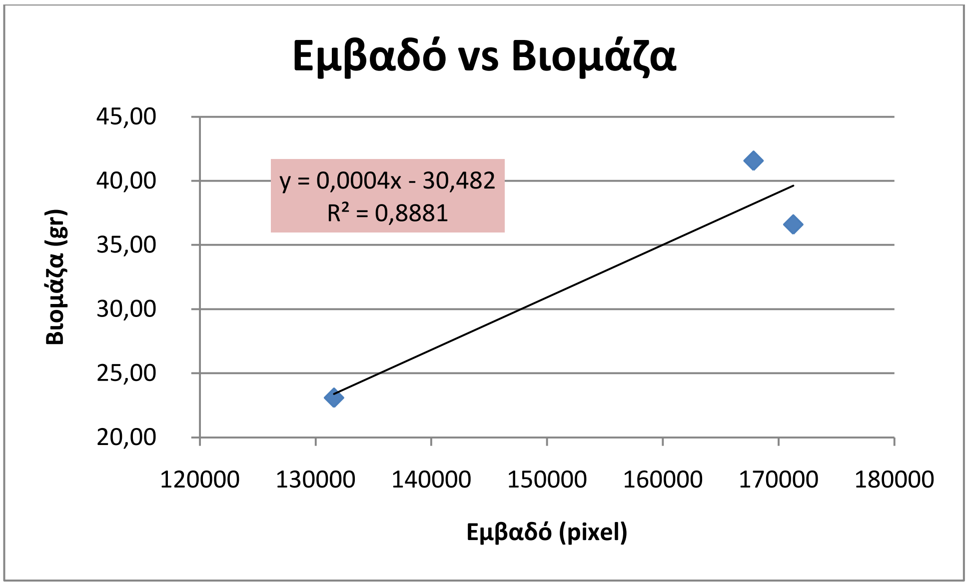


Διάγραμμα 6.3.9: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Pittosporum Tobira συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *ύψους επί του πλάτους για κάθε φυτό.*

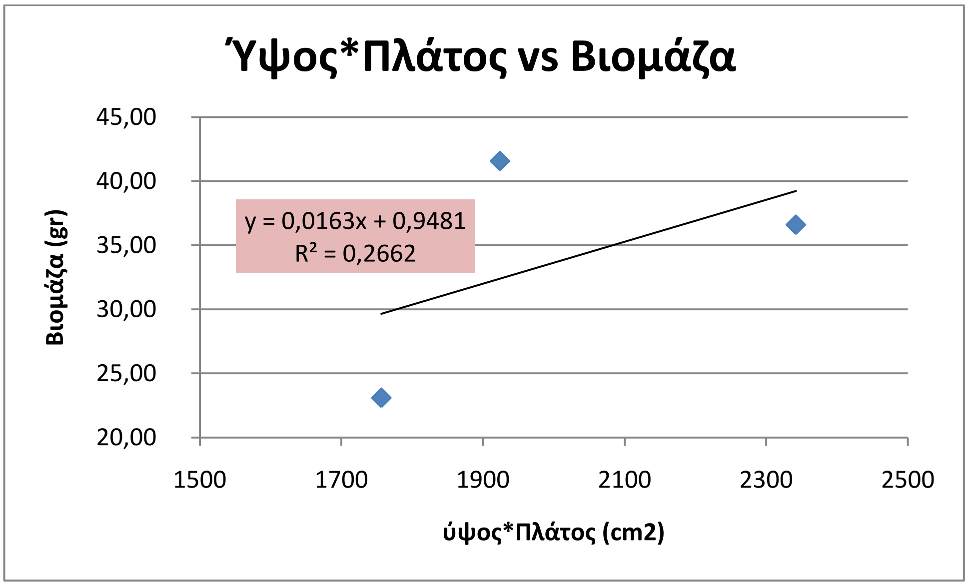
Σε αυτό το είδος παρατηρούμε μεγάλη διαφορά για τα βραχυπρόθεσμα δεδομένα από το προηγούμενο είδος που εξετάσαμε. Το ύψος και το ύψος επί το πλάτος ερμηνεύονται από τις ευθείες που δημιουργήθηκαν με πολύ μικρά ποσοστά ενώ εδώ το εμβαδό σε pixel έχει μια πολύ καλή προσέγγιση (της τάξης του 83,76%) των δεδομένων της ευθείας και είναι το πλέον κατάλληλο για τον προσδιορισμό της βιομάζας.



Διάγραμμα 6.3.10: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Pittosporum Tobira συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *ύψους για κάθε φυτό.*



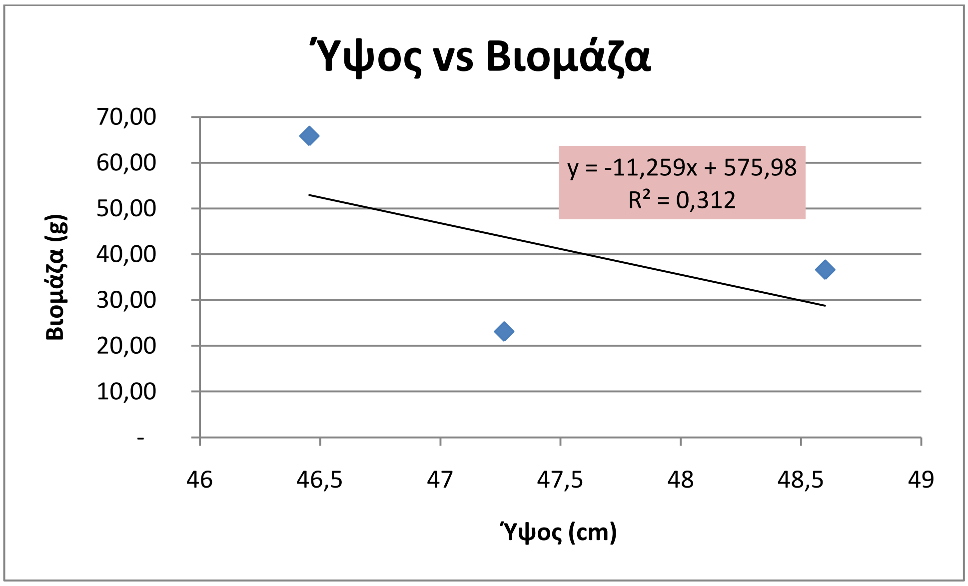
Διάγραμμα 6.3.11: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Pittosporum Tobira συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *εμβαδού (σε pixel) για κάθε φυτό.*



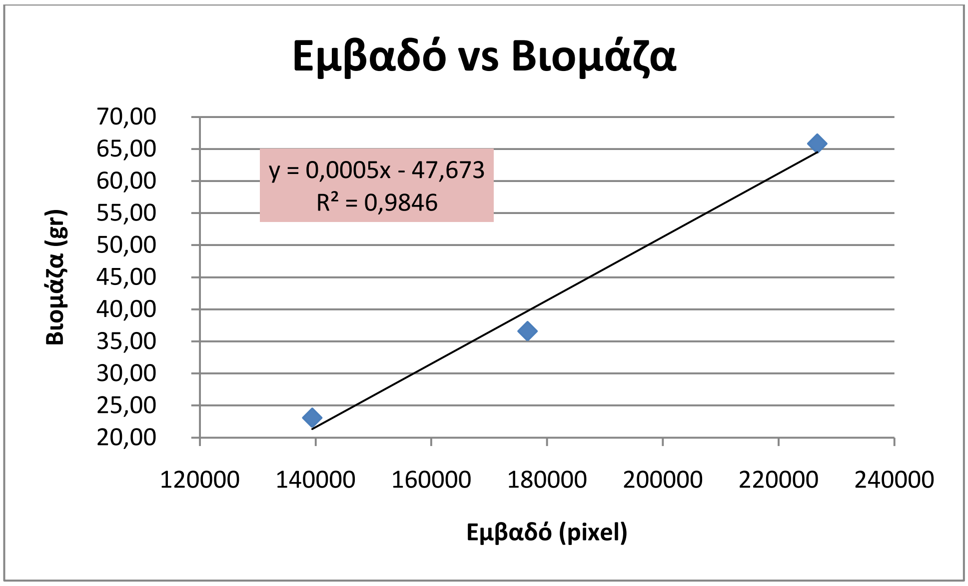
Διάγραμμα 6.3.12: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Pittosporum Tobira συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *ύψους επί του πλάτους για κάθε φυτό.*

Κατά την ανάλυση των μακροπρόθεσμων δεδομένων παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν μεγάλες αλλαγές από τα συμπεράσματα για τα βραχυπρόθεσμα δεδομένα. Έχουμε μικρή αύξηση των τιμών των συντελεστών συσχέτισης (R^2), λόγω μεγαλύτερης ομοιογένειας και πλήθους δεδομένων, και πάλι μεγαλύτερη αξιοπιστία στο εμβαδό από την επεξεργασία εικόνας, για την πρόβλεψη της βιομάζας .

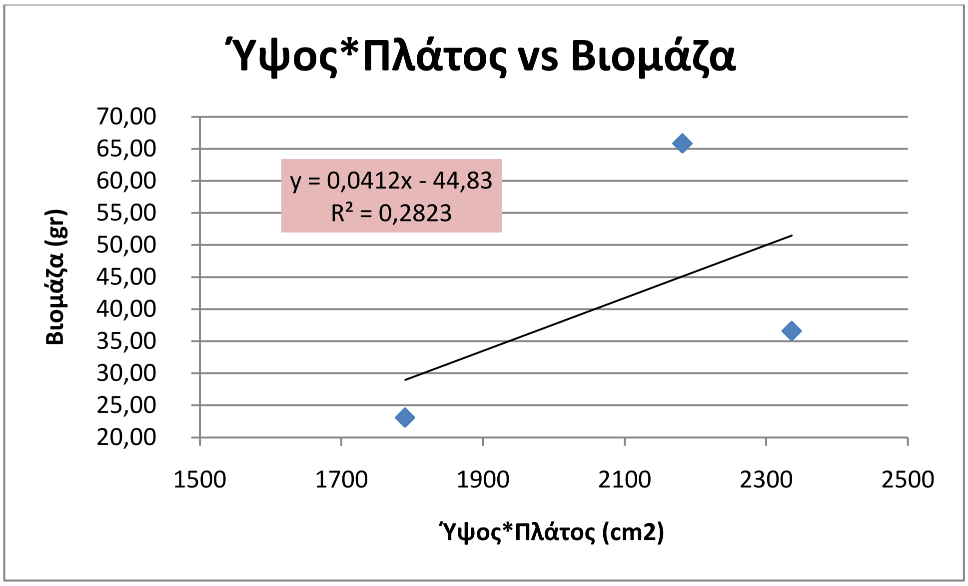
- Για το είδος *Metrosiderus Excelsus – Μετροσίδηρος*, τα διαγράμματα είναι τα εξής:



Διάγραμμα 6.3.13: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Metrosiderus Excelsus συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *ύψους για κάθε φυτό.*

