

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών *Διαχείρισης και
Προστασίας Περιβάλλοντος*

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Διερεύνηση της επίδρασης κλιματικών παραμέτρων στην φαινολογία και στα ποιοτικά-μορφολογικά χαρακτηριστικά καρπών καλλιέργειας κερασιάς (*Prunus Avium* L.) σε οπωρώνες της Κύπρου

Δέσποινα Πίτσιλλου

Επιβλέπων Καθηγητής
Πέτρος Δάμος

Μάιος 2016

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών *Διαχείρισης και
Προστασίας Περιβάλλοντος*

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Διερεύνηση της επίδρασης κλιματικών παραμέτρων στην φαινολογία
και στα ποιοτικά-μορφολογικά χαρακτηριστικά καρπών καλλιέργειας
κερασιάς (*Prunus Avium* L.) σε οπωρώνες της Κύπρου

Δέσποινα Πίτσιλλου

Επιβλέπων Καθηγητής
Πέτρος Δάμος

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

Μάιος 2016

ΛΕΥΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας Μεταπτυχιακής διατριβής είναι η διερεύνηση της επίδρασης κλιματικών παραγόντων στην φαινολογία καλλιέργειας κερασιάς στην Κύπρο με έμφαση στο φαινολογικό στάδιο της άνθισης λόγω της σημαντικότητας του και τον καθοριστικό του ρόλο, ως προς την τελική παραγωγή. Έπειτα, γίνεται διερεύνηση της επίδρασης των κλιματικών παραμέτρων σε ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού, εξετάζοντας τρεις συγκεκριμένες ποικιλίες κερασιάς σε πλήρως τυχαιοποιημένο παραγοντικό πείραμα.

Ειδικότερα, γίνεται προσαρμογή μη γραμμικού μοντέλου πρόγνωσης του ποσοστού άνθισης τριών ποικιλιών κερασιάς (Bigarreau Burlat, Utah Giant, Bigarreau Ferbolus) ως συνάρτηση των αθροιστικών ημεροβαθμών με δεδομένα του 2013. Η αξιολόγηση του μοντέλου γίνεται με δεδομένα του 2014 και 2015. Επιπρόσθετα εξετάζεται η διάρκεια και ο χρόνος εμφάνισης βασικών φαινοφάσεων (εκφρασμένα σε ημέρες του έτους και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς) των τριών ποικιλιών κερασιάς και ελέγχονται οι μεταξύ τους διαφορές. Επίσης ελέγχονται οι μεταξύ των ποικιλιών διαφορές ως προς τον χρόνο εμφάνισης της πλήρους άνθισης καθώς και οι μεταξύ τους διαφορές ως προς το μέσο βάρος καρπού και της μέσης παραγωγής ανά δέντρο.

Από τα αποτελέσματα προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά στην μέση θερμοκρασία για το έτος 2014 συγκριτικά με τα έτη 2013 και 2015, ενώ όσον αφορά στην προσαρμογή μοντέλων πρόβλεψης της άνθισης τα αποτελέσματα παρουσίασαν πολύ καλή προσαρμοστικότητα του μοντέλου πρόβλεψης του φαινολογικού σταδίου της άνθισης για το έτος 2013, λιγότερη προσαρμοστικότητα για το έτος 2015 και μη ικανοποιητική προσαρμοστικότητα για το έτος 2014.

Η διάρκεια της ανθοφορίας σε ημέρες δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές ως προς την διάρκεια σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς, ενώ βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την διάρκεια του σταδίου σε ημέρες. Στα στάδια ανάπτυξης καρπού και το στάδιο ωρίμανσης φρούτων και σπόρων οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ήταν σημαντικές τόσο εξετάζοντας την διάρκεια σε ημέρες αλλά και την αντίστοιχη διάρκεια σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς. Η ημέρα του έτους όπου πραγματοποιείται τουλάχιστον το 50% της ανθοφορίας μεταξύ των ποικιλιών διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ποικιλιών, όπως επίσης και το μέσο βάρος καρπού διέφερε. Η μέση παραγωγή ανά δέντρο μεταξύ των ποικιλιών για το σύνολο των ετών 2013, 2014, 2015 δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά.

Summary

The aim of the current Master Thesis is to investigate the effect of climatic factors on phenological stages of sweet cherry crops in Cyprus emphasizing on phenological stage of blooming due to its importance and essential role to final yield production. Furthermore, we take into consideration the effect of climatic parameters on quality characteristics of three cherry varieties in a complete randomized factorial design.

In particular a non-linear prediction model is fitted to describe cumulative blooming percentage of three cherry varieties (Bigarreau Burlat, Utah Giant, Bigarreau Ferbolus) as a function of cumulative degree-days using observation data from 2013. Models validation was performed using observation data from years 2014 and 2015. In addition we checked for differences between the tree cherry varieties regarding the duration and onset of key phenophases (expressed as days of the year and as cumulative degree-days). Differences regarding the onset of full flowering, average fruit weight and average production per tree, between cherry varieties, was also tested.

The results showed a statistically significant difference in the average temperatures recorded during 2014 compared with 2013 and 2015. Regarding the development of blooming prediction models, the results showed that the fitted models for each variety describe fairly well the relationship for the year 2013, well for the year 2015 and poor for the year 2015.

The duration of flowering showed no significant differences expressed as cumulative degree-days, but statistically significant differences occurred in flowering duration expressed in days. In fruit development stage and fruit maturity and seed stage, the differences between varieties were statistically significant both for the duration in days and also for the corresponding duration in cumulative degree days. The day of the year where at least 50% of flowering occurred showed significant differences between cherry varieties, as well as the average fruit weight. As fast as the average production per tree for the years 2013, 2014, and 2015 is concerned, no significant differences occurred between cherry varieties.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διατριβή, εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος» της σχολής Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου (ΑΠΚΥ) με σκοπό την διερεύνηση της επίδρασης κλιματικών παραμέτρων στην φαινολογία και στα ποιοτικά-μορφολογικά χαρακτηριστικά καρπών καλλιέργειας κερασιάς (*Prunus Avium* L.) σε οπωρώνες της Κύπρου. Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες στον επιβλέπων καθηγητή μου Δρ. Δάμο Πέτρο, για την επιστημονική καθοδήγηση και τις πολύτιμες υποδείξεις καθόλη την διάρκεια της συγγραφής της διατριβής μου.

Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω την αγαπητή συνάδελφο κα. Ιωαννίδου Σωτηρούλλα, Λειτουργό Γεωργικών Ερευνών του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών (ΙΓΕ), για τις πολύτιμες γνώσεις και υποδείξεις που αφειδώς μου προσφέρει στα πλαίσια της εργασίας μας στον κλάδο Δενδροκομίας του ΙΓΕ.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους γονείς μου Απόστολο και Ελένη, καθώς και τον σύζυγο μου Τάσο, για την τεράστια υπομονή και στήριξη τους, καθόλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Σε όλους αυτούς, εκφράζω από καρδιάς τις ευχαριστίες μου και τους αφιερώνω την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή.

Δέσποινα Πίτσιλλου

Μάιος, 2016

Περιεχόμενα

1	Κεφάλαιο Πρώτο - Εισαγωγή.....	1
1.1	Γενική περιγραφή του θέματος.....	1
1.2	Καταγραφή προβλήματος	4
1.3	Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης	5
1.4	Σκοποί και στόχοι.....	6
1.5	Προσδιορισμός και διατύπωση των κεντρικών εννοιών	7
2	Κεφάλαιο Δεύτερο - Βιβλιογραφική ανασκόπηση	9
2.1	Η περίπτωση της Κερασιάς (<i>Prunus Avium</i>)	9
2.2	Κλιματικές Απαιτήσεις Κερασιάς και Γεωγραφική Εξάπλωση	14
2.2.1	Ανάγκες σε ψύχος	18
2.2.2	Υφιστάμενη κατάσταση στον κόσμο	20
2.2.3	Υφιστάμενη κατάσταση στην Κύπρο	24
2.3	Οικονομική σημασία στον πρωτογενή τομέα της Κύπρου.....	26
2.4	Φαινολογία	28
2.4.1	Γενικά - Ιστορική αναδρομή	29
2.4.2	Η επιστήμη της φαινολογίας στη Γεωργία.....	30
2.4.3	Παράγοντες που επηρεάζουν την φαινολογία	31
2.4.4	Φαινολογικές παρατηρήσεις και φαινολογικά στάδια	32
2.4.5	Η Κλίμακα BBCH	35
2.5	Φαινολογία και κλιματική αλλαγή.....	39
2.6	Η Φαινολογία της κερασιάς	41
2.7	Επίδραση κλιματικών παραμέτρων στην ανάπτυξη και εξέλιξη της κερασιάς	42
2.7.1	Θερμοκρασία	43
2.7.2	Θερμοκρασία και ανάπτυξη	44
2.7.3	Λήθαργος.....	44
2.7.4	Ανάπτυξη φύλλων, επιμήκυνση και επέκταση	46
2.7.5	Παγετοί	47
2.7.6	Συσσωρευμένο ψύχος	49
2.8	Μοντέλα συσσωρευμένου ψύχους	50
2.8.1	Ώρες ψύχους.....	50
2.9	Growing degrees	52