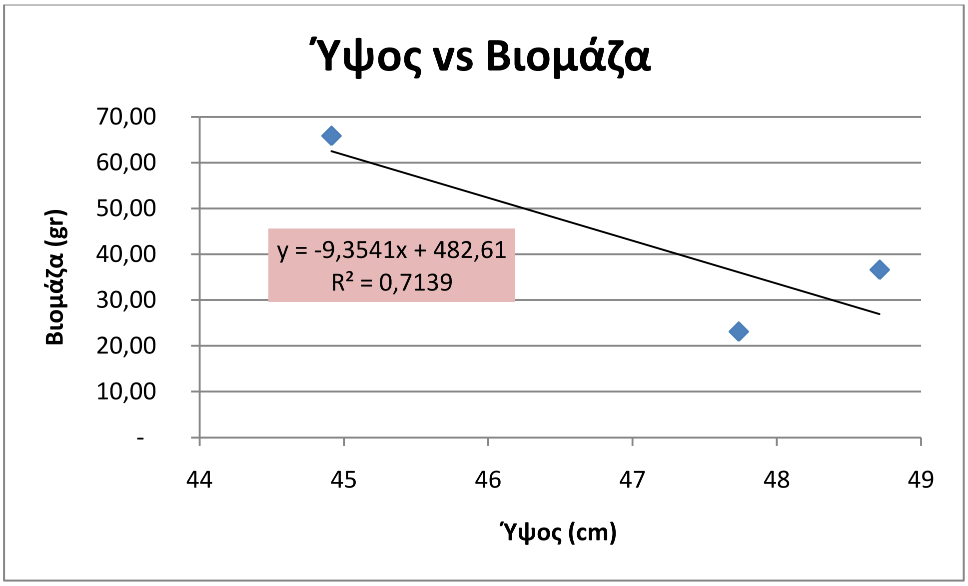


Διάγραμμα 6.3.14: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Metrosiderus Excelsus συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *εμβαδού (σε pixel) για κάθε φυτό.*

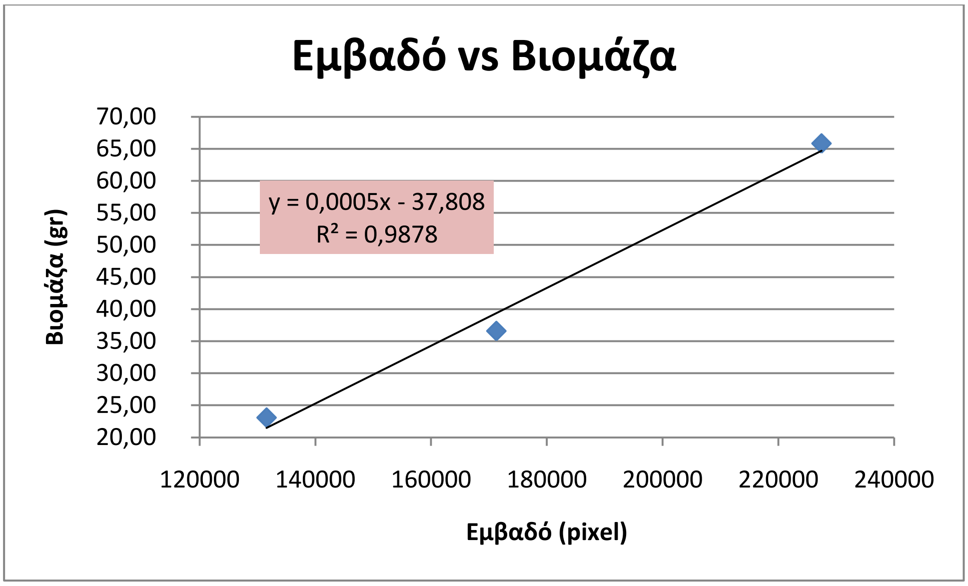


Διάγραμμα 6.3.15: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Metrosiderus Excelsus συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *ύψους επί του πλάτους για κάθε φυτό.*

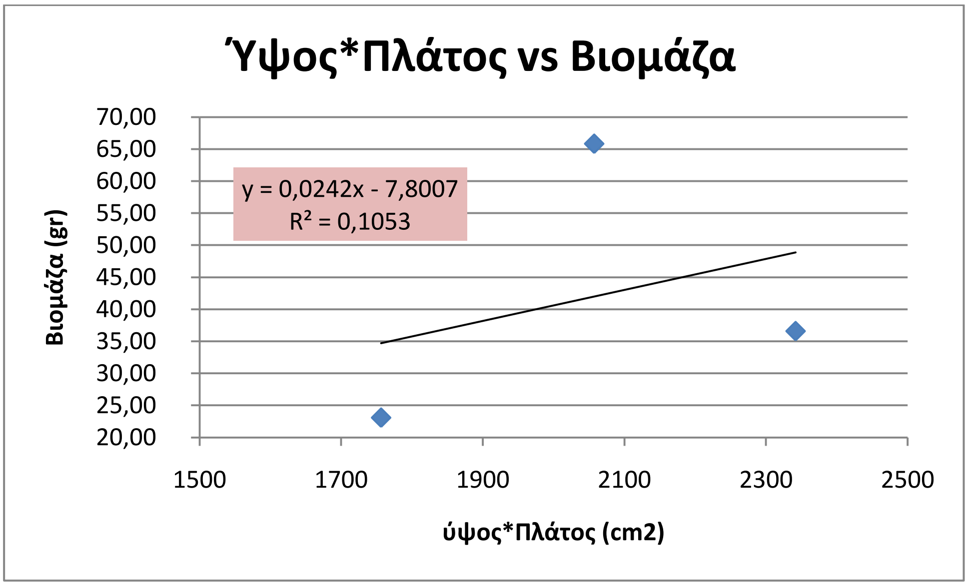
Σε αυτή την ομάδα φυτών παρατηρούμε ομοιότητες με την προηγούμενη ομάδα που εξετάσαμε. Εδώ το ύψος και το ύψος επί το πλάτος παρουσιάζουν, όπως και στο είδος Pittosporum Tobira, μικρές τιμές των συντελεστών συσχέτισης (R^2), ενώ για το εμβαδό από την επεξεργασία εικόνας προκύπτει ένα πολύ καλό ποσοστό ερμηνείας των δεδομένων από την ευθεία (98,46%), και κατά συνέπεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη της ξηρής βιομάζας.



Διάγραμμα 6.3.16: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Metrosiderus Excelsus συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *ύψους για κάθε φυτό.*



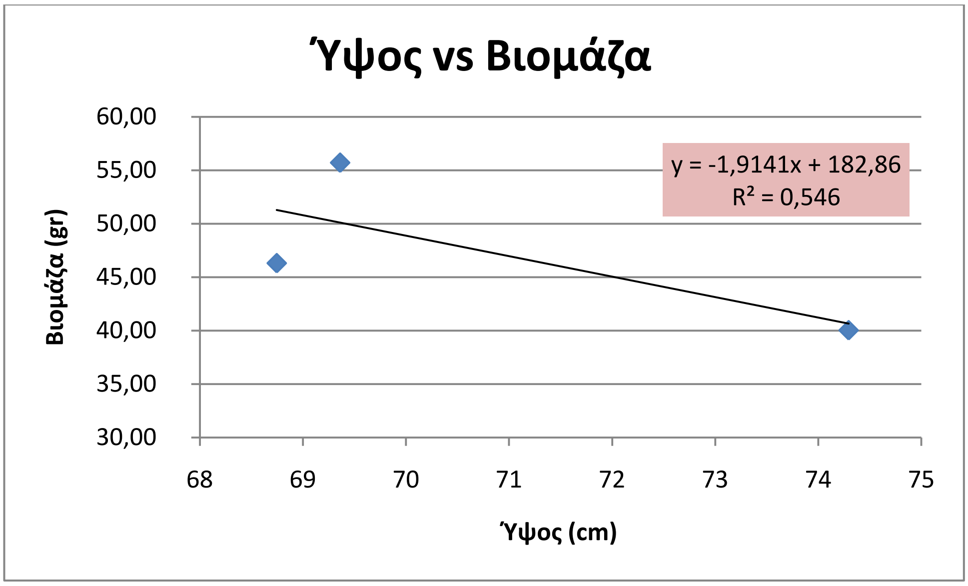
Διάγραμμα 6.3.17: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Metrosiderus Excelsus συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *εμβαδού (σε pixel) για κάθε φυτό.*



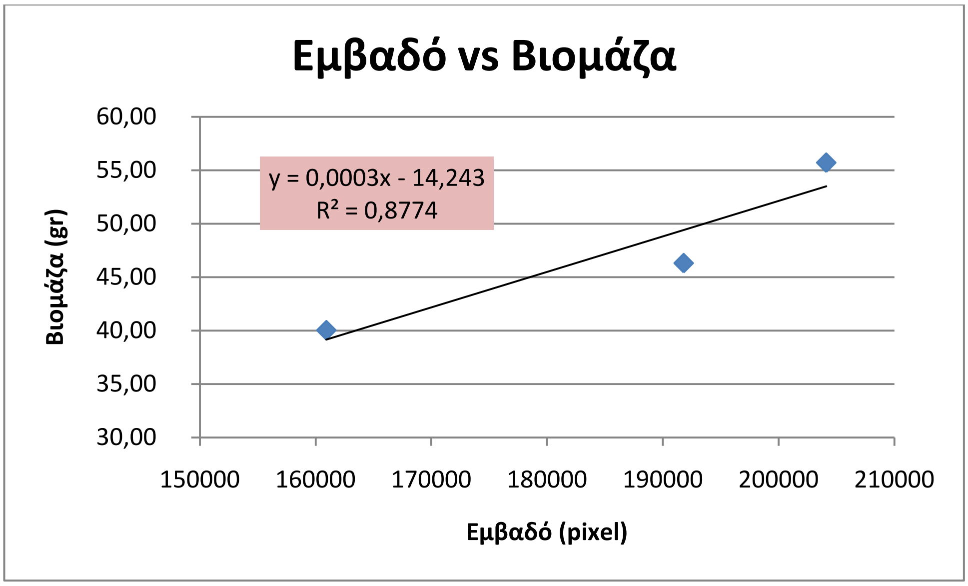
Διάγραμμα 6.3.18: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Metrosiderus Excelsus συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *ύψους επί του πλάτους για κάθε φυτό.*

Κατά την ανάλυση και των μακροπρόθεσμων δεδομένων παρατηρήσαμε μια μεγάλη αύξηση στο συντελεστή συσχέτισης (R^2) για το ύψος του κάθε φυτού (από 31,2% σε 71,39%) κάνοντάς το πιο αξιόπιστο για μακροπρόθεσμα δεδομένα, χωρίς όμως να είναι και το ιδανικό για την πρόβλεψη της βιομάζας καθώς το εμβαδό από την επεξεργασία των εικόνων παρέμεινε σχεδόν σταθερό μεταξύ βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων δεδομένων και πολύ πιο αξιόπιστο από το ύψος. Από την άλλη παρατηρήσαμε μια πτώση του συντελεστή συσχέτισης για το ύψος επί το πλάτος σε ποσοστό ερμηνείας από την ευθεία σχεδόν μηδενικό, γεγονός περίεργο αφού θα έπρεπε να επηρεάζεται αρκετά από την άνοδο του ποσοστού ερμηνείας του ύψους από την ευθεία.