2.10	Ο Χρόνος άνθισης.....	56
2.11	Σύνοψη ευρημάτων-Συμπεράσματα	55
3	Κεφάλαιο Τρίτο – Μεθοδολογία.....	61
3.1	Σκοπός - Στόχοι και Ερευνητικά ερωτήματα.....	61
3.2	Περιοχή μελέτης και Πειραματικό τεμάχιο.....	63
3.2.1	Πειραματικός Σχεδιασμός	64
3.2.2	Περιοχή Μελέτης	64
3.3	Οι υπό μελέτη ποικιλίες.....	67
3.3.1	Bigarreau Burlat	67
3.3.2	Utah Giant.....	69
3.3.3	Bigarreau Ferbolus (Verdel).....	69
3.4	Συλλογή και διαχείριση πειραματικών δεδομένων.....	70
3.4.1	Κλιματικά δεδομένα.....	70
3.4.2	Φαινολογικά δεδομένα Ποικιλιών.....	72
3.4.3	Ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα καρπών κερασιάς.....	75
3.5	Ανάλυση Δεδομένων.....	76
3.5.1	Βαθμομέρες και τρόπος υπολογισμού	76
3.5.2	Βαθμομέρες ψύξης chilling units τρόπος υπολογισμού.....	76
3.6	Παλινδρόμηση και Προσαρμογή Φαινολογικών μοντέλων.....	77
3.6.1	Εγκυρότητα και αξιολόγηση του μοντέλου.....	81
3.7	Ανάλυση Παραλλακτικότητας.....	82
4	Κεφάλαιο Τέταρτο – Αποτελέσματα.....	84
4.1	Διερεύνηση κλιματικών συνθηκών.....	84
4.2	Φαινολογία άνθισης-πειραματικά δεδομένα	89
4.3	Προσαρμογή φαινολογικού μοντέλου πρόβλεψης της άνθισης για κάθε ποικιλία	95
4.4	Έλεγχος αξιοπιστίας και προσαρμοστικότητα του μοντέλου.....	103
4.5	Διάρκεια βασικών φαινολογικών σταδίων σε ημέρες και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς	110
4.6	Έλεγχος για διαφορές στην διάρκεια βασικών φαινολογικών σταδίων μεταξύ ποικιλιών κερασιάς	117
4.7	Έλεγχος διαφορών μεταξύ των ποικιλιών στην εμφάνιση του 50% της άνθισης.....	125
4.8	Αθροιστικοί ημεροβαθμοί στην πλήρη άνθηση.....	127

4.9	Έλεγχος ύπαρξης διαφορών μεταξύ ποικιλιών κατά την έναρξη της άνθισης.....	129
4.10	Έλεγχος ύπαρξης διαφορών μεταξύ ποικιλιών στο μέσο βάρος καρπού.....	135
4.11	Έλεγχος ύπαρξης διαφορών μεταξύ ποικιλιών στην μέση παραγωγή ανά δέντρο	139
5	Κεφάλαιο Πέμπτο - Συζήτηση -Συμπεράσματα - Εισηγήσεις	144
5.1	Συζήτηση - Συμπεράσματα	144
5.2	Περιορισμοί της μελέτης.....	147
5.3	Εισηγήσεις	149
	Βιβλιογραφία	150

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται η γενική ιδέα και το θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο κινείται η διατριβή. Γίνεται αναφορά στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και της σύνδεσης του, με την φαινολογία των καλλιεργειών, καθώς η κλιματική αλλαγή έχει οδηγήσει σε αλλαγές στην φαινολογία των φυτών σε πολλά μέρη του κόσμου. Ιδιαίτερα στις δενδρώδεις καλλιέργειες όπου απαιτούν την συσσώρευση συνδυασμού μονάδων ψύχους καθώς και θερμότητας για την βέλτιστη απόδοση τους και καρποφορία, η επίδραση κλιματικών παραγόντων όπως της θερμοκρασίας έχει ιδιαίτερη σημασία. Εν κατακλείδι περιγράφεται το πρόβλημα, η αναγκαιότητα της μελέτης, οι στόχοι και οι σκοποί καθώς και η ερευνητική υπόθεση και τα αναμενόμενα αποτελέσματα από την μελέτη.

1.1 Γενική περιγραφή του Θέματος

Ένα από τα κύρια προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα σήμερα είναι η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή. Όπως ορίζει η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC), κλιματική αλλαγή νοείται η αλλαγή στην κατάσταση του κλίματος η οποία μπορεί να προσδιοριστεί από την αλλαγή στις μέσες τιμές μεταβλητών του κλίματος οι οποίες διαρκούν δεκαετίες ή και περισσότερο χρονικό διάστημα (IPCC, 2012).

Οι δενδρώδεις καλλιέργειες αποτελούν ένα μεγάλο κεφάλαιο της γεωργίας που επηρεάζεται από την κλιματική αλλαγή. Στις δενδρώδεις καλλιέργειες ανήκει μεγάλη ποικιλία πολυετών φυτών που τα εκμεταλλεύεται ο άνθρωπος για παραγωγή καρπών. Ανάλογα με την μορφή ανάπτυξης τους τα καρποφόρα είδη φυτών διακρίνονται σε καρποφόρα δέντρα και καρποφόρους θάμνους. Τα καρποφόρα δέντρα διαμορφώνονται σε δενδρώδη μορφή και παράγουν είτε νωπούς (οπωροφόρα) είτε

ξηρούς καρπούς (ακρόδρυα), ενώ στα μικρά οπωροφόρα (καρποφόροι θάμνοι) ανήκουν ορισμένα είδη όπως το αμπέλι και το ακτινίδιο και έχουν την τάση να αναπτύσσονται σε θαμνώδη οροφή (αναρριχούνται) και να δίνουν νωπούς καρπούς. Τα οπωροφόρα δέντρα και θάμνοι καλλιεργούνται σε διάφορες περιοχές του κόσμου εκεί που εδαφοκλιματικές συνθήκες το ευνοούν ανεξαρτήτως τόπου καταγωγής. Το κλίμα και κυρίως η θερμοκρασία της περιοχής είναι καθοριστικός παράγοντας για την γεωγραφική εξάπλωση των δενδρωδών καλλιεργειών. Το κλίμα είναι αυτό που θα καθορίσει τις ζώνες που μπορούν να επιζήσουν τα είδη καθώς και τις περιοχές όπου οι καλλιέργειες μπορούν να αποδώσουν και να δώσουν το βέλτιστο όφελος οικονομικό και ποιοτικό.

Τα καρποφόρα δέντρα τα οποία προέρχονται από κλίματα με κρύους χειμώνες, εισέρχονται σε λήθαργο κατά την διάρκεια του χειμώνα δίνοντας έτσι την δυνατότητα να αντέξουν τις θερμοκρασίες ψύχους στο φυσικό τους περιβάλλον (Vegis, 1964). Κατά την διάρκεια του ληθάργου, η ορατή ανάπτυξη του δέντρου αναστέλλεται (Samish, 1954) και όλες οι φυσιολογικές διεργασίες σταματούν ή επιβραδύνονται. Θα πρέπει να επανενεργοποιηθούν κατά την άνοιξη όπου τα δέντρα θα παράξουν φύλλα και άνθοι και τελικά θα αποδώσουν καρπούς (Samish, 1954). Προκειμένου να αποφευχθούν ζημιές από παγετό, είναι ζωτικής σημασίας για το δέντρο να επαναφέρει την διαδικασία ανάπτυξης όταν η περίοδος των χαμηλών θερμοκρασιών έχει τελειώσει. Για τον προσδιορισμό της χρονικής στιγμής όπου θα αρχίσει η διαδικασία ανάπτυξης του δέντρου μετά από την περάτωση του λήθαργου, τα δέντρα έχουν αναπτύξει μηχανισμούς για ανίχνευση των θερμοκρασιών και φαίνεται να είναι σε θέση να ολοκληρώνουν την διαδικασία ανάπτυξης μέσα από φάσεις κρύων και ζεστών θερμοκρασιών (Vegis, 1964). Με άλλα λόγια μπορούν να αισθανθούν «πόσο καιρό ήταν πόσο κρύο» (ψύξη) και «πόσο καιρό ήταν πόσο ζεστό» (θερμότητα). Τα δέντρα πρέπει να καλύψουν τις απαιτήσεις τους σε ψύξη και θέρμανση προκειμένου να εξέλθουν από τον λήθαργο (Samish, 1954, Vegis, 1964, Saure, 1985 & Campoy et al., 2011). Οι δύο αυτές απαιτήσεις είναι προσαρμοσμένες σε ένα συγκεκριμένο καθεστώς για το κλίμα. Θα πρέπει να εργαστούν μαζί, για να εξασφαλιστεί ότι ο λήθαργος έχει παρέλθει αρκετά αργά, ούτως ώστε να συγκρατήσει τα δέντρα από το να αρχίσουν την ανάπτυξη τους κατά την διάρκεια του χειμώνα. Από την άλλη πλευρά, η ανάπτυξη πρέπει να συνεχιστεί αρκετά νωρίς για να επιτρέψει στα δέντρα να ολοκληρώσουν τον ετήσιο αναπαραγωγικό τους κύκλο, πριν από την επόμενη χειμερινή περίοδο.

Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις κλιματικές απαιτήσεις η παραγωγική καλλιέργεια κάθε ποικιλίας και είδους δέντρου προορίζεται για ορισμένες αγροκλιματικές ζώνες (Rumayor-Rodriguez, 1995). Έτσι η ορθή επιλογή της σωστής ποικιλίας δέντρου για συγκεκριμένο κλιματολογικό καθεστώς είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγικότητα και απόδοση του οπωρώνα. Ιδιαίτερα οι απαιτήσεις σε ψύχος είναι ζωτικής σημασίας ιδίως όταν καλλιεργούνται δέντρα σε περιοχές που είναι ουσιαστικά θερμότερες από τις περιοχές καταγωγής τους (Chandler, 1942). Αυτό ισχύει για ένα ευρύ φάσμα ειδών μεταξύ των οποίων και η κερασιά. Μέσα σε κάθε είδος, διαφορετικές ποικιλίες έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε ψύχος (Guerriero et al., 2010), καθώς και θερμότητας και ο εντοπισμός της κατάλληλης ποικιλίας είναι απαραίτητος για οποιονδήποτε που θα φυτεύσει δέντρα για εμπορική παραγωγή.