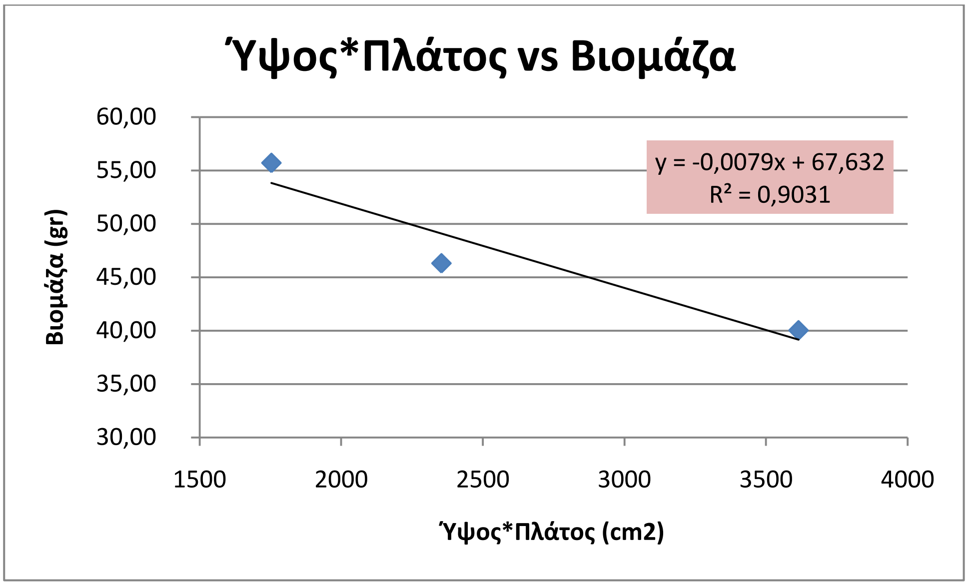
- Για το είδος *Nerium Oleander L. – Πικροδάφνη* και για την ομάδα με αλατότητα 0%, τα διαγράμματα που προέκυψαν είναι τα εξής:



Διάγραμμα 6.3.19: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *ύψους για κάθε φυτό.*

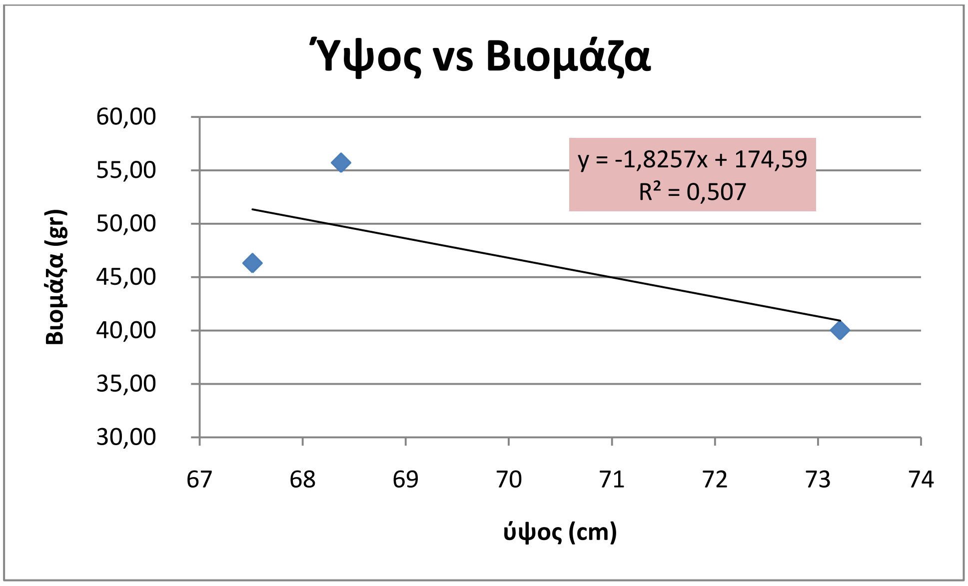


Διάγραμμα 6.3.20: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *εμβαδού (σε pixel) για κάθε φυτό.*

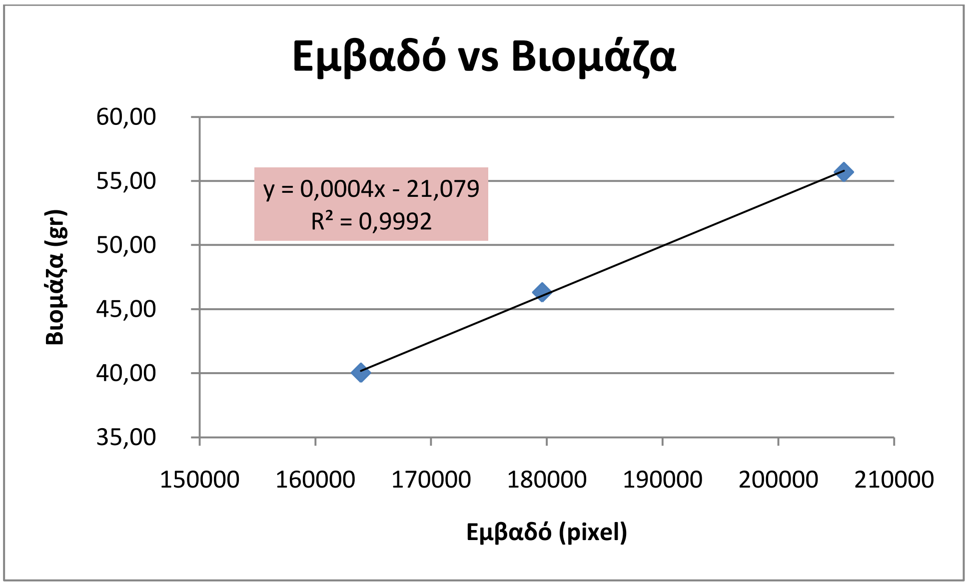


Διάγραμμα 6.3.21: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *ύψους επί του πλάτους για κάθε φυτό.*

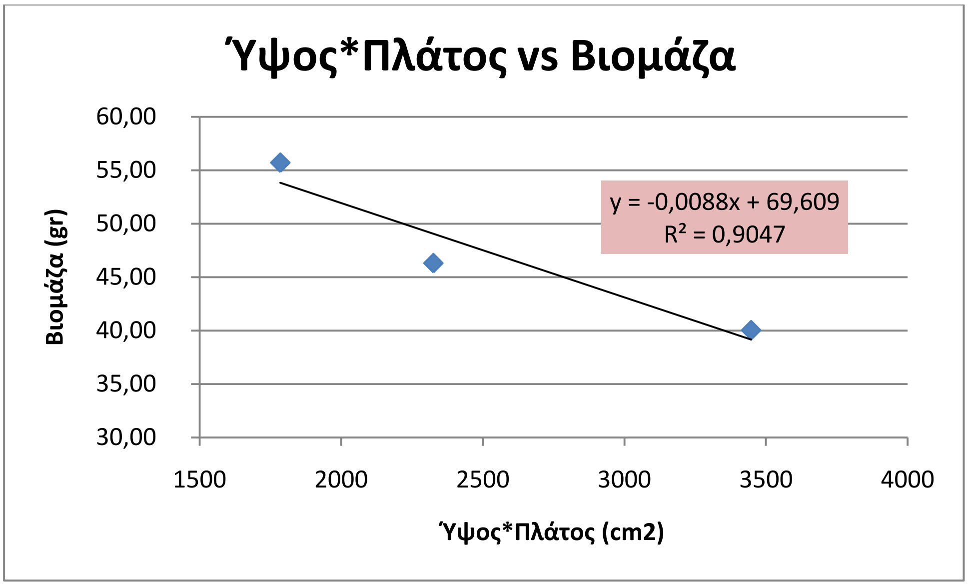
Σε αυτή την ομάδα φυτών παρατηρούμε ότι το ύψος, κι εδώ, παρουσιάζει μικρό ποσοστό ερμηνείας από την ευθεία, τουλάχιστον για τα βραχυπρόθεσμα δεδομένα, με το εμβαδό να έχει αρκετά κοντινό ποσοστό στο 100% (87,74%), χωρίς όμως αυτό να είναι το ιδανικότερο για την πρόβλεψη της βιομάζας αφού το ύψος επί το πλάτος έχει μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης (90,31%), αν και πολύ κοντά με αυτό του εμβαδού.



Διάγραμμα 6.3.22: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *ύψους για κάθε φυτό.*



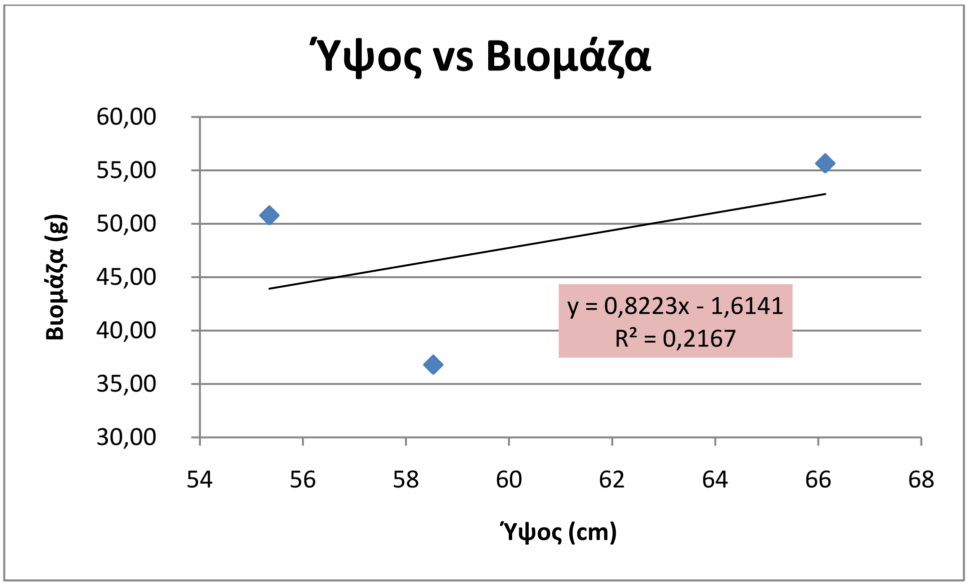
Διάγραμμα 6.3.23: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *εμβαδού (σε pixel) για κάθε φυτό.*



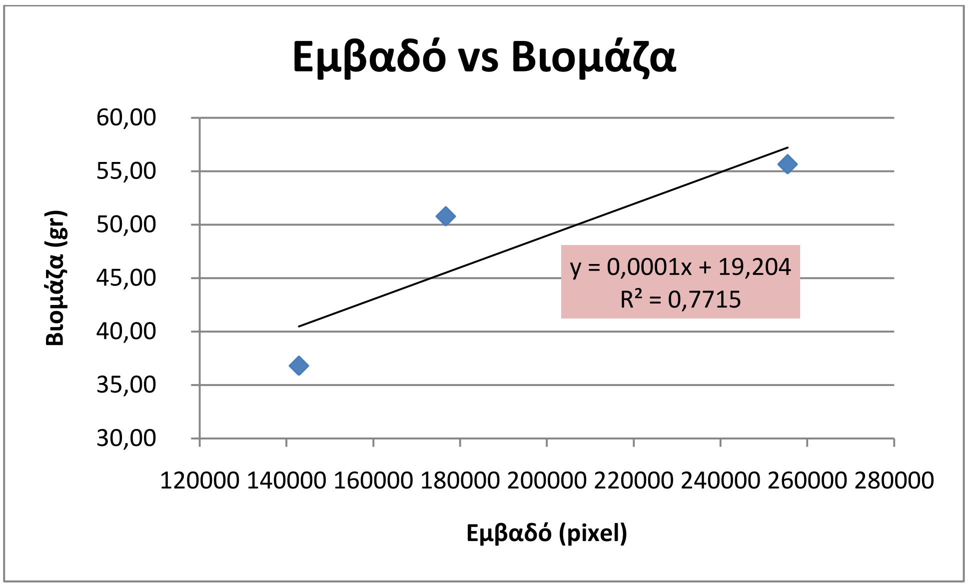
Διάγραμμα 6.3.24: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *ύψους επί του πλάτους για κάθε φυτό.*

Στην ανάλυση των μακροπρόθεσμων δεδομένων για την ομάδα της πικροδάφνης με αλατότητα 0%, δεν παρατηρούμε αξιόλογες μεταβολές στα ποσοστά ερμηνείας από τις ευθείες για το ύψος και για το ύψος επί το πλάτος, αφού το πρώτο μειώνεται ελάχιστα και παραμένει σε χαμηλό επίπεδο, και το δεύτερο παραμένει σχεδόν σταθερό. Αξιόλογη είναι όμως η μεταβολή του εμβαδού από την επεξεργασία των εικόνων το οποίο αυξήθηκε και πλησιάζει την πλήρη ταύτιση με τα στοιχεία της ευθείας. Λαμβάνοντας υπ’ όψη τα αποτελέσματα για βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα δεδομένα, μπορούμε να πούμε ότι και το εμβαδό αλλά και το ύψος επί το πλάτος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξίσου για την πρόβλεψη της ξηρής βιομάζας για τα φυτά αυτά.

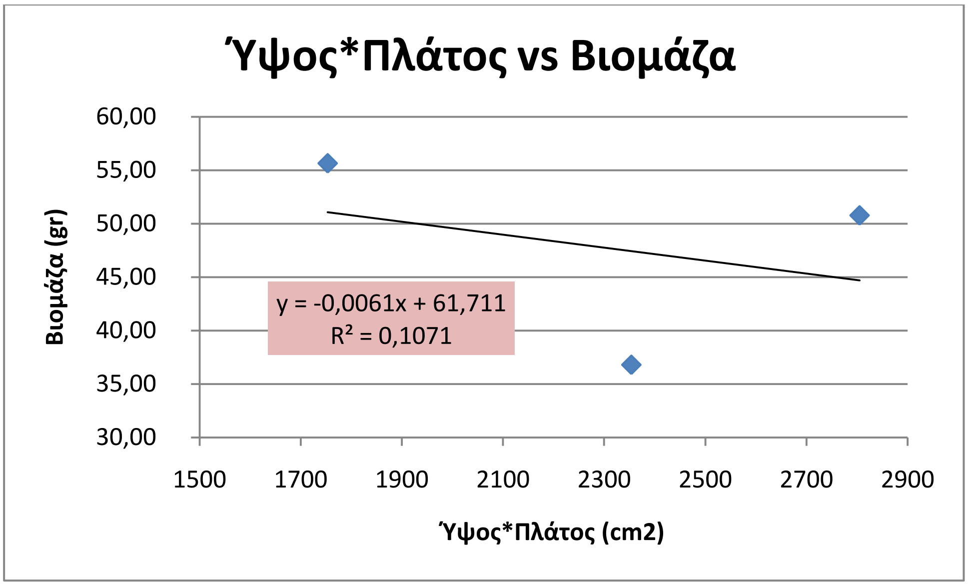
- Για το είδος *Nerium Oleander L. – Πικροδάφνη* και για την ομάδα με αλατότητα 1%, τα διαγράμματα που προέκυψαν είναι τα εξής:



Διάγραμμα 6.3.25: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. αλατότητας 1% συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *ύψους για κάθε φυτό.*

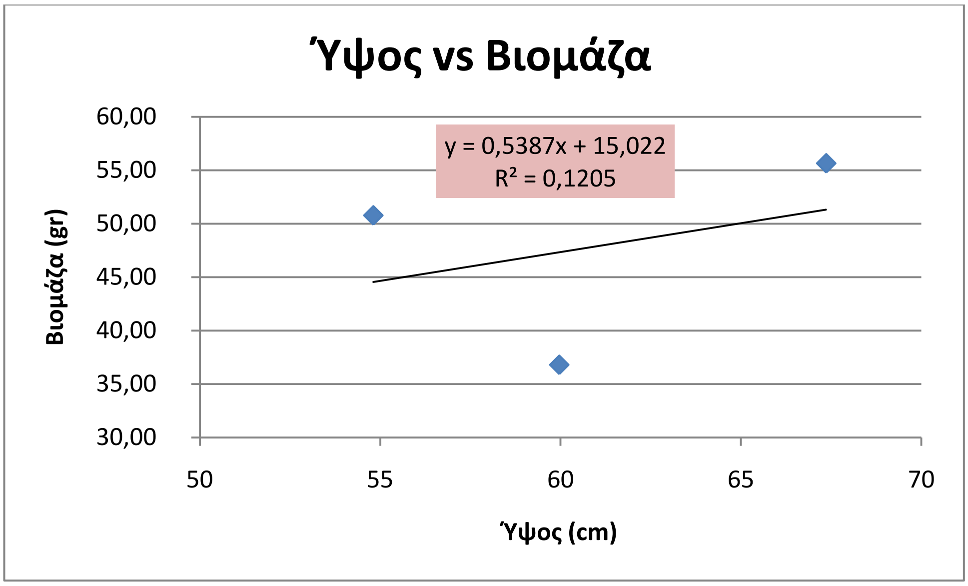


Διάγραμμα 6.3.26: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. αλατότητας 1% συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *εμβαδού (σε pixel) για κάθε φυτό.*

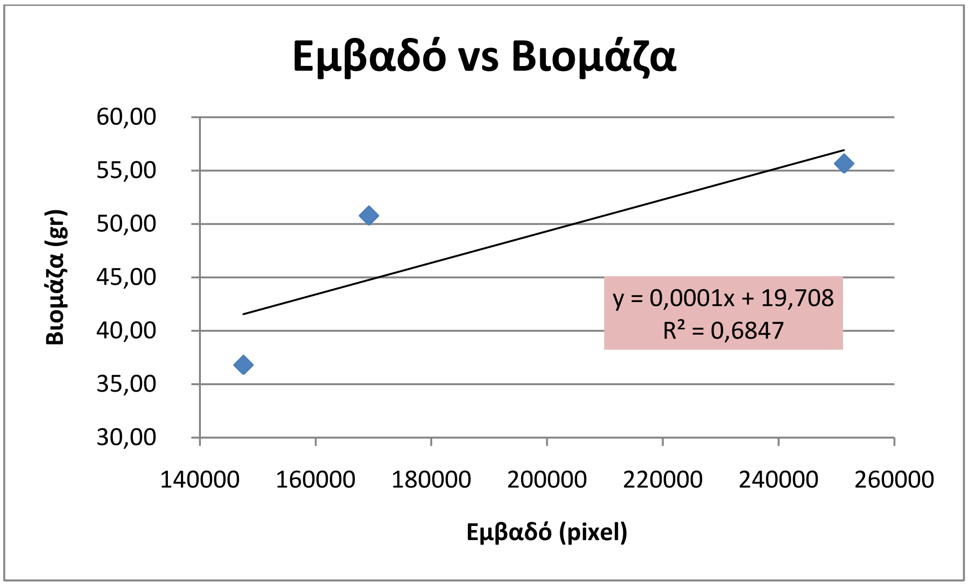


Διάγραμμα 6.3.27: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. αλατότητας 1% συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *ύψους επί του πλάτους για κάθε φυτό.*

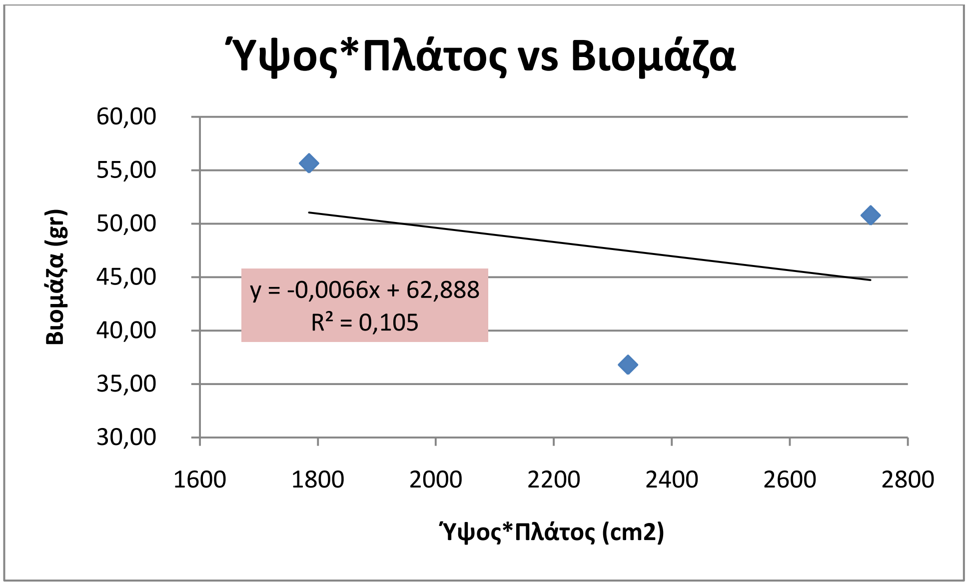
Παρατηρούμε ότι σε αυτό το είδος με την αυξημένη αλατότητα, το ύψος και το ύψος επί το πλάτος έχουν πολύ χαμηλούς συντελεστές συσχέτισης και σε καμία περίπτωση δεν θα μπορούσαμε να τους χρησιμοποιήσουμε για την πρόβλεψη της βιομάζας. Επιπλέον, το εμβαδό σε pixel από την επεξεργασία των εικόνων είναι σαφώς μια πιο αξιόπιστη παράμετρος για την πρόβλεψη της βιομάζας, χωρίς όμως να παρουσιάζει τις υψηλές τιμές των συντελεστών συσχέτισης όπως στην προηγούμενη ομάδα φυτών του ίδιου είδους, πιθανότατα λόγω επίδρασης της αλατότητας στην συνολική εικόνα του φυτού (πλάτος φύλλων, ύψος κτλ.).



Διάγραμμα 6.3.28: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. αλατότητας 1% συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *ύψους για κάθε φυτό.*



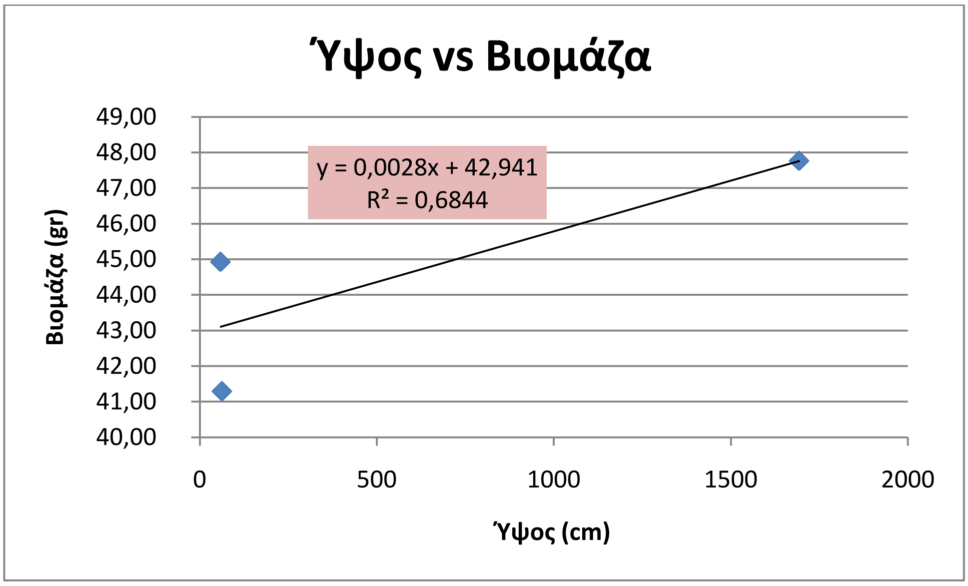
Διάγραμμα 6.3.29: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. αλατότητας 1% συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *εμβαδού (σε pixel) για κάθε φυτό.*



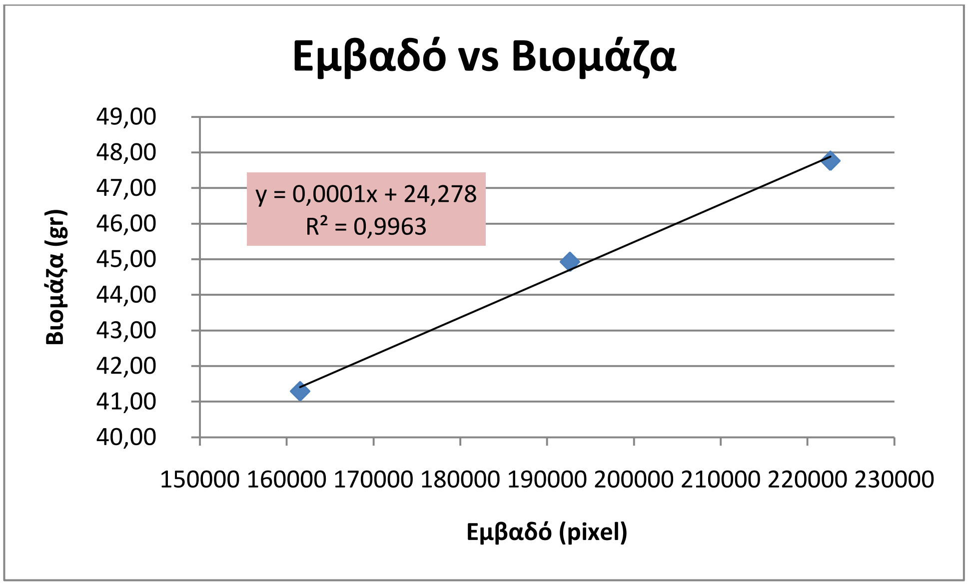
Διάγραμμα 6.3.30: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. αλατότητας 1% συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *ύψους επί του πλάτους για κάθε φυτό.*

Μετά από την ανάλυση και των μακροπρόθεσμων δεδομένων, παρατηρήσαμε μια μικρή πτώση των τιμών του συντελεστή συσχέτισης για το ύψος, όπου βρίσκεται πλέον σε πολύ χαμηλό επίπεδο, και το εμβαδό που είναι και πάλι πιο αξιόπιστο αλλά με χαμηλότερο ποσοστό αυτή τη φορά, γεγονός που δεν ταιριάζει με την εικόνα που έχουμε για την πρώτη ομάδα του ίδιου είδους. Τέλος το ύψος επί το πλάτος παρέμεινε σχεδόν σταθερό σε πολύ χαμηλό επίπεδο.