Οι απαιτήσεις σε ψύξη και θερμότητα είναι ειδικά χαρακτηριστικά για κάθε γονότυπο και διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην επιλογή των ποικιλιών καλλιέργειας για μια δεδομένη γεωγραφική περιοχή (Bassi et al., 2006). Επιπλέον, οι θερμοκρασιακές απαιτήσεις κάθε ποικιλίας και ο βαθμός που αυτές θα εκπληρωθούν για μια κλιματική περιοχή, θα επηρεάζουν την ανθική εξέλιξη, την επικονίαση και γονιμοποίηση και τελικός την παραγωγή. Μια πρόωμη έναρξη της άνθισης για παράδειγμα μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική απώλεια της παραγωγής λόγω παγετού, ενώ η καθυστέρηση της άνθισης μπορεί να συμπέσει με ξηροθερμικές και μη ευνοϊκές συνθήκες επικονίασης και γονιμοποίησης. Επιπλέον, άστατες κλιματικές συνθήκες με εναλλαγή ψυχρών και θερμών διαστημάτων μπορεί να προκαλέσουν ακανόνιστη ανάπτυξη των ανθέων. Κατά συνέπεια, ο λήθαργος και η ομαλή περάτωση του είναι μια σημαντική παράμετρος που σε συνδυασμό με ευνοϊκές θερμοκρασιακές συνθήκες της άνοιξης μπορεί να επηρεάσει την τελική απόδοση των φυτών (Leida et al., 2012). Έτσι για μια επιτυχημένη παραγωγή, πρέπει να γίνεται διερεύνηση των κλιματικών συνθηκών ούτως ώστε, να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σε ψύχος και θερμοκρασίας σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία για την πραγμάτωση μιας ομαλής άνθισης στο διάστημα που πρέπει (Okie and Blackburn, 2011).

Η κλιματική αλλαγή είναι πιθανό να επηρεάσει την ψύξη, την ομαλή περάτωση του ληθάργου καθώς και τον χρόνο έλευσης των ευνοϊκών θερμοκρασιών και φαινολογικών σταδίων. Με τις παγκόσμιες θερμοκρασίες που αναμένεται να αυξηθούν και να φθάσουν μέχρι και τους 6°C με το τέλος του 21^{ου} αιώνα, συγκριτικά με τα προ-

βιομηχανικά επίπεδα (IPCC, 2007), είναι απίθανο να παραμείνει σταθερή, αυτή η αγροκλιματική μέτρηση (Else and Atkinson, 2010). Η παρατήρηση πρωίμησης και μη κανονικότητας στις ημερομηνίες άνθισης πολλών δέντρων υποδεικνύουν ότι οι διαδικασίες διακοπής του λήθαργου, πράγματι, αλλάζουν πιθανότατα ως απάντηση στην κλιματική αλλαγή (Guédon & Legave, 2008, Legave et al., 2009).

Ένας από τους καλύτερους βιο-δείκτες για την αλλαγή του κλίματος είναι η φαινολογία (Walther et al., 2002, Badeck et al., 2004 and Cleland et al., 2007), ο χρόνος που συμβαίνουν τα διάφορα φυσικά περιοδικά φαινόμενα όπως το ξεδίπλωμα των φύλλων, η ανθοφορία, η ωρίμανση του καρπού, ο αποχρωματισμός των φύλλων και η φυλλόπτωση. Η ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της φαινολογίας κατά την άνοιξη και της θερμοκρασίας του αέρα στις εύκρατες περιοχές επιτρέπει παρατηρούμενες αλλαγές στην φαινολογία να σχετίζονται με τις μεταβολές της θερμοκρασίας (Sparks and Carey, 1995, Menzel and Fabian, 1999 and Menzel et al., 2006).

1.2 Καταγραφή προβλήματος

Στις προσεχείς δεκαετίες, εκτιμάται ότι η αλλαγή του κλίματος θα επηρεάσει τον τομέα της γεωργίας τόσο στην Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και στον υπόλοιπο κόσμο. Ως εκ τούτου η παγκόσμια εγρήγορση για το θέμα αυτό εντείνεται καθώς οι ενδείξεις για τη σοβαρότητα των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής γίνονται όλο και πιο ανησυχητικές. Ως αποτέλεσμα των κλιματικών μεταβολών η αγροτική παραγωγή διατρέχει κινδύνους, λόγω της απώλειας καλλιεργήσιμης γης, των μικρότερων καλλιεργητικών περιόδων και της αβεβαιότητας σχετικά με το είδος και το χρόνο εγκατάστασης συγκεκριμένων καλλιεργειών.

Οι επιπτώσεις της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, συνδέονται κυρίως με την άυξηση της θερμοκρασίας του αέρα και είναι ήδη εμφανής σε διάφορα βιολογικά συστήματα (Parmesan and Yohe, 2003, Root et al., 2003, Rosenzweig et al., 2008, IPCC, 2013).

Πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί προκειμένου να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις καλλιέργειες, παρόλα αυτά, η προσπάθεια αυτή εξακολουθεί και σήμερα να χαρακτηρίζεται από δυσκολίες, λόγω της πολυπλοκότητας στην ερμηνεία των φυσιολογικών λειτουργιών του φυτού κάτω από διαφορετικές μελλοντικές βιοτικές και αβιοτικές συνθήκες.

Είναι σαφές ότι θερμοκρασιακές συνθήκες σε συνδυασμό με τις θερμικές απαιτήσεις ενός είδους επηρεάζουν τον χρόνο άνθησης και κατ' επέκταση την επιτυχία στην επικονίαση, γονιμοποίηση και καρπόδεση. Κατ'επέκταση και στις δενδρώδεις καλλιέργειες η αδυναμία ικανοποίησης των κλιματικών απαιτήσεων τους, μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες για τους καλλιεργητές επειδή οι οπωρώνες πρέπει να παραμείνουν παραγωγικοί κατά την διάρκεια αρκετών δεκαετιών για την απόσβεση των επενδύσεων που απαιτούνται για την δημιουργία τους (Luedeling et al., 2009).

1.3 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης

Όπως έχει αναφερθεί, ένας από τους τομείς που επηρεάζονται ιδιαίτερα από την κλιματική αλλαγή είναι ο τομέας της γεωργίας αφού ο κύκλος ζωής των φυτών και των ζώων, συσχετίζεται σημαντικά με τις καιρικές συνθήκες. Κατά συνέπεια η κατανόηση του βαθμού της επίδρασης και των επιπτώσεων στην γεωργία και ειδικότερα στην ανάπτυξη καλλιεργειών, είναι μεγάλης σημασίας για την χάραξη πολιτικής και την διασφάλιση της βιωσιμότητας του γεωργικού τομέα. Οι κλιματικές αλλαγές αποτελούν μεγάλη πρόκληση τόσο για τους γεωργούς όσο και για τους αρμόδιους διαχείρισης των φυσικών πόρων.

Η πρόγνωση του χρόνου εμφάνισης των φαινολογικών σταδίων και η κατανόηση της μεταβλητότητας τους μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην εύρεση των κατάλληλων ποικιλιών για καλλιέργεια, καθώς και τις γεωγραφικές περιοχές με τις βέλτιστες συνθήκες για την ανάπτυξή τους. Μακροπρόθεσμα, θα συμβάλουν στη σταθεροποίηση της απόδοσης και ποιότητας των καλλιεργειών, παρέχοντας τους χρόνους για έγκαιρη άρδευση λίπανση και φυτοπροστασία με αποτέλεσμα την βελτιωμένη και αειφόρο διαχείριση των καλλιεργειών.

Αποτελέσματα από μελέτες υποδεικνύουν την αναγκαιότητα ανάπτυξης φαινολογικών μοντέλων, προκειμένου να εκτιμηθεί ο αντίκτυπος της αλλαγής του κλίματος στην ανάπτυξη των φυτών σε διαφορετικές περιοχές του κόσμου (Chmielewski, Müller and Bruns, 2004). Πολλές δημοσιεύσεις επικεντρώνονται σε αλλαγές στην φυσική βλάστηση, αλλά μόνο μερικές μελέτες σχετίζονται με τις τάσεις της γεωργίας και ανθοκομίας (Shelling, 2000). Παρόλα αυτά οι αλλαγές στον χρόνο των φαινοφάσεων των δενδρωδών

καλλιεργειών θα μπορούσαν να είναι μεγάλη οικονομικής σημασίας αφού έχουν άμεσες επιπτώσεις στην διαδικασία μορφοποίησης της παραγωγής και επομένως στην τελική απόδοση παραγωγής (Chmielewski, Müller and Bruns, 2004).

Η γνώση του χρόνου εμφάνισης φαινοφάσεων ανά έτος καθώς και η μεταβλητότητα τους μπορεί να βοηθήσει στην βελτίωση της απόδοσης καλλιεργειών καθώς και στην βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Συνεπώς η φαινολογία και η ανάπτυξη φαινολογικών μοντέλων είναι απαραίτητη τόσο στην εφαρμοσμένη γεωπονία αλλά και σε επιστήμες του περιβάλλοντος.

Ως εκ τούτου η κατανόηση της φαινολογίας παρέχει όχι μόνο την αξιολόγηση σχετικά με την απόδοση και προσαρμογή των γονότυπων σε ορισμένες περιοχές καλλιέργειας, αλλά επιπρόσθετα προσφέρει αξιόπιστη πληροφόρηση για αναπαραγωγικό προγραμματισμό και καλύτερη οργάνωση των τεχνικών καλλιέργειας αλλά και την διαχείριση επιβλαβών οργανισμών καθώς και την προστασία κατά του παγετού με άμεσο αντίκτυπο στην κερδοφορία και βιωσιμότητα του παραγωγού.

1.4 Σκοποί και στόχοι

Σκοπός της διατριβής είναι η διερεύνηση και ο προσδιορισμός της επίδρασης κλιματικών παραμέτρων (θερμοκρασία του αέρα, αθροιστικοί ημεροβαθμοί) στα φαινολογικά στάδια (φαινοφάσεις) σε καλλιέργεια κερασιάς. Επιμέρους στόχοι είναι η ανάπτυξη, προσαρμογή και αξιολόγηση μοντέλων πρόβλεψης των φαινοφάσεων ποικιλιών κερασιάς με βάση τις αθροιστικές βαθμοημέρες καθώς και η διερεύνηση και προσδιορισμός της επίδρασης κλιματικών παραμέτρων στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών (π.χ. μέσο βάρος καρπού, συνολική παραγωγή) σε τρία συνεχή έτη. Ταυτόχρονα γίνεται έλεγχος διαφορών μεταξύ των υπό εξέταση ποικιλιών και εξετάζεται η ύπαρξη συσχετίσεων μεταξύ των κλιματικών παραμέτρων και των βιολογικών αποκρίσεων των υπό εξέταση ποικιλιών.