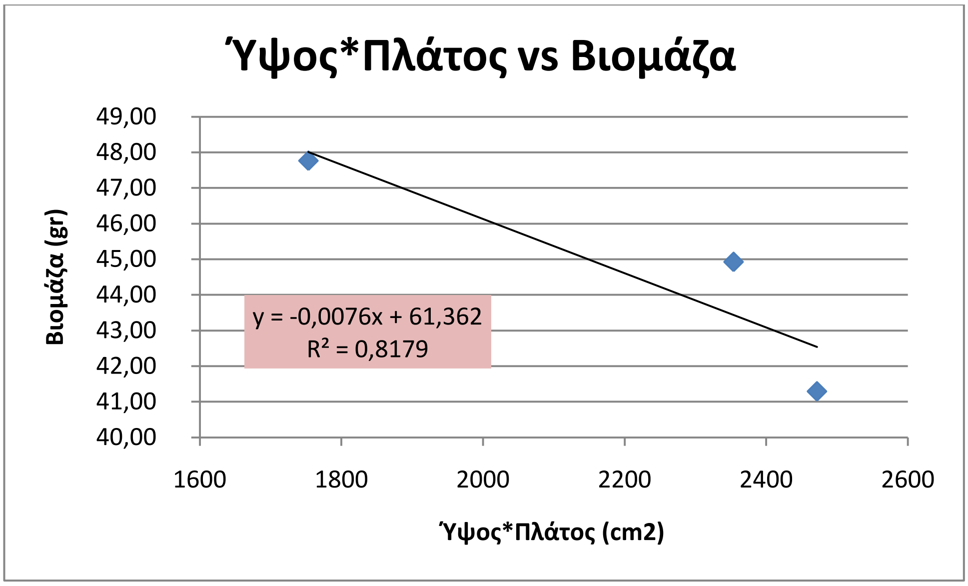
- Για το είδος *Nerium Oleander L. – Πικροδάφνη* και για την ομάδα με αλατότητα 2%, τα διαγράμματα που προέκυψαν είναι τα εξής:



Διάγραμμα 6.3.31: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. αλατότητας 2% συναρτήσει του **βραχυπρόθεσμου** ύψους για κάθε φυτό.*

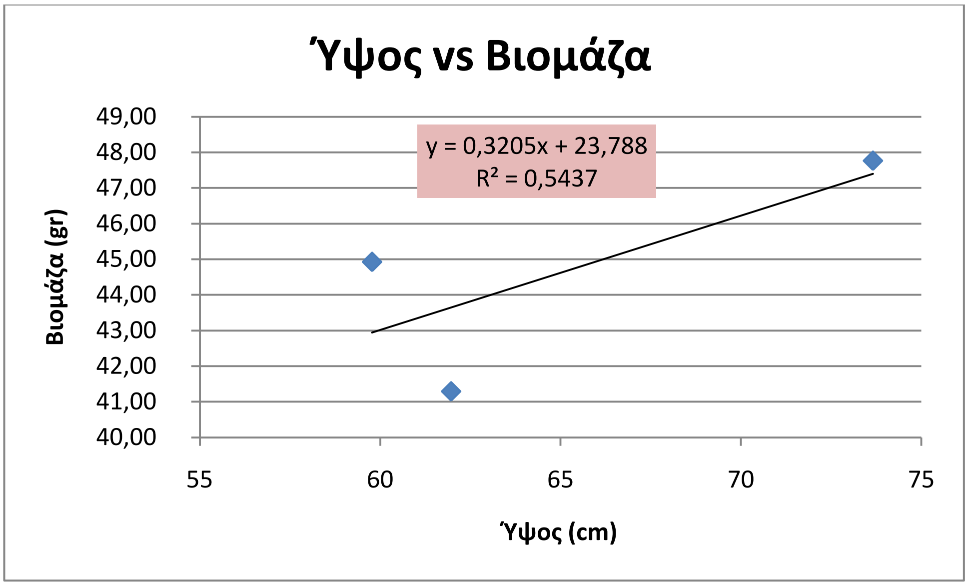


Διάγραμμα 6.3.32: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. αλατότητας 2% συναρτήσει του **βραχυπρόθεσμου** εμβαδού (σε pixel) για κάθε φυτό.*

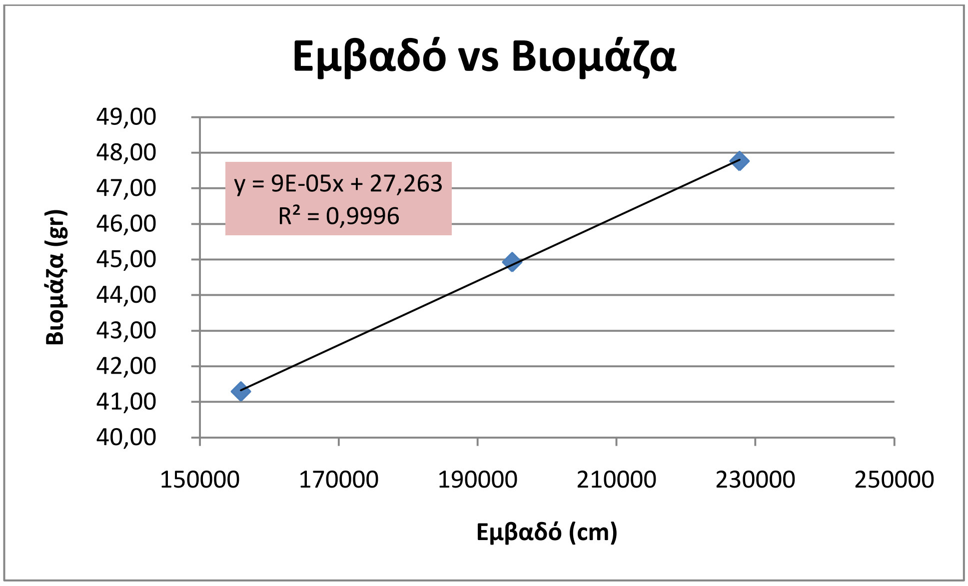


Διάγραμμα 6.3.33: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. αλατότητας 2% συναρτήσει του* ***βραχυπρόθεσμου*** *ύψους επί του πλάτους για κάθε φυτό.*

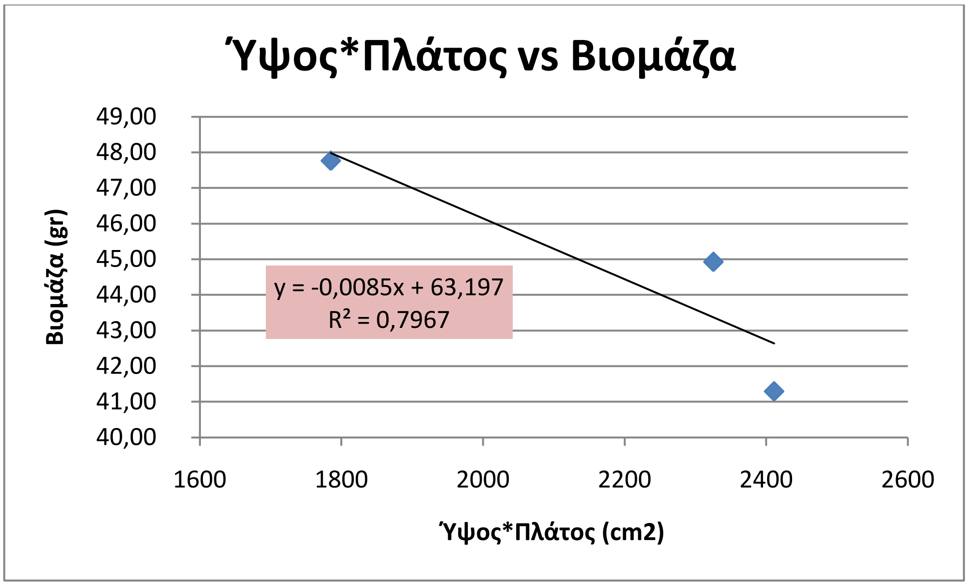
Για την ομάδα αυτή με την αυξημένη αλατότητα παρατηρούμε ότι έχουμε αρκετά υψηλές τιμές συντελεστών συσχέτισης και για τις 3 παραμέτρους του ύψους, του εμβαδού από την επεξεργασία των εικόνων και του ύψους επί το πλάτος. Συγκεκριμένα το εμβαδό, και σε αυτή την ομάδα φυτών, παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό αξιοπιστίας για την πρόβλεψη της βιομάζας και μάλιστα πλησιάζει το 100% της απόλυτης ερμηνείας από την ευθεία που σχηματίζεται (99,63%).