Οι ερευνητικές υποθέσεις της διατριβής συνοψίζονται ως εξής:

- οι κλιματικές παράμετροι συσχετίζονται και επιδρούν, στα φαινολογικά στάδια της υπό μελέτη καλλιέργειας
- το φαινολογικό στάδιο της άνθισης εκφράζεται ως συνάρτηση των αθροιστικών βαθμοημέρων για κάθε ποικιλία ξεχωριστά

- οι υπό μελέτη ποικιλίες διάφέρουν ως προς τον χρόνο εμφάνισης και διάρκεια των φαινοφάσεων τους
- οι υπό μελέτη ποικιλίες διάφέρουν ως προς τον χρόνο ωρίμανσης καρπών και χρόνο συγκομιδής
- οι υπό μελέτη ποικιλίες διάφέρουν μορφολογικά και παραγωγικά (απόδοση)

Αναμενόμενα αποτελέσματα:

- η προσαρμογή μοντέλων πρόβλεψης του φαινολογικού σταδίου της άνθησης ως συνάρτηση των αθροιστικών ημεροβαθμών για κάθε υπό εξέταση ποικιλία
- διακρίβωση της ύπαρξης διαφορών στον χρόνο εμφάνισης και στην διάρκεια των φαινολογικών φάσεων μεταξύ των υπό μελέτη ποικιλιών
- διακρίβωση της ύπαρξης διαφορών μεταξύ των ποικιλιών σε μορφολογικό και παραγωγικό επίπεδο

1.5 Προσδιορισμός και διατύπωση των κεντρικών εννοιών

Δενδρώδεις Καλλιέργειες

Με τον όρο δενδρώδεις καλλιέργειες εννοούμε μια μεγάλη κατηγορία πολυετών φυτών, τα οποία εκμεταλλεύεται ο άνθρωπος για παραγωγή καρπών, όπου διακρίνονται σε καρποφόρα δένδρα και καρποφόρους θάμνους. Όπως προαναφέρθηκε, στην πρώτη ομάδα ανήκουν τα δέντρα που παράγουν νωπούς καρπούς (οπωροφόρα) ή ξηρούς καρπούς (ακρόδρυα) και στη δεύτερη τα φυτικά είδη, όπως το αμπέλι. Όσον αφορά τα οπωροφόρα δέντρα είναι ξυλώδη φυτά με μεγάλο μέγεθος και ζουν συνήθως λιγότερα ή περισσότερα έτη ανάλογα με το είδος. Τα περισσότερα δέντρα αφού περάσουν το στάδιο ανάπτυξης του και ενηλικιωθούν εισέρχονται σε αναπαραγωγικό στάδιο, όπου σχηματίζουν άνθη και καρπούς με σπέρματα κάθε χρόνο και μετά από ζωή πολλών ετών εξασθενούν προοδευτικά και πεθαίνουν.

Φαινολογία

Εξ ορισμού φαινολογία είναι «η μελέτη του χρόνου εκδήλωσης των επαναλαμβανόμενων βιολογικών γεγονότων και της συσχέτισης μεταξύ φάσεων των ίδιων ή διαφορετικών ειδών» (Lieth, 1974).

Φαινοφάση/Φαινολογικό στάδιο

Ένα παρατηρούμενο στάδιο ή φάση στον ετήσιο κύκλο ζωής ενός φυτού (ή ζώου) το οποίο μπορεί να ορίζεται από ένα σημείο έναρξης και λήξης.

Θερμοκρασία

Το μέτρο εκείνο με το οποίο προσδιορίζεται η "θερμική κατάσταση" των διαφόρων σωμάτων, ορίζεται ως το φυσικό μέγεθος που συνδέεται με την μέση κινητική ενέργεια των σωματιδίων ενός συστατικού, το οποίο και χαρακτηρίζει πόσο θερμό ή πόσο ψυχρό είναι αυτό. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας με τον όρο θερμοκρασία αναφερόμαστε στην θερμοκρασία του αέρα.

Ημεροβαθμοί (°D)

Μια μονάδα που συνδυάζει τον χρόνο και την θερμοκρασία, που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της ανάπτυξης ενός οργανισμού από το ένα στάδιο στο άλλο κατά τον κύκλο της ζωής του. Προσδιορίζεται με την σύγκριση κάποιας θερμοκρασίας βάσης.

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Η περίπτωση της Κερασιάς (*Prunus Avium*)

Η κερασιά ανήκει στην οικογένεια Rosaceae (υποοικογένεια Prunoideae) στο γένος *Prunus* L. και στο υπογένος *Cerasus Pers* (Olden and Nybom 2009). Όλες οι καλλιεργούμενες ποικιλίες κερασιάς ανήκουν στο είδος *Prunus avium* L.

- **Καταγωγή Διάδοση**

Κανείς δεν ξέρει να πει με σιγουριά για τον τόπο καταγωγής της κερασιάς. Θεωρείται ότι κατάγεται από την περιοχή του Καυκάσου και τις γειτονικές περιοχές της Μ. Ασίας και στις περιοχές αυτές φαίνεται ότι διαδόθηκε με την βοήθεια των πτηνών στην Ευρώπη από πολύ παλιά. Ωστόσο, οι αρχαίοι Έλληνες πίστευαν ότι προερχόταν από τη Μικρά Ασία και πιο συγκεκριμένα από την πόλη της Κερασούντας (εξ' ου και το όνομα) στην Ανατολία της σημερινής Τουρκίας, κοντά στη Μαύρη Θάλασσα. Από εκεί τα πουλιά πιθανόν να μετέφεραν σπόρους στην Ευρώπη πολύ πριν κατοικηθεί από τον άνθρωπο.

Στην Ελλάδα η κερασιά καλλιεργήθηκε από τους προϊστορικούς χρόνους. Ο Θεόφραστος περιγράφει την καλλιέργεια της, στην Ελλάδα το 300π.χ. και ο Πλίνιος επίσης περιγράφει 10 ποικιλίες που καλλιεργούνταν στην Ιταλία. Από την Ιταλία μεταφέρθηκε στην Αγγλία περίπου τον 1^ο π.χ. αιώνα (Βασιλακάκης και Θέριος, 2001). Σύμφωνα με μια άλλη εκδοχή το όνομα της κερασιάς προέρχεται από τη λέξη “κεραία”, εξαιτίας της ορθόκλαδης διαμόρφωσης του δένδρου. Ο Θεόφραστος, ο αρχαίος χρονογράφος που κατέγραψε τα είδη των φυτών, αναφέρει ότι η κερασιά ευδοκίμει όπου και η φιλύρα (φλαμουριά) και περιέγραψε το κεράσι ως ένα “φρούτο χρώματος ερυθρού το οποίο έμοιαζε στο σχήμα με δίοσπυρο και στο μέγεθος με φασόλι (ΕΘΙΑΓΕ, 2011).

- **Χρησιμότητα**

Η κερασιά καλλιεργείται για τον πρώιμο και εκλεκτό καρπό της ο οποίος εμφανίζεται κάθε χρόνο από τους πρώτους καρπούς στην αγορά. Χρησιμοποιείται κυρίως ως νωπός καρπός και στη ζαχαροπλαστική μεταποιημένος σε σακχαρόπηκτα ή μέσα σε ποτά (Σφακιωτάκης, 1998).

- **Βιολογία**

Η κερασιά είναι δένδρο ορθόκλαδο με φλοιό λείο και γκριζωπό όπου η κόμη του ανοίγει προς τα επάνω όπου αναπτύσσεται πολύ και το ύψος της μπορεί να φθάσει τα 10-15 μέτρα. Τα φύλλα του είναι μεγάλα και ελλειψοειδή ενώ τα άνθη του είναι λευκά μεγάλα με μακρύ ποδίσκο και σχηματίζονται ανά 3-7 σε κάθε ανθοφόρο οφθαλμό. Ο καρπός είναι δρύπη με αποχρώσεις του κόκκινου και σάρκα τραγανή ή μαλακή.

- **Έδαφος**

Ως προς το έδαφος η κερασιά είναι απαιτητική και ευδοκμεί σε εδάφη αμμοπηλώδη, βαθιά που στραγγίζουν καλά, χωρίς πολύ ασβέστιο. Μπορεί να καλλιεργηθεί σε μεγάλο εύρος εδαφών από τα αμμοπηλώδη ως τα βαρεία, αλλά γενικά τα ελαφρότερα εδάφη είναι τα καταλληλότερα. Λόγω της ευαισθησίας της κερασιάς χρειάζεται εδάφη με καλή αποστράγγιση του εδάφους και το άριστο pH είναι 6-8. Οι πλαγιές των βουνών θεωρούνται ιδανικές περιοχές για καλλιέργεια κερασιάς γιατί χαρακτηρίζονται από καλή στράγγιση και υψηλή σχετική υγρασία το καλοκαίρι, ενώ τα δέντρα στις πλαγιές ανθίζουν κάπως αργά και δεν διατρέχουν κίνδυνο από τους παγετούς (Βασιλακάκης και Θέριος, 2001).

Επομένως για την καλλιέργεια κερασιάς τα εδάφη πρέπει να έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά (ΕΘΙΑΓΕ, 2011):

- ✓ Να είναι βαθιά πηλώδη, πηλοαμμώδη, αμμοπηλώδη ή χαλικώδη, καθώς και τα αργιλώδη κοκκινοχώματα με καλή υφή (ικανοποιητική περιεκτικότητα σε άμμο ή χονδρόκοκκο υλικό).
- ✓ Να κρατούν υγρασία, αλλά να στραγγίζουν καλά και γρήγορα.
- ✓ Πρέπει να αρδεύονται.
- ✓ Να αποφεύγονται τα ρηχά, ξηρά, σφιχτά και ασβεστούχα εδάφη.
- ✓ Το pH του εδάφους θα πρέπει να κυμαίνεται από 6 έως 7,5.

- ✓ Η υπόγεια στάθμη του νερού κατά τους χειμερινούς μήνες δεν πρέπει να ξεπερνά το 1 - 1,5 μέτρο βάθος.

- **Κλίμα**

Έχει παρατηρηθεί ότι καλής ποιότητας κεράσια παράγονται σε περιοχές με δροσερό καλοκαίρι. Περιοχές με αρκετές βροχοπτώσεις κατά την χειμερινή περίοδο, δροσερό και ξηρό καλοκαίρι είναι ιδανικές για την καλλιέργεια της κερασιάς. Σε καλλιέργειες όπου η θερμοκρασία του καλοκαιριού κυμαίνεται γύρω στους 25 βαθμούς κελσίου όπως λόγω χάρη σε πλαγιές των βουνών, παράγονται καρποί εξαιρετικής ποιότητας (Βασιλακάκης, 2004).

- **Πολλαπλασιασμός**

Ο πολλαπλασιασμός της κερασιάς γίνεται με εμβολιασμό πάνω σε σπορόφυτα που λαμβάνονται από σπόρους κερασιάς ή από το μαχαλεπί. Η αγριοκερασιά (*mazzard*) προτιμάται σαν υποκείμενο για την κερασιά διότι δίνει δένδρα ζωηρά που ζουν πολλά χρόνια, αλλά καθυστερούν να μπουν σε καρποφορία σε σύγκριση με το *P.mahaleb*. Από την άλλη είναι υποκείμενο πιο ευαίσθητο σε υγρά και ασβεστώδη εδάφη σε σχέση με το *P.mahaleb* (Βασιλακάκης και Θέριος, 2001).

- **Φύτευση**

Για την εγκατάσταση ενός κερασεώνα χρειάζεται πριν την φύτευση να γίνει επιμελημένη κατεργασία του εδάφους σε μεγάλο βάθος. Η φύτευση γίνεται το φθινόπωρο ή στις αρχές της άνοιξης σε αποστάσεις 8-10 μέτρων για την κερασιά που είναι εμβολιασμένη σε υποκείμενο αγριοκερασιάς. Η κερασιά που είναι δένδρο αυτόσπειρο έχει ανάγκη επικονιαστών για να δέσει τους καρπούς της, γι αυτό σε ένα κερασεώνα φυτεύονται 2-3 ποικιλίες μαζί που είναι σταυροασυμβίβαστες και συνανθούν (Βασιλακάκης και Θέριος, 2001).

- **Παραγωγικότητα**

Η κερασιά επί του υποκειμένου *mazzard* αρχίζει να καρποφορεί τον 5^ο-6^ο χρόνο της ηλικίας του. Η παραγωγικότητα αυξάνεται μέχρι το 25^ο έτος και διατηρείται ως το 50^ο έτος και ζει γύρω στα 70 έτη. Σε ασθενέστερα υποκείμενα όπως το μαχαλεπί αρχίζει να καρποφορεί τον 4^ο χρόνο, αυξάνει την απόδοση του ως το 10^ο χρόνο και διατηρείται σταθερή ως τον 20^ο και κατόπιν μειώνεται σταδιακά. Τα δέντρα πάνω σε μαχαλεπί ζουν

50 χρόνια. Η απόδοση ανά δέντρο σε πλήρη παραγωγή μπορεί να φθάσει τα 100 κιλά (Βασιλακάκης και Θέριος, 2001).

- **Τρόπος καρποφορίας**

Τα κύρια καρποφόρα όργανα της κερασιάς είναι οι ανθοδέσμες ή ροζέτες, οι μικτοί βλαστοί (μήκους μεγαλύτερου των 25 εκατοστών) και τα λεπτοκλάδια (βλαστοί μήκους μέχρι 25 εκατοστά). Στην κερασιά η ροζέττα μπορεί να καρποφορεί μέχρι και 7 έτη. Οι νεαρές ροζέττες παράγουν περισσότερο και επιδιώκεται με το κλάδεμα η ανανέωση τους. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί της κερασιάς είναι ογκωδέστεροι από τους βλαστοφόρους και είναι σχήματος κωνικού, επιπλέον είναι πολυανθείς και παράγουν 1-3 άνθοι. Η διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών αρχίζει συνήθως μετά την συγκομιδή των καρπών και συνεχίζεται όλο το καλοκαίρι (Βασιλακάκης και Θέριος, 2001).

- **Κλάδευμα καρποφορίας**

Το κλάδευμα καρποφορίας στην κερασιά σε νεαρή ηλικία είναι περιορισμένο και συνίσταται κυρίως σε μερικές απαλείψεις πυκνών βλαστών. Όταν όμως τα δέντρα καρποφορήσουν για μερικά χρόνια, τότε πρέπει να εφαρμόζεται και κλάδευμα ανανέωσης διότι οι περισσότεροι και καλύτεροι καρποί παράγονται σε νεαρές ροζέττες. Επομένως σε δέντρα με πλήρη καρποφορία γίνεται αραίωμα βλαστών, καθώς και κλάδευμα ανανέωσης σε ξύλο ηλικίας 3-4 ετών. Οι ανανεώσεις μπορούν να γίνονται κάθε χρόνο ή κάθε 2-3 χρόνια. Με το κλάδευμα καρποφορίας επιδιώκεται η αραίωση της κόμης για να επιτυχάνεται καλός αερισμός και αποφυγή υψηλής σχετικής υγρασίας λόγω ευπάθειας του είδους στην μονιλία (Βασιλακάκης, 2004).

- **Σχίσσιμο κερασιών**

Το σχίσσιμο των κερασιών έχει αποδειχθεί ότι είναι ωσμωτικό φαινόμενο και οφείλεται στην απορρόφηση νερού μέσω του φλοιού του καρπού. Τα κεράσια μπορεί να αυξηθούν μέχρι και 10% σε όγκο κατά την διάρκεια της ωρίμανσης, λόγω ωσμωτικής απορρόφησης νερού από τον φλοιό, με βροχερό καιρό. Αυτή η ταχεία διόγκωση των ιστών προκαλεί τάνυση του φλοιού και τελικά σκίσιμο.

Οι παράγοντες που επιδρούν στην απορρόφηση του νερού μέσω του φλοιού του καρπού μπορεί να επηρεασθούν από υπερβολική διαπνοή, κληρονομικά

χαρακτηριστικά της ποικιλίας και τις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Υπάρχουν μεγάλες διαφορές, όσο αφορά το σχίσιμο των καρπών, μεταξύ των ποικιλιών κερασιάς και αυτό οφείλεται στην διαφορετική ταχύτητα απορρόφησης νερού (διαφορετική διαπερατότητα των επιδερμικών ιστών του καρπού) και στην διαφορετική ικανότητα τάνυσης των επιδερμικών ιστών (Βασιλακάκης και Θέριος, 2001). Αποτελεσματικότερος τρόπος για αποφυγή τέτοιων ζημιών είναι η επιλογή των κατάλληλων ποικιλιών όταν οι καιρικές συνθήκες είναι ευνοϊκές για το σχίσιμο.

- **Άρδευση**

Η κερασιά μπορεί να καλλιεργείται με λιγότερο νερό από τα άλλα φυλλοβόλα οπωροφόρα δένδρα. Η εδαφική υγρασία σε μερικές περιοχές είναι περιοριστικός παράγοντας και η άρδευση της είναι απαραίτητη. Ο αριθμός των αρδεύσεων καθορίζεται από το βάθος και τον τύπο του εδάφους, την ταχύτητα διαπνοής των δέντρων και την κατανομή της βροχόπτωσης. Οι βροχοπτώσεις κατά την περίοδο της άνθισης και κατά την περίοδο της συγκομιδής είναι ανεπιθύμητες, αφού στην πρώτη περίπτωση ευνοείται η ανάπτυξη της μονίλιας και παρεμποδίζεται το έργο της μέλισσας, ενώ στην δεύτερη περίπτωση ευνοείται το σχίσιμο των κερασιών (Βασιλακάκης, 2004).

- **Λίπανση**

Τα δέντρα πρέπει να προσλαμβάνουν από το έδαφος σημαντικές ποσότητες N, P, K, S, Ca και Mg, καθώς και πολύ μικρά ποσά Fe, B, Cu, Mn και Zn. Τα μακροστοιχεία στα οποία μπορεί να παρουσιαστεί έλλειψη είναι N, P, K. Το άζωτο (N) είναι το στοιχείο στο οποίο μπορεί να αντιδράσουν οι κερασιές. Περιπτώσεις έλλειψης καλίου (K) έχουν παρατηρηθεί με συστροφή των φύλλων προς την πάνω επιφάνεια και καψίματα. Αν το περιεχόμενο των φύλλων σε κάλιο είναι μικρότερο του 1% είναι πιθανό να παρατηρηθεί αντίδραση των δένδρων στην προσθήκη καλίου. Όσον αφορά τον φωσφόρο επικρατεί η άποψη ότι αυξάνει την συνοχή της σάρκας, επιταχύνει την ωρίμανση και βελτιώνει την ικανότητα διατήρησης των κερασιών. Η κριτική συγκέντρωση του φωσφόρου είναι 0,12% (Βασιλακάκης και Θέριος, 2001).

Μια συνταγή λίπανσης για δένδρα σε πλήρη καρποφορία θα μπορούσε να είναι: 8-10 μονάδες αζώτου (N), 8-10 μονάδες φωσφόρου (P₂O₅) και 10 μονάδες καλίου (K₂O) ανά στρέμμα (Βασιλακάκης, 2004).

- **Εχθροί και ασθένειες**

Τα έντομα που προκαλούν ζημιές είναι κυρίως η μύγα της Μεσογείου και η ραγολετίδα σε νότιες περιοχές και προκαλούν σκουλήκιασμα πάνω στην ωρίμανση του καρπού. Καταπολεμούνται με ψεκασμούς λίγο πριν την ωρίμανση με κατάλληλα εντομοκτόνα. Σοβαρές ζημιές προκαλούν και τα έντομα καπνώδης, τετράνυχος και αφίδες. Από τις ασθένειες οι πιο διαδεδομένες για την κερασιά και τα άλλα πηρυνόρπα είναι η μονίλια και το κορύννεο που καταπολεμούνται εύκολα με μυκητοκτόνους ψεκασμούς. Ζημιές προκαλεί επίσης και ο βακτηριακός καρκίνος που προκαλεί έλκη με κομμίωση στα κλαδιά του δένδρου και καταπολεμάται δύσκολα (Βασιλακάκης, 2004).