Διάγραμμα 6.3.34: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. αλατότητας 2% συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *ύψους για κάθε φυτό.*



Διάγραμμα 6.3.35: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. αλατότητας 2% συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *εμβαδού (σε pixel) για κάθε φυτό.*



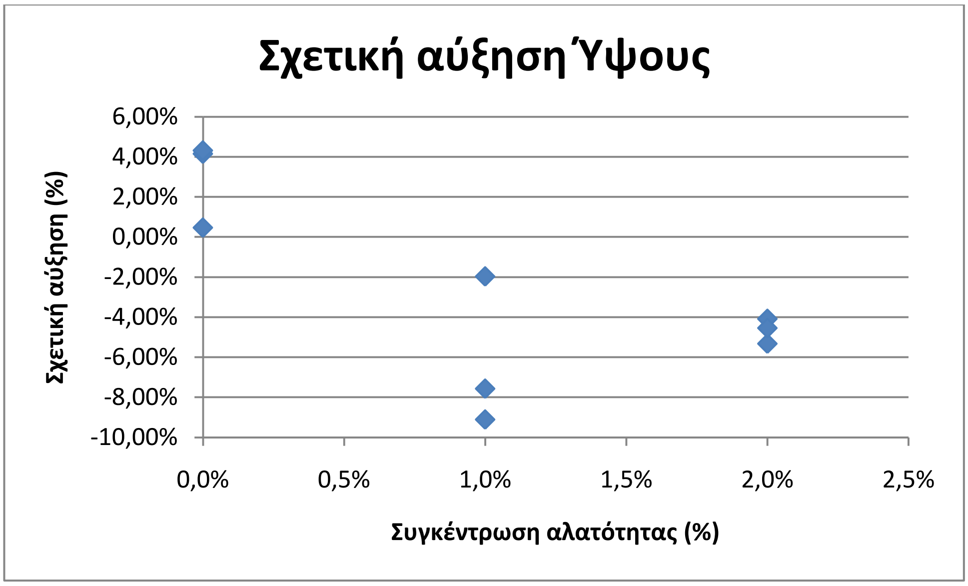
Διάγραμμα 6.3.36: *Η βιομάζα των τριών φυτών του είδους Nerium Oleander L. αλατότητας 2% συναρτήσει του* ***μακροπρόθεσμου*** *ύψους επί του πλάτους για κάθε φυτό.*

Μετά την ανάλυση των μακροπρόθεσμων δεδομένων, εμφανιστήκαν τα παραπάνω ενδιαφέροντα αποτελέσματα, καθώς οι συντελεστές συσχέτισης για το ύψος και για το ύψος επί το πλάτος έχουν μια μικρή μείωση από τους αντίστοιχους των βραχυπρόθεσμων δεδομένων, παραμένοντας ακόμη σε υψηλά επίπεδα, αλλά ο συντελεστής συσχέτισης για το εμβαδό από την επεξεργασία των εικόνων δεν έχει μειωθεί αντίθετα έχει αυξηθεί ελάχιστα, πλησιάζοντας ακόμη περισσότερο το 100% (99,96%) και αυξάνοντας την αξιοπιστία του για την πρόβλεψη της ξηρής βιομάζας.

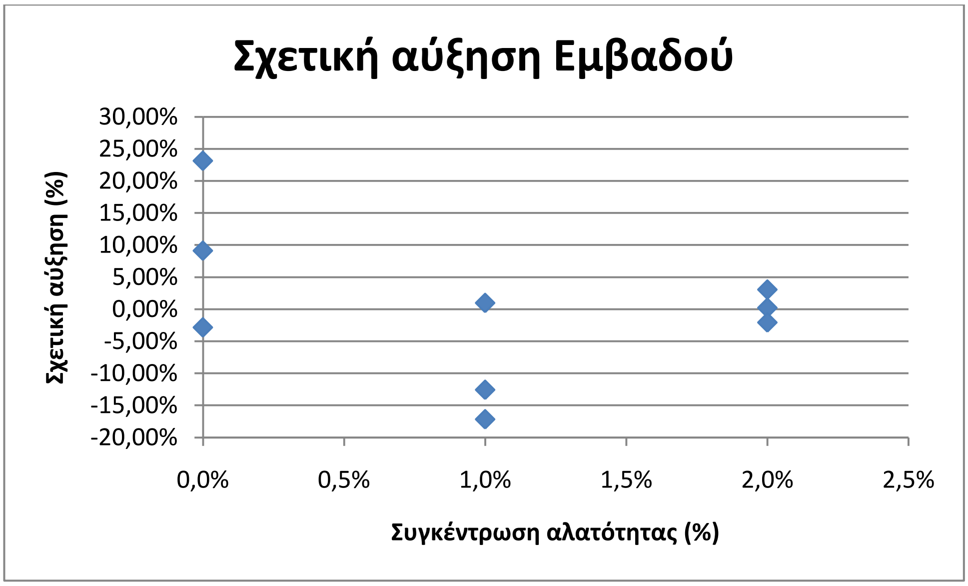
Έχοντας πλέον μια ολοκληρωμένη άποψη για το συσχετισμό της ξηρής βιομάζας με το ύψος, το εμβαδό από επεξεργασία των εικόνων και το ύψος επί το πλάτος για κάθε ομάδα φυτών, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η ανάλυση για τα μακροπρόθεσμα δεδομένα δίνει πιο ακριβή αποτελέσματα, καθώς περιλαμβάνει περισσότερα δεδομένα για την εξαγωγή των διαγραμμάτων και συνεπώς πιο αντιπροσωπευτικούς μέσους όρους για το σύνολο του πειράματος. Επιπλέον παρατηρούμε ότι για τα τρία είδη φυτών, το εμβαδό σε pixel από την επεξεργασία εικόνας είναι η πιο αξιόπιστη παράμετρος για την πρόβλεψη της βιομάζας, και για βραχυπρόθεσμα και για μακροπρόθεσμα δεδομένα, ενώ μόνο για το είδος *Eugenia Myrtifolia Newport – Ευγενία*, το μόνο γλυκόφυτο φυτό του πειράματος, το ύψος του φυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της ξηρής βιομάζας.

6.4 Επίδραση αλατότητας

Σε αυτή την τελευταία παράγραφο ανάλυσης των πειραματικών δεδομένων θα ασχοληθούμε με την επίδραση της καταπόνησης αλατότητας, που ασκήσαμε σε 6 φυτά από το είδος *Nerium Oleander L.*, στο συσχετισμό των δεδομένων από την επεξεργασία εικόνας. Στη φάση αυτή δημιουργήσαμε δύο διαγράμματα, ένα για το ύψος κάθε φυτού και ένα για το εμβαδό του υπέργειου τμήματος των φυτών σε pixel. Για το διάγραμμα του ύψους, δημιουργήσαμε για κάθε φυτό δύο μέσους όρους, έναν για τις τρεις πρώτες τιμές και έναν για τις τρεις τελευταίες (στην ουσία θέλαμε να δούμε τη μεταβολή από την πρώτη μέρα του πειράματος ως την τελευταία, αλλά πήραμε τους μέσους όρους για πιο αντιπροσωπευτικές τιμές), και υπολογίσαμε τη σχετική αύξηση, αρνητική ή θετική. Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε αυτές τις τιμές της σχετικής αύξησης και τις εκφράσαμε συναρτήσει της συγκέντρωσης της αλατότητας στα διαγράμματα που ακολουθούν. Αντίστοιχα εργαστήκαμε και για το διάγραμμα του εμβαδού σε pixel για κάθε φυτό και τα διαγράμματα που προέκυψαν είναι τα εξής:



Διάγραμμα 6.4.1:*Η σχετική αύξηση του ύψους για κάθε φυτό συναρτήσει της αλατότητας.*



Διάγραμμα 6.4.2:*Η σχετική αύξηση του εμβαδού από την επεξεργασία εικόνας για κάθε φυτό συναρτήσει της αλατότητας.*

Στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι η θετική σχετική αύξηση του ύψους σε ποσοστό είναι πολύ μικρότερη από αυτή του εμβαδού σε pixel, που φτάνει το 23,15%, όπως και η αρνητική σχετική αύξηση του ύψους (μείωση) είναι μεγαλύτερη στο εμβαδό των φυτών σε pixel από αυτή του ύψους. Στην πρώτη ομάδα χωρίς καταπόνηση αλατότητας, υπάρχει διαφορά στην αύξηση ύψους και εμβαδού, καθώς στο ύψος έχουμε μικρά ποσοστά αύξησης, ενώ στο εμβαδό παρατηρούνται μεγαλύτερες αυξήσεις αλλά και μια μείωση (-2,84%) για το πρώτο φυτό της ομάδας (φυτό #10). Παρά τις διαφορές αυτές παρατηρούμε μια σχετική ομοιομορφία στην ομάδα φυτών με καταπόνηση αλατότητας 1% αλλά και σε αυτή με καταπόνηση αλατότητας 2%, σημειώνοντας όμως αρνητικά ποσοστά στο διάγραμμα του ύψους, γεγονός λογικό αφού τα φυτά επηρεάστηκαν από την καταπόνηση αλατότητας, και κάποια οριακά θετικά ποσοστά, που υποδηλώνουν αύξηση, στο διάγραμμα του εμβαδού σε pixel (στα φυτά #14,16 και 17). Οι διαφορές αυτές μπορεί να οφείλονται σε πειραματικό σφάλμα, καθώς όπως έχουμε ήδη αναφέρει τα αποτελέσματα του κώδικα με τον οποίο επεξεργαστήκαμε τις εικόνες, ενέχουν σφάλμα αρκετών χιλιάδων pixel. Από την άλλη μπορεί και να μην οφείλονται σε πειραματικό σφάλμα, γιατί το είδος *Nerium Oleander L.* είναι αλόφυτο και ο τρόπος με τον οποίο εισάγαμε το διάλυμα NaCl στα φυτά ήταν τέτοιος ώστε η μετάβαση από το πότισμα με απλό νερό σε νερό με αυξημένη συγκέντρωση άλατος να είναι πιο ομαλή για να επιβιώσουν τα φυτά. Έτσι υπάρχει περίπτωση να υπήρξε και αύξηση της βιομάζας των φυτών με αλατότητα, η οποία εξαρτάται βέβαια και από κάθε οργανισμό χωριστά και κατά πόσο κατάφερε εξ’ αρχής να εγκλιματιστεί μετά τη μεταφύτευση και πόσο ανθεκτικός είναι γενικά.

6.5 *Γενικά συμπεράσματα – παρατηρήσεις*

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η διερεύνηση για το προσδιορισμό της αύξησης της φυτικής βιομάζας μέσω δεδομένων από επεξεργασία εικόνας. Όλες οι παραπάνω αναλύσεις έδειξαν, στην πλειοψηφία τους, ότι το εμβαδό σε pixel από ανάλυση εικόνας του υπέργειου τμήματος φυτών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ξηρής φυτικής βιομάζας του τμήματος αυτού. Φυσικά υπάρχουν αρκετές παρατηρήσεις πάνω στην πειραματική διαδικασία, που θα μπορούσαν να μειώσουν τα πειραματικά λάθη στο ελάχιστο δυνατό (δεν γίνεται να έχουμε μηδενικά πειραματικά λάθη γιατί έχουμε να κάνουμε με ζωντανούς οργανισμούς και ο παράγοντας της τύχης είναι ενισχυμένος). Θα είχαμε καλύτερες μετρήσεις όσον αφορά το ύψος, το πλάτος και το εμβαδό σε pixel κάθε φυτού εάν το πείραμα γινόταν με ελεγχόμενες συνθήκες, έτσι ώστε να μην επηρεάζονται τα φυτά από ισχυρούς ανέμους ή πολύ μεγάλες θερμοκρασίες και το χώμα στο οποίο μεταφυτεύθηκαν να ήταν ελεγχόμενο (σε θρεπτικά συστατικά και σύσταση). Επίσης καλύτερα αποτελέσματα θα έδινε ο κώδικας επεξεργασίας των εικόνων εάν υπήρχε μια σταθερή διάταξη με την οποία θα γινόταν η λήψη των εικόνων, αν δεν υπήρχαν οι μεζούρες μέτρησης του ύψους και του πλάτους κάθε φυτού στο φόντο των φωτογραφιών, λεπτομέρειες που επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα αυτά.

Για μια εκτενέστερη έρευνα πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο, θα μπορούσε να επιλεγεί ένα είδος φυτικού οργανισμού, να βρίσκεται σε ελεγχόμενες συνθήκες, όπως περιγράφηκαν παραπάνω, αλλά σε πολύ μεγαλύτερο αριθμό μονάδων και περισσότερη πειραματική διάρκεια, έτσι ώστε μέσω αναλύσεων των δεδομένων και μαθηματικών υπολογισμών, να βρεθεί, για το είδος αυτό, ένας μαθηματικός τύπος που θα εκφράζει τη βιομάζα μέσω του εμβαδού σε pixel, εφ' όσον αυτό είναι εφικτό, για να μπορεί να χρησιμοποιείται εύκολα από όποιον μπορεί να τον έχει ανάγκη. Μια επιπλέον ενδιαφέρουσα παρατήρηση ήταν ότι το εμβαδό σε pixel ήταν χρήσιμο για την πρόβλεψη της ξηρής βιομάζας μόνο στα είδη των φυτών που ήταν αλόφυτα. Συνεπώς θα μπορούσαν να διενεργηθούν επιπλέον πειράματα για την διερεύνηση αυτής της διαφοροποίησης και για το αν θα μπορούσε να γενικευτεί.