- **Συγκομιδή καρπού κερασιάς**

Όταν οι καιρικές συνθήκες είναι ευνοϊκές τότε η κερασιά παράγει πολλούς καρπούς. Τα κεράσια συγκομίζονται αφού πρώτα ωριμάσουν στο δένδρο και κριτήρια ωριμότητας είναι η ανάπτυξη του χρώματος και η περιεκτικότητα του καρπού σε στερεά διαλυτά (σάκχαρα). Στις πρώιμες ποικιλίες τα κεράσια ωριμάζουν ένα μήνα περίπου μετά την ανθοφορία, στο τέλος δηλαδή Μαΐου με αρχές Ιουνίου. Στη χώρα μας η συγκομιδή γίνεται με το χέρι, γι αυτό και η καλλιέργεια επιβαρύνεται με εργατικά ημερομίσθια. Λόγω του μικρού μεγέθους του καρπού και του ύψους των δένδρων η συγκομιδή με το χέρι είναι δύσκολη. Σε άλλες χώρες εφαρμόζεται με επιτυχία η μηχανική συγκομιδή με δονητές.

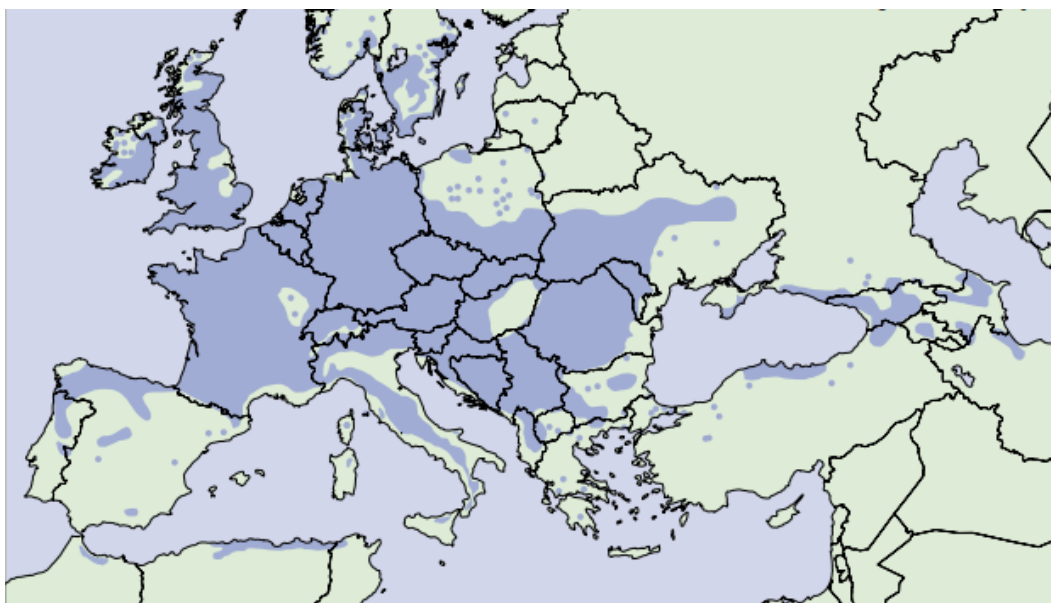
2.2 Κλιματικές Απαιτήσεις Κερασιάς και Γεωγραφική Εξάπλωση

Η κερασιά ευδοκιμεί σε υγρές και ψυχρές περιοχές, ιδιαίτερα σε υψίπεδα τα οποία δεν είναι παγετόπληκτα την άνοιξη και έχουν δροσερό καλοκαίρι. Η κεράσια είναι πολύ ευαίσθητη στο πολύ κρύο ή στον πολύ ζεστό καιρό. Ανθίζει την άνοιξη και παθαίνει ζημιές από πρώιμους ανοιξιάτικους παγετούς. Σε περιοχές με πολύ ζεστό καλοκαίρι οι ανθοφόροι οφθαλμοί εξελίσσονται ανώμαλα και παράγουν διπλά κεράσια. Η κερασιά ευδοκιμεί σε περιοχές με αρκετή υγρασία στον αέρα και στο έδαφος, είναι όμως ευαίσθητη στις πολλές βροχοπτώσεις την περίοδο της ανθοφορίας, γιατί εμποδίζεται η επικονίαση με τη βροχή και ευνοείται η ασθένεια μονίλια που καταστρέφει τα άνθη και

τους νεαρούς βλαστούς. Επιπρόσθετα οι βροχές κατά την περίοδο της ωρίμανσης των καρπών προκαλούν σχισίματα στους καρπούς (Βασιλακάκης και Θέριος, 2001).

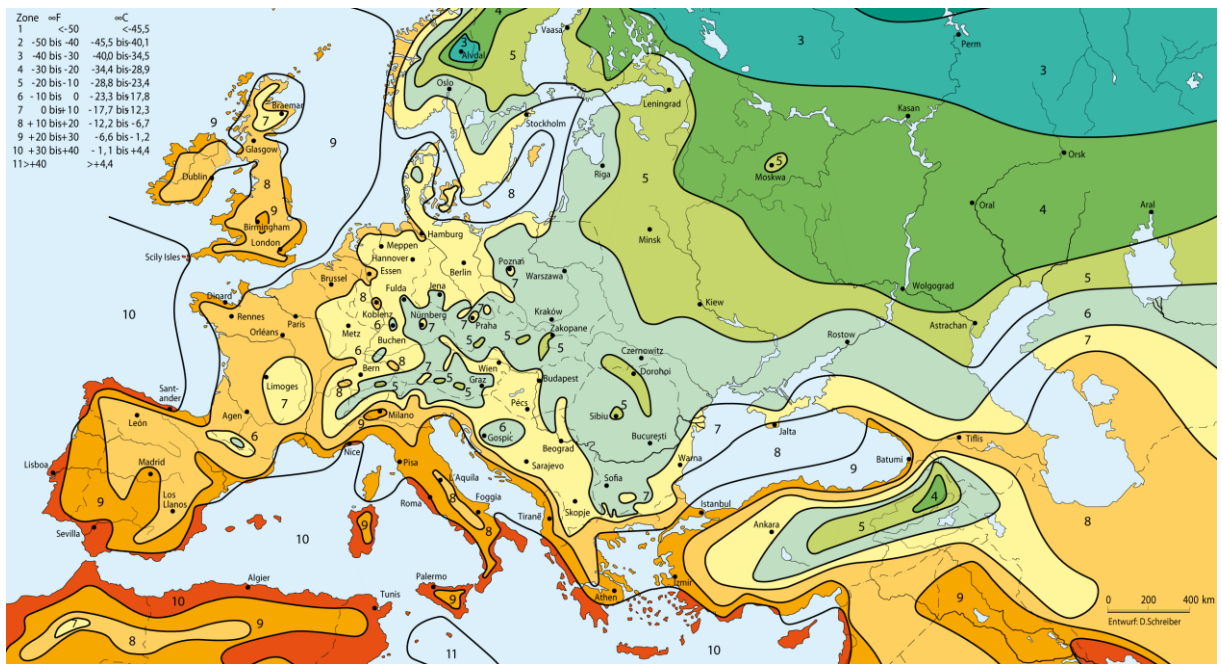
Κατάλληλες περιοχές για διάδοση της κερασιάς θεωρούνται ορεινές, κατά προτίμηση μέχρι υψόμετρο 800 μέτρων, ημιορεινές, λοφώδεις, πεδινές. Επιπλέον δεν πρέπει να είναι θύλακες παγετών και δεν πρέπει να έχουν υψηλή σχετική ατμοσφαιρική υγρασία κατά την περίοδο της άνθησης. Είναι πολύ σημαντικό να μην σημειώνονται συχνά βροχοπτώσεις κατά την περίοδο της άνθησης και της ωρίμασης του καρπού, όπως επίσης να αποφεύγονται οι περιοχές με βορινή έκθεση και να προτιμούνται οι ευάερες και ηλιόλουστες περιοχές με μεσημβρινή έκθεση (ΕΘΙΑΓΕ, 2011).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι φυσικές εκτάσεις εξάπλωσης της αγριοκερασιάς (*Prunus avium* L) περιλαμβάνουν τη δυτική Ευρασία και το βορειότερο τμήμα της Αφρικής (Αλγερία, Τυνησία, Μαρόκο). Το γεωγραφικό πλάτος της εξάπλωσής της κυμαίνεται από 30 ° έως 61° Β (εικόνα 2.2.1). Η κατανομή της είναι τυπικά διάσπαρτη και οι εκτεταμένοι φυσικοί πληθυσμοί γενικά είναι σπάνιοι λόγω της εξειδικευμένης βιολογίας της αναπαραγωγής (επικονίαση, φύτευση και διασπορά των σπόρων). Το μέγιστο υψόμετρο εξάπλωσης που καταγράφηκε είναι τα 1.900 μέτρα, στη Γαλλία (Russel, 2003).

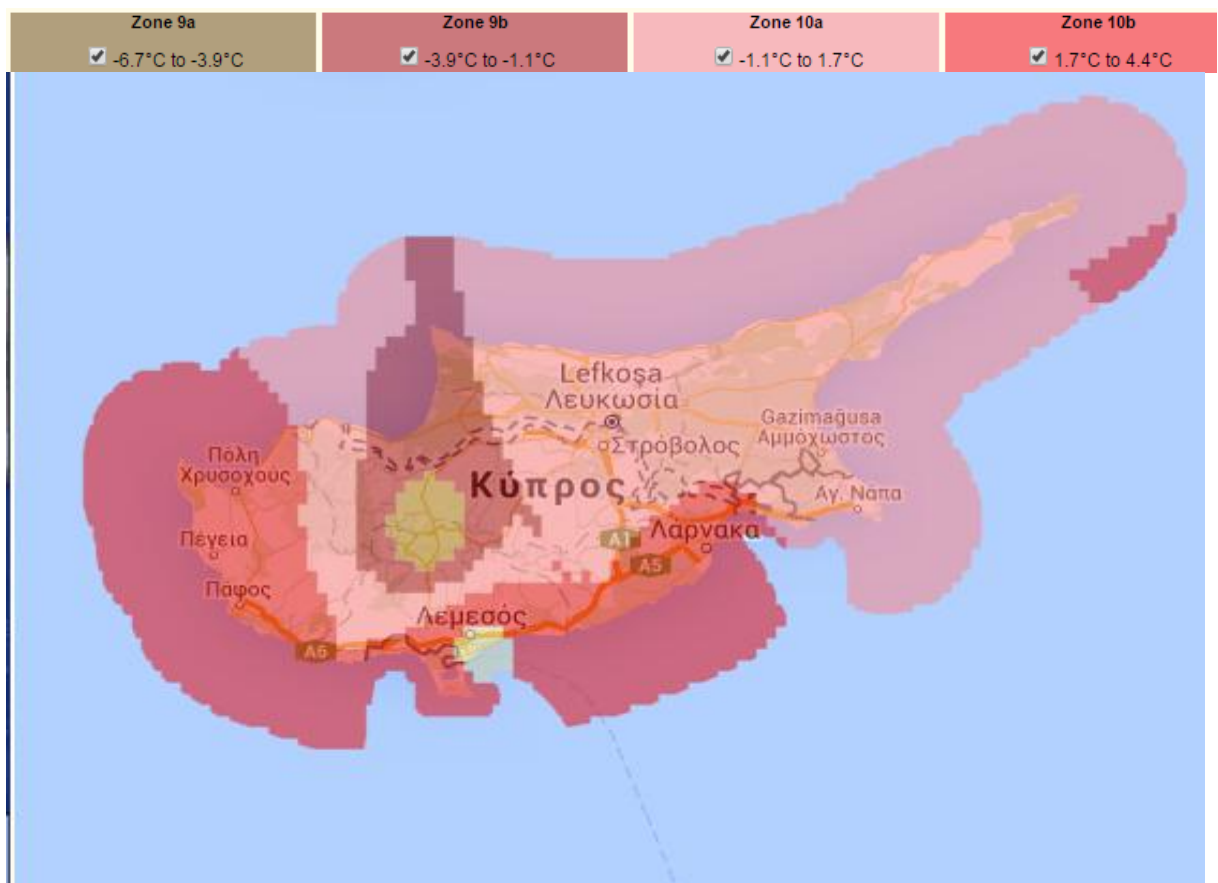


Εικόνα 2.2.1: Γεωγραφική Εξάπλωση της αγριοκερασιάς (*Prunus Avium* L.). (Πηγή: <http://www.euforgen.org/>)

Η ανάπτυξη και επιβίωση των περισσότερων επίγειων φυτών επηρεάζεται από ακραίες χαμηλές θερμοκρασίες (Woodward & Williams, 1987). Για παράδειγμα η κατανομή αείφυλλης πλατύφυλλης βλάστησης φαίνεται να έχει συσχέτιση με θερμοκρασίες κάτω των 15 °C (Woodward & Williams, 1987). Ένας δείκτης που χρησιμοποιείται συχνά για την επίδραση του κλίματος στην ανάπτυξη και επιβίωση των φυτών είναι οι ζώνες ανθεκτικότητας των φυτών. Οι ζώνες ανθεκτικότητας αναπτύχθηκαν από το Τμήμα Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής - National Arboretum (USDA-NA) και βασίζονται στην μέση ετήσια ακραία ελάχιστη θερμοκρασία (Cathey, 1990), ωστόσο υπάρχουν και άλλοι ορισμοί των ζωνών ανθεκτικότητας. Οι ζώνες ανθεκτικότητας αναπτύχθηκαν κυρίως για την διατύπωση προτάσεων φύτευσης πολυτετών φυτών (Cappiello & Littlefield, 1994; Cathey, 1990; McKenney et al., 2006), αλλά έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για ανάλυση φυτουγεινομικού κινδύνου, ως ένα δείκτης καθιερωμένης δυναμικής (Evans et al., 2007; Jefferson et al., 2004; Venette & Gould, 2006). Σκοπός αυτών των ζωνών ανθεκτικότητας είναι να προσδιορίσουν πόσο καλά τα φυτά θα αντέξουν τις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα σε αυτές τις ζώνες. Ο χάρτης ανθεκτικότητας φυτών στην Ευρώπη χωρίζεται σε έντεκα ζώνες που κυμαίνονται από μείον 45,6°C έως 4,4°C. Για να εξασφαλιστεί ότι ένα φυτό θα αντέξει σε μια περιοχή πρέπει να συγκριθεί η ζώνη ανθεκτικότητας της περιοχής με την ζώνης ανθεκτικότητας των φυτών. Σύμφωνα με τον χάρτη του USDA (εικόνα 2.2.2) η Κύπρος ανήκει στην ζώνη ανθεκτικότητας 10 (-1,1°C έως +4,4°C). Παρόλα αυτά αναλυτικότεροι χάρτες που αναπτύχθηκαν (εικόνα 2.2.3) κατατάσσουν τμήματα της Κύπρου σε ζώνες από 9b (-3,9°C έως -1,1°C), 10a (-1,1°C έως -1,7°C) και 10b (1,7°C έως 4,4°C). Ανάλογα με την ποικιλία η κερασιά μπορεί να ευδοκιμήσει σε κλιματικές ζώνες 4-10 νοουμένου ότι έχει καλύψει τις 800-1000 ώρες (ανάλογα με την ποικιλία) σε θερμοκρασίες κάτω των 7°C για την διακοπή του λήθαργου (Βασιλακάκης και Θέρσιος, 2001).



Εικόνα: 2.2.2. Χάρτης κλιματικών ζωνών (πηγή: USDA, <http://www.usda.gov/>)

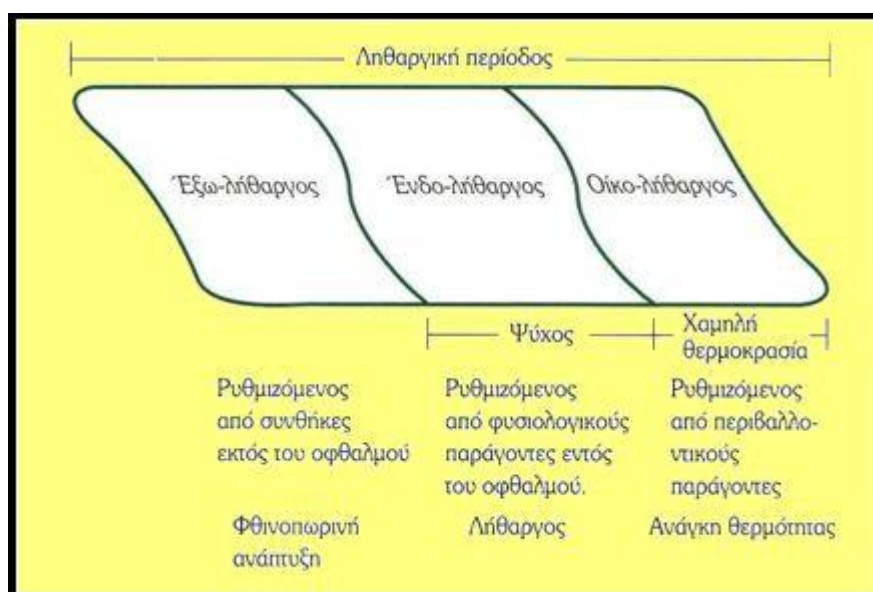


Εικόνα 2.2.3: Χάρτης Κλιματικών ζωνών της Κύπρου (Πηγή: <http://www.plantmaps.com>)

2.2.1 Ανάγκες σε ψύχος

Τέλη του φθινοπώρου τα καρποφόρα δέντρα εισέρχονται σε λήθαργο, σχηματίζοντας έτσι ληθαργούντες οφθαλμούς. Η άποψη, ότι η είσοδος των οφθαλμών σε λήθαργο προκαλείται από τη φωτοπερίοδο στα καρποφόρα δένδρα δεν ευσταθεί απόλυτα, όπως συμβαίνει με άλλα δένδρα (Wareing and Saunders, 1971). Κατά την διάρκεια της ληθαργικής περιόδου δε μπορεί να επαναπτυχθεί κανονική βλάστηση οποιασδήποτε και αν είναι οι εξωτερικές συνθήκες. Είναι βέβαιο όμως ότι τα καρποφόρα δένδρα δεν εισέρχονται ή εξέρχονται ξαφνικά από το λήθαργο.

Οι Lang et al. (1985) καθόρισαν τα στάδια του λήθαργου ως έξω-λήθαργο (το σταμάτημα της βλάστησης προκαλείται από φυσιολογικούς παράγοντες, που εμφανίζονται κάπου αλλού στο δένδρο), ως ενδο-λήθαργο (που έχει να κάνει με παράγοντες που απαντούν ενδογενώς στους οφθαλμούς των καρποφόρων δένδρων) και ως οίκο-λήθαργο (λήθαργος που εγκαθίσταται από μη ευνοϊκές συνθήκες) (εικόνα: 2.2.1.1).



Εικόνα 2.2.1.1: Ενοποιημένη ονοματολογία για τις διάφορες φάσεις του λήθαργου των καρποφόρων δέντρων. Η ονοματολογία προτάθηκε από τους Lang et al., (1985) και τμήματα που αφορούν τα καρποφόρα δέντρα καρποφόρα δέντρα παρουσιάζονται στην εικόνα αυτή.

Τα στάδια του λήθαργου δύσκολα διακρίνονται διότι δεν υπάρχει ένα καλό φυσιολογικό στάδιο που να οριοθετεί τις διάφορες περιόδους. Η ανάπτυξη των οφθαλμών κατά την διάρκεια του χειμώνα εξαρτάται από την ποικιλία. Εμπειρικά δεδομένα δείχνουν ότι μερικές ποικιλίες κερασιάς δεν αναπτύσσουν ή αναπτύσσουν

πολύ λίγο τους οφθαλμούς τους μετά από πιθανή συσσώρευση ψύχους (Brown and Kotob, 1957, Felker and Robitaille, 1985). Αναφέρεται ότι η μείωση της γύρης στην ροδακινιά έχει χρησιμοποιηθεί ως δείκτης του τέλους της ληθαργικής περιόδου, αλλά στην κερασιά η μείωση αυτή, δεν μπορεί να συσχετιστεί με το ψύχος (Felker and Robitaille, 1985). Είναι όμως βέβαιο ότι η χειμερινή ανάπτυξη δε λαμβάνει χώρα στους 15 βαθμούς κελσίου (Felker and Robitaille, 1985) και οι οφθαλμοί δεν είναι έτοιμοι να εκπτυχθούν κατά την άνοιξη. Βιοχημικά οι οφθαλμοί δεν εμφανίζουν ότι βρίσκονται σε λήθαργο. Το αναπνευστικό δυναμικό των οφθαλμών αυξάνει καθόλη τη διάρκεια του χειμώνα (Cole et al.,1982).