7. *Βιβλιογραφία*

1. William G. Hopkins*, "Introduction to plant Physiology", 1995*
2. Γεώργιος Α. Καραμπινιώτης *, " Φυσιολογία Καταπονήσεων των φυτών", 2003*
3. Hendrik Poorter*, "Plant growth analysis: towards a synthesisof the classical and the functional approach", Physiologia Plantarum 1989*
4. *Little Jr., Elbert L., Roger G. Skolmen "Common trees of Hawaii", 1989*
5. *A.J. Townsend ,"Pittosporum patulum recovery plan, 1999-2009*
6. Floyd, A.G., *Rainforest Trees of Mainland South-eastern Australia*, 1989
7. Simpson, P., "*Pōhutukawa & Rātā: New Zealand's Iron-Hearted Trees",* 2005
8. Pankhurst, R., "*Nerium oleander* L. *Flora Europaea"*, Royal Botanic Garden Edinburgh
9. Watson, William A., et al. "*2002 Annual Report of the American Association of Poison Control Centers Toxic Exposure Surveillance System",* American Journal of Emergency Medicine,2003
10. Knight, A. P. ,"*Guide to Poisonous Plants: Oleander*", Colorado State University, 1999
11. *Erwin, Van den Enden "Illustrated Lecture Notes on Tropical Medicine. Medical problems caused by plants: Plant Toxins, Cardiac Glycosides", Prince Leopold Institute of Tropical Medicine,* 2004

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Πινάκες Δεδομένων

Πίνακας 1: Eugenia Myrtifolia Newport #1

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	39.78	68.76	197770	40.23	67.86	217517
3	41.4	69.03	224656	42.3	64.62	213356
6	43.29	68.04	224939	44.46	68.4	220571
9	44.64	70.47	237499	44.91	66.15	229744
12	44.82	69.93	253871	45.72	67.23	224305
15	45.09	70.38	250245	45.27	70.56	248459
18	45.9	70.02	258568	45.81	70.47	255154
21	46.98	69.21	274739	47.7	68.76	266787
24	47.7	70.92	266615	47.7	70.56	258403
27	47.88	67.32	252357	47.88	70.29	250651
30	48.69	65.79	240320	48.51	71.1	244677
33	49.14	69.75	252956	48.33	69.84	259155
36	49.05	71.36	281080	47.61	66.96	268262
39	49.14	70.65	264192	48.78	67.32	263617
42	49.05	71.19	238386	49.14	65.7	242006

Πίνακας 2: Eugenia Myrtifolia Newport #2

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	52.92	58.32	271686	50.76	53.37	234335
3	53.91	58.23	277988	51.84	54.72	231811
6	54.63	57.15	292262	52.11	53.46	257751
9	54.9	56.79	304954	52.2	54	265938
12	54.45	54.36	308997	51.93	52.74	277795
15	54.45	54.27	323196	51.84	53.1	322476
18	55.08	56.25	293098	51.3	52.74	26910
21	54.45	52.65	312592	51.57	52.83	307624
24	54.72	53.28	341357	51.75	51.21	343070
27	55.26	53.37	309901	51.84	50.49	273345
30	54.81	54.09	291153	51.84	52.02	286510
33	54.9	54.09	319052	52.2	51.3	302881
36	54.9	57.78	331387	51.75	49.59	334640
39	54.99	55.26	262834	52.2	49.5	236778
42	54.9	55.53	276385	52.29	51.3	238012

Πίνακας 3: Eugenia Myrtifolia Newport #3

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	48.33	48.24	214441	52.2	48.24	225546
3	49.23	49.14	213535	53.19	48.51	208614
6	50.13	50.76	216459	53.82	48.78	219550
9	51.3	51.84	253049	54.18	52.65	252489
12	51.3	61.29	250346	54.72	51.75	253423
15	50.67	51.75	239838	53.46	51.66	240200
18	52.29	53.1	253394	55.26	54.27	249454
21	50.76	51.57	267670	54	49.59	256750
24	51.84	55.35	262030	54.81	49.77	257767
27	52.02	54.99	249687	55.17	51.21	255332
30	52.02	54.63	247898	54.99	53.1	240536
33	52.65	54.9	276373	56.16	54	261076
36	53.1	54.9	287502	56.34	54.72	276901
39	53.19	55.17	231124	56.7	54.9	214479
42	53.01	55.71	235248	56.79	56.07	233482

Πίνακας 4: Pittosporum Tobira #4

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	42.3	31.32	138725	45.54	37.8	137997
3	42.48	30.69	141770	46.35	37.89	141120
6	43.11	32.58	143196	47.25	42.3	144818
9	43.38	34.02	154511	47.52	40.68	157680
12	43.2	36.54	147734	47.07	41.74	160066
15	42.93	37.53	155559	46.71	46.62	156630
18	43.74	36.18	163750	47.97	42.48	162257
21	44.55	40.5	154482	45.45	45.81	164150
24	43.2	38.25	167650	47.25	47.43	167941
27	43.74	40.23	161802	47.7	45.18	169961
30	43.56	39.6	170034	48.15	45	171641
33	43.65	39.06	182844	47.88	46.35	184761
36	43.65	39.15	176811	48.06	44.1	172559
39	43.02	39.06	169890	47.7	45	171402
42	43.2	39.69	163442	47.88	45.63	169407

Πίνακας 5: Pittosporum Tobira #5

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	48.33	42.39	157589	47.7	31.86	109172
3	50.04	41.94	150616	47.49	30.15	99589
6	49.68	39.24	149050	47.61	29.34	95709
9	49.5	42.12	148773	47.7	29.07	104566
12	49.32	41.43	123209	47.52	29.25	85213
15	48.6	41.13	144913	47.34	29.65	96118
18	48.69	42.03	143781	47.43	30.15	89327
21	50.04	41.85	127131	47.52	28.89	72898
24	48.15	41.94	167219	47.52	29.52	116787
27	47.61	41.58	151332	47.34	32.58	104904
30	48.15	41.76	162806	47.52	32.4	124050
33	47.61	42.11	172872	47.61	32.31	121108
36	47.7	43.56	178764	46.98	33.75	122705
39	47.61	42.66	157782	47.25	31.23	112532
42	47.25	42.66	156348	46.8	33.21	108421

Πίνακας 6: Pittosporum Tobira #6

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	49.86	50.85	180229	50.4	42.12	144824
3	50.22	51.48	179945	51.39	41.13	145272
6	50.4	51.39	176069	51.48	41.31	139556
9	50.04	51.21	183119	51.21	42.03	148130
12	49.5	51.12	173788	51.12	42.12	138023
15	49.05	50.49	172109	50.4	46.17	143544
18	49.23	50.94	184307	50.85	42.93	143990
21	47.34	53.28	172777	48.96	41.58	139823
24	47.97	52.56	194183	49.23	43.56	160777
27	48.06	52.74	181542	49.32	44.55	145232
30	47.43	52.74	195077	48.6	45.18	155829
33	47.61	52.02	207885	48.6	45.18	168831
36	48.78	51.03	210857	49.86	43.47	163088
39	47.52	52.83	196042	49.32	44.55	156156
42	47.52	51.21	179975	48.6	45.63	153630

Πίνακας 7: Metrosiderus Excelsus #7

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	44.64	55.98	224376	45	36.54	197917
3	46.8	56.7	218367	46.08	36.72	192481
6	42.93	53.1	229455	42.84	33.66	194863
9	44.64	55.35	241526	44.46	35.28	199383
12	42.57	54.27	237829	42.3	33.84	191268
15	41.85	53.28	241488	41.85	35.01	191891
18	46.35	59.13	257362	46.8	35.82	212121
21	43.2	53.55	254882	41.85	34.92	195523
24	44.55	54.99	263192	43.2	35.37	206269
27	45.54	54.09	249353	43.65	35.82	215639
30	46.26	53.55	246088	44.1	35.46	205974
33	45.81	54.36	244714	44.55	36.63	204437
36	47.61	58.86	238252	46.62	37.17	211736
39	46.71	57.24	239717	45.45	35.64	215225
42	46.89	55.98	241023	45.45	36	214171

Πίνακας 8: Metrosiderus Excelsus #8

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	46.89	42.57	222848	47.34	41.58	204657
3	48.96	43.47	211368	48.96	41.49	188502
6	45.36	45.72	220051	43.74	41.76	201130
9	47.88	45.45	234943	44.1	42.21	211053
12	45.09	46.26	226928	43.11	43.2	215989
15	44.45	49.5	199152	40.32	42.75	203045
18	49.32	49.86	205670	43.92	44.64	210680
21	45.63	50.13	206640	40.59	42.84	215092
24	47.79	52.74	221025	42.48	44.64	225415
27	46.89	53.28	209547	42.93	45.72	213942
30	49.68	53.01	207912	44.1	45.63	212719
33	49.68	53.37	216233	43.92	46.98	220908
36	51.57	53.37	206220	47.07	46.98	205359
39	51.21	53.46	200222	45.63	48.06	206981
42	50.4	53.37	195869	44.82	49.41	203970

Πίνακας 9: Metrosiderus Excelsus #9

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	45.99	42.12	235276	44.1	38.61	223811
3	46.89	42.48	227535	44.82	38.25	217598
6	44.55	45.72	234173	42.21	40.23	221319
9	46.35	46.89	245714	44.64	38.52	229073
12	42.39	45.99	233813	41.49	40.59	224933
15	42.21	47.61	237614	41.04	39.96	223948
18	46.98	47.79	243255	46.26	38.79	232938
21	42.12	46.98	232185	41.22	40.32	230284
24	43.47	48.15	249658	43.11	41.22	237643
27	44.01	48.96	242397	42.39	40.59	231215
30	43.92	49.23	250159	42.84	42.39	238799
33	44.73	49.5	262987	44.82	41.22	246438
36	48.6	49.59	246932	47.07	39.78	232816
39	46.8	50.22	249968	46.8	41.49	232964
42	47.07	50.13	247317	44.82	41.67	237149

Πίνακας 10: Nerium Oleander L. #10

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	70.11	38.88	155629	69.75	53.82	187666
3	69.57	41.13	162731	73.89	54.36	176749
6	69.75	39.6	168016	70.29	53.91	192869
9	72.54	41.49	193252	75.51	55.8	190911
12	72.72	41.85	214314	73.26	54.54	207411
15	65.25	39.33	200589	69.57	48.33	205354
18	71.73	42.12	170194	75.96	54.36	182416
21	64.8	31.95	199895	66.15	40.59	224994
24	72.36	43.02	187565	74.52	51.21	195967
27	69.3	42.93	167591	71.1	52.92	187534
30	73.8	44.55	178521	74.97	52.65	181290
33	73.08	41.31	191183	74.52	53.82	218499
36	72.09	39.51	168908	73.8	52.56	195404
39	73.17	41.85	155178	75.42	55.26	166660
42	72.99	40.23	150979	73.44	53.91	176899

Πίνακας 11: Nerium Oleander L. #11

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	66.15	37.53	175004	65.16	52.11	197701
3	66.96	39.51	184383	66.78	50.22	186741
6	68.31	42.57	185413	65.61	53.28	193000
9	69.03	39.87	202564	69.3	55.17	198750
12	68.4	41.94	175975	66.6	50.94	206592
15	66.96	39.15	184913	65.16	46.08	226931
18	69.3	41.67	176857	69.3	55.44	188705
21	66.42	32.49	193408	64.08	41.7	259138
24	67.86	41.94	193154	68.4	51.39	231221
27	68.4	42.75	172968	69.66	51.84	209787
30	68.31	41.22	186670	69.66	48.87	225600
33	68.04	42.12	200851	69.75	51.3	238488
36	68.4	39.87	186149	70.47	56.16	234525
39	68.49	40.77	187594	70.11	54.9	209878
42	68.58	42.75	188682	70.11	53.73	217829

Πίνακας 12: Nerium Oleander L. #12

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	68.94	34.74	164838	66.69	34.74	143042
3	70.74	36.63	169210	66.87	36.36	145403
6	71.37	35.82	162179	65.97	37.53	149771
9	71.46	34.74	178032	66.96	35.46	163138
12	70.74	38.97	163040	67.41	34.29	163085
15	66.51	35.91	171725	64.44	33.84	159868
18	70.02	35.01	159406	66.6	35.91	149661
21	65.61	31.59	189016	65.07	34.56	159657
24	67.86	37.17	184313	64.8	36.72	197332
27	70.02	36.81	165118	65.97	37.98	155895
30	69.48	37.62	174750	65.07	37.62	173146
33	70.38	36	192296	65.97	37.26	209111
36	71.1	34.83	211796	66.78	36.27	228680
39	71.19	35.55	174521	66.6	36.81	172312
42	70.2	36.72	186371	66.6	38.25	177072

Πίνακας 13: Nerium Oleander L. #13

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	55.08	57.69	213148	58.32	45.99	210651
3	54.18	56.88	209657	57.6	49.23	193729
6	54.63	55.89	200127	57.69	47.79	188159
9	53.73	55.98	207819	56.52	46.71	192817
12	54.18	56.34	196709	56.25	46.17	184125
15	53.73	57.87	186508	56.07	47.7	171153
18	53.55	57.42	184088	55.98	46.89	172422
21	53.46	56.07	183464	56.25	44.46	165223
24	53.82	56.25	199298	56.34	45.45	192751
27	52.92	55.71	190831	55.8	43.92	181897
30	52.74	55.98	196760	56.7	44.46	192205
33	53.46	55.89	217027	56.52	44.82	213201
36	53.91	56.97	185880	56.61	46.35	184904
39	54	55.89	175321	56.7	45.72	178108
42	53.28	55.53	171170	56.34	44.64	167270

Πίνακας 14: Nerium Oleander L. #14

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	73.71	48.78	271060	72.72	52.2	249055
3	73.98	54.18	251798	69.48	51.75	226998
6	74.7	56.79	275727	72	51.21	243526
9	73.17	53.28	286955	71.73	51.03	252259
12	73.62	57.06	275894	69.3	49.86	234916
15	73.08	56.88	245235	71.1	52.47	212406
18	72.9	58.14	243281	70.74	51.93	210613
21	67.86	57.15	267663	65.61	54.09	235271
24	65.97	57.33	293069	65.61	51.12	245238
27	66.51	57.78	281074	66.15	48.6	234042
30	67.05	58.77	288354	65.61	45.99	236811
33	66.78	58.68	278535	65.43	48.87	221737
36	66.6	57.51	275153	65.25	51.66	236621
39	67.05	57.6	270027	65.43	50.76	236179
42	67.05	58.77	274005	65.43	50.58	240955

Πίνακας 15: Nerium Oleander L. #15

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	65.61	53.46	181694	62.1	50.22	174572
3	65.61	53.64	173087	62.55	48.69	166535
6	62.25	53.73	175319	61.83	51.03	163755
9	55.62	51.75	184545	61.47	51.48	173326
12	64.8	53.64	168791	61.47	50.13	167691
15	64.71	53.19	170672	61.47	48.42	151397
18	55.71	53.73	144866	61.83	48.87	142363
21	54.9	53.19	148287	61.47	52.2	128913
24	64.35	54.36	157334	64.8	52.74	144340
27	55.26	54.63	149511	61.38	51.12	134065
30	55.17	53.73	149565	60.93	51.66	145159
33	64.8	55.98	171517	61.29	51.3	155597
36	55.8	54.72	157124	61.47	50.85	145060
39	55.35	55.53	142348	61.29	51.12	129822
42	56.07	54.27	149634	61.2	51.12	133252

Πίνακας 16: Nerium Oleander L. #16

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	66.6	40.5	171909	64.08	45.45	160912
3	67.32	39.96	164665	66.24	44.28	158065
6	66.15	40.59	160965	66.69	44.19	159146
9	65.25	39.69	167791	65.7	45.81	178723
12	64.8	40.14	162855	65.61	47.97	172468
15	64.8	41.58	163838	65.88	46.71	169485
18	64.08	41.22	150480	65.7	46.53	161618
21	63.54	40.77	150874	64.8	46.44	168260
24	63.99	39.69	166257	63.9	45	194680
27	63.45	38.97	165865	61.92	43.92	174463
30	63.54	38.34	176242	61.92	42.84	182124
33	63.54	36	182609	61.11	42.3	198445
36	64.8	35.73	166279	62.1	43.38	176590
39	63.45	36.72	161664	61.65	42.39	161455
42	63.18	36.09	162785	60.75	41.85	149026

Πίνακας 17: Nerium Oleander L. #17

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	75.42	53.01	231966	75.51	50.31	223189
3	77.49	53.19	215930	74.79	49.86	205507
6	77.85	52.2	225256	76.68	45.9	213221
9	77.76	52.38	220777	74.25	49.68	209053
12	79.2	51.3	223435	77.67	49.23	210216
15	75.69	50.58	238923	74.07	48.06	224571
18	76.05	54.99	210308	73.35	47.88	204380
21	73.89	49.86	237386	72.45	48.06	224757
24	74.97	49.86	246232	71.55	47.16	234560
27	74.97	49.14	230535	72.45	47.16	224787
30	75.24	46.89	234617	72	48.51	225828
33	75.87	48.15	245103	71.55	47.34	236345
36	74.7	50.31	244981	71.37	47.34	237255
39	75.15	49.32	223852	71.1	46.17	216999
42	76.05	46.71	208824	70.65	46.26	203910

Πίνακας 18: Nerium Oleander L. #18

ΧΡΟΝΟΣ (days)	ΠΛΕΥΡΑ Α			ΠΛΕΥΡΑ Β		
	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA	ΥΨΟΣ (cm)	ΠΛΑΤΟΣ (cm)	PIXEL AREA
0	62.73	43.83	177493	62.28	56.43	238736
3	62.37	43.92	160874	62.73	55.71	212912
6	62.46	41.49	163742	63	54.27	226442
9	61.92	43.02	160333	62.91	54.09	233904
12	61.92	42.75	165473	61.92	55.17	213243
15	61.74	42.03	162009	61.38	54.18	214134
18	61.29	41.22	162264	61.38	53.73	206687
21	61.56	40.86	171771	60.86	52.94	212538
24	60.66	39.87	181992	60.03	52.65	232682
27	59.22	36.63	178335	59.85	49.05	214981
30	58.77	38.88	177808	59.76	45.99	214204
33	58.68	37.26	188069	59.4	46.98	226154
36	57.06	37.53	179694	59.94	46.44	224988
39	56.97	37.62	162407	59.85	46.71	224225
42	57.42	38.34	163078	59.67	45.45	201395

Πίνακας 19: Κλαδιά του είδους Eugenia Myrtifolia Newport

ΦΥΤΟ	***Κλαδί***	***Ύψος (cm)***	***Πλάτος(cm)***	***Βιομάζα(gr)***	***Εμβαδό (pixel)***
1	***1***	21.78	23.94	4.7832	42841
	2	19.26	27.72	3.1233	29939
	3	18.63	14.53	1.2308	17103
2	***1***	32.31	48.96	8.7782	95231
	2	21.60	20.52	2.7970	31659
	3	24.21	15.48	1.5819	18015
3	***1***	27.27	34.02	5.0063	51945
	2	28.26	28.80	5.5938	59698
	3	17.73	11.34	1.2798	14388

Πίνακας 20: Κλαδιά του είδους Pittosporum Tobira

ΦΥΤΟ	***Κλαδί***	***Ύψος (cm)***	***Πλάτος(cm)***	***Βιομάζα(gr)***	***Εμβαδό (pixel)***
4	***1***	30.69	18.00	4.5627	31019
	2	13.50	8.64	0.9083	9674
	3	8.37	12.06	0.4561	7949
5	***1***	–	–	–	–
	2	–	–	–	–
	3	–	–	–	–
6	***1***	27.99	13.59	2.1346	31019
	2	21.96	11.07	1.9233	9674
	3	13.05	10.17	0.9720	7949

Πίνακας 21: Κλαδιά του είδους Metrosiderus Excelsus

ΦΥΤΟ	Κλαδί	Ύψος (cm)	Πλάτος(cm)	Βιομάζα(gr)	Εμβαδό (pixel)
7	1	20.43	19.98	4.2394	28866
	2	15.30	18.54	2.6226	24127
	3	25.38	12.78	3.9043	30723
8	1	26.19	15.93	5.7853	37719
	2	15.03	9.99	1.7646	12717
	3	29.52	10.98	3.6471	21407
9	1	21.60	30.78	12.0152	70249
	2	20.79	14.58	4.0317	31788
	3	14.22	12.51	1.7195	17279

Πίνακας 22: Κλαδιά του είδους Nerium Oleander L.

ΦΥΤΟ	Κλαδί	Ύψος (cm)	Πλάτος(cm)	Βιομάζα(gr)	Εμβαδό (pixel)
10	1	61.11	30.06	12.0972	77933
	2	41.31	27.63	7.1691	62884
	3	9.81	8.82	0.3890	5017
11	1	49.5	28.98	10.6937	89137
	2	58.68	33.93	20.3481	122600
	3	11.25	13.05	0.3694	5592
12	1	50.76	27.81	9.7797	93351
	2	41.94	26.55	6.7978	52731
	3	–	–	–	–

Πίνακας 23: Κλαδιά του είδους Nerium Oleander L.

ΦΥΤΟ	Κλαδί	Ύψος (cm)	Πλάτος(cm)	Βιομάζα(gr)	Εμβαδό (pixel)
13	1	47.34	26.73	9.6477	79871
	2	22.68	13.41	1.9930	14159
	3	14.04	13.50	1.1484	7119
14	1	21.96	24.03	5.8094	15873
	2	14.31	12.78	0.9694	7667
	3	7.56	10.71	0.7761	3037
15	1	39.51	30.87	9.7652	69588
	2	_	_	_	_
	3	_	_	_	_

Πίνακας 24: Κλαδιά του είδους Nerium Oleander L.

ΦΥΤΟ	Κλαδί	Ύψος (cm)	Πλάτος(cm)	Βιομάζα(gr)	Εμβαδό (pixel)
16	1	43.83	33.21	19.6459	67414
	2	23.76	16.20	3.0595	21329
	3	–	–	–	–
17	1	40.59	36.69	11.9136	67414
	2	28.26	13.23	1.2462	21329
	3	–	–	–	–
18	1	38.43	39.96	15.6661	67414
	2	20.97	15.39	1.6010	21329
	3	_	_	_	–

Πίνακας 23: Τελικές ξηρές βιομάζες των φυτών

ΦΥΤΟ	Φύλλα (gr)	Μίσχος (gr)	Ρίζα(gr)
1	30.2498	30.5934	20.1883
2	25.3024	19.7292	17.0507
3	35.3043	27.0733	20.7658
4	27.0690	14.4935	14.1433
5	13.2191	9.8811	16.3158
6	20.9797	15.6158	16.7710
7	39.1273	26.6877	23.4729
8	39.1542	24.2885	36.1920
9	46.9176	29.8115	49.2066
10	20.1505	19.8820	20.8721
11	32.1015	23.5904	29.8792
12	27.7264	18.5757	23.2324
13	27.6668	23.0957	26.9794
14	33.2407	22.3963	23.6734
15	18.6038	18.1759	15.2523
16	24.6728	16.6216	21.0439
17	24.1343	23.6313	27.3891
18	25.8903	19.0368	25.4858