Οι Chandler et al. (1937) αναφέρουν, ότι η διακύμανση της θερμοκρασίας από 0-7,2 βαθμούς κελσίου ήταν η πιο αποτελεσματική για ψύξη. Ο Weinberger (1954) παρατήρησε, ότι οι διακοπτόμενες θερμές περιόδους εξουδετέρωναν την επίδραση του ψύχους. Οι Erez και Lavee (1971) ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν την ιδέα των μονάδων ψύχους, δια των οποίων λαμβάνεται υπόψη η διαφορετική επίδραση των διαφόρων θερμοκρασιών, στις οποίες οι οφθαλμοί είναι εκτεθειμένοι. Ο Richardson et al. (1974) βελτίωσαν την ιδέα των Erez και Lavee και ανέπτυξαν το μοντέλο των μονάδων ψύχους, το οποίο χρησιμοποιείται σήμερα ευρέως. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς τους (πίνακας: 2.2.1.1), οι θερμοκρασίες μεταξύ 2,5-9,1(°C) είναι αποτελεσματικές ως μονάδες ψύχους 1,5-2,4(°C) και 9,2-12,4 (°C) είναι κατά το ήμισυ αποτελεσματικές, και κάτω από 1,4(°C) ή μεταξύ 12,5-15,9(°C) είναι αναποτελεσματικές. Ανατροπή της επίδρασης τους ψύχους αρχίζει να λαμβάνει χώρα μερικώς πάνω από 16(°C) και κυρίως πάνω από 18 (°C). Με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου των μονάδων ψύχους, μπορεί κάποιος να υπολογίσει με μεγάλη ακρίβεια το χρόνο που τα δέντρα είναι ικανά να δώσουν βλάστηση ή το θερμικό καθεστώς που τα δέντρα έχουν απολύτως ανάγκη για να εκπτύξουν τους οφθαλμούς τους.

Στην παλαιότερη βιβλιογραφία, πριν από την ανάπτυξη της ιδέας των μονάδων ψύχους, οι ανάγκες σε ψύχος των δένδρων προσδιορίζονταν ως ώρες ψύχους. Στην πιο σύγχρονη βιβλιογραφία, όλες οι τιμές δίνονται ως μονάδες ψύχους, που είναι πιο ακριβείς.

Πίνακας 2.2.1.1: Μετατροπή των θερμοκρασιών, που καταγράφηκαν σε μονάδες ψύχους

Θερμοκρασία (°C)	Μονάδες ψύχους
1.4	0.0
1.5-2.4	0.5
2.5-9.1	1.0
9.2-12.4	0.5
12.5-15.9	0.0
16.0-18.0	-0.5
18.1-21.0	-1.0
21.0-23.0	-2.0

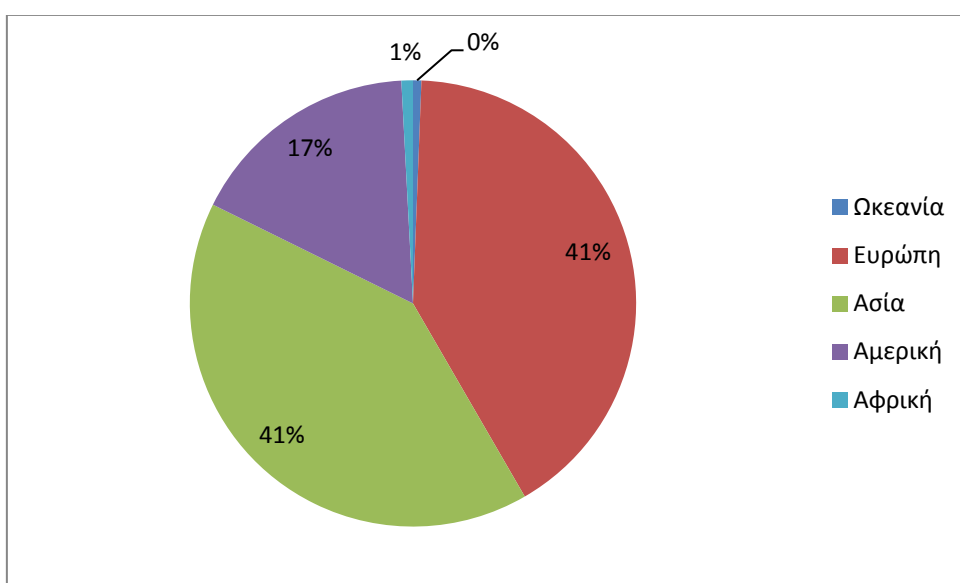
Πηγή: Richardson et. al. (1974).

Το ψύχος είναι απαραίτητο μόνο σε σχετικά θερμές περιοχές, όπου οι ψυχρές ώρες λαμβάνουν χώρα μόνο σε μικρό βαθμό. Συχνά περιοχές απαλλαγμένες από χειμωνιάτικες θερμοκρασίες παγετού έχουν επαρκές ψύχος, γιατί παρατηρούνται επαρκώς μεγάλες περίοδοι με θερμοκρασίες που διακυμαίνονται από 3-9 (°C). Οι ανάγκες σε ψύχος των διαφόρων ειδών καρποφόρων δένδρων διαφέρουν σημαντικά. Ακόμα και εντός ενός είδους η διακύμανση των αναγκών σε ψύχος είναι μεγάλη. Οι ανάγκες σε ψύχος για την κερασιάς κυμαίνονται από 800-1000 ώρες κάτω από 7°C (Βασιλακάκης και Θέριος, 2001).

Οι απαιτήσεις σε ψύχος καθώς και οι θερμικές ανάγκες πολλών ποικιλιών κερασιάς είναι ακόμη άγνωστες. Αν και οι μετρήσεις μονάδων ψύχους διαφέρουν μεταξύ των ερευνητών όσο και των καλλιεργητών, η σημασία του ψύχους αυξάνεται καθώς εξελίσσεται και προχωρεί η κλιματική αλλαγή. Καθώς οι καλλιεργητές και οι ερευνητές προσπαθούν να επεκτείνουν την παραγωγική έκταση πρέπει να κατανοήσουν τις απαιτήσεις ψύχους ανά ποικιλία σε νέες κλιματικές συνθήκες και τοποθεσίες για να εξασφαλίσουν επιτυχή παραγωγή. Διάφορα ανώτερα και κατώτερα όρια θερμοκρασιών για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή των βλαστών έχουν προταθεί. Αυτές οι θερμοκρασίες περιλαμβάνουν ένα εύρος θερμοκρασιών μεταξύ 41° και 50°F (5-10°C) (Sedgley & Griffin, 1989).

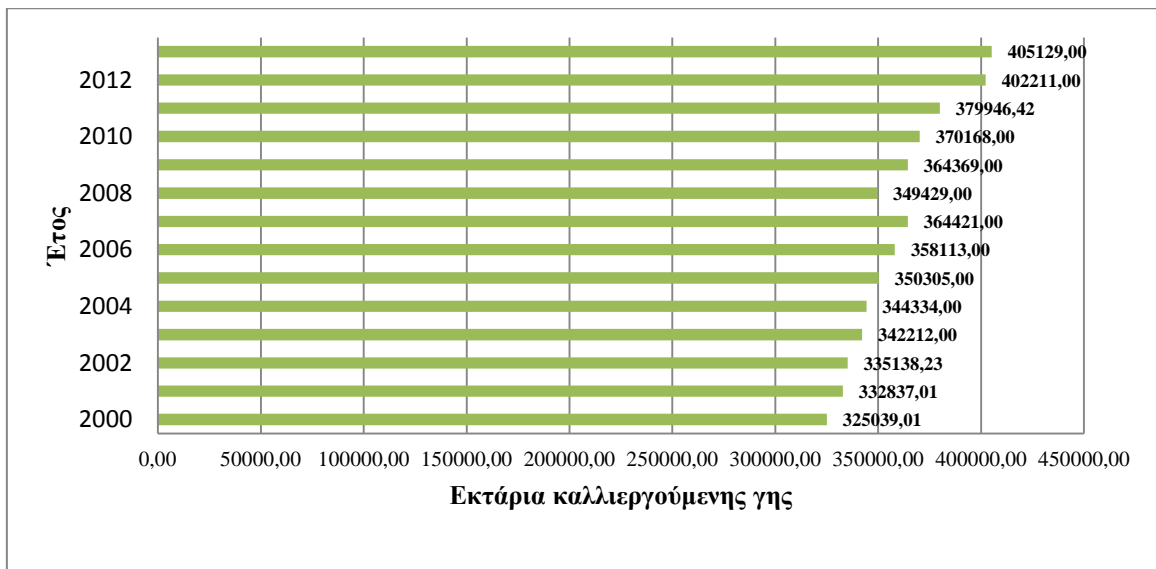
2.2.2 Υφιστάμενη κατάσταση στον κόσμο

Η κερασιά καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο αλλά η συντριπτική πλειοψηφία των καλλιεργούμενων εκτάσεων της βρίσκεται στο βόρειο ημισφαίριο. Βάσει στοιχείων της Διεθνούς Οργάνωσης Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), την μεγαλύτερη μέση παραγωγή κερασιών ανά έτος στο κόσμο κατά τα έτη 2010-2013 εμφανίζει η Ευρώπη με μερίδιο 41,04% της παγκόσμιας παραγωγής και ακολουθεί η Ασία με πολύ μικρή διαφορά με ποσοστό 40,65%. Ακολουθεί η Αμερική με 16,87% , ενώ ακολουθεί η Αφρική με πολύ μικρό ποσοστό της τάξης του 0,83% και τέλος η Ωκεανία με ποσοστό 0,60% της παγκόσμιας παραγωγής (Γράφημα 2.2.2.1).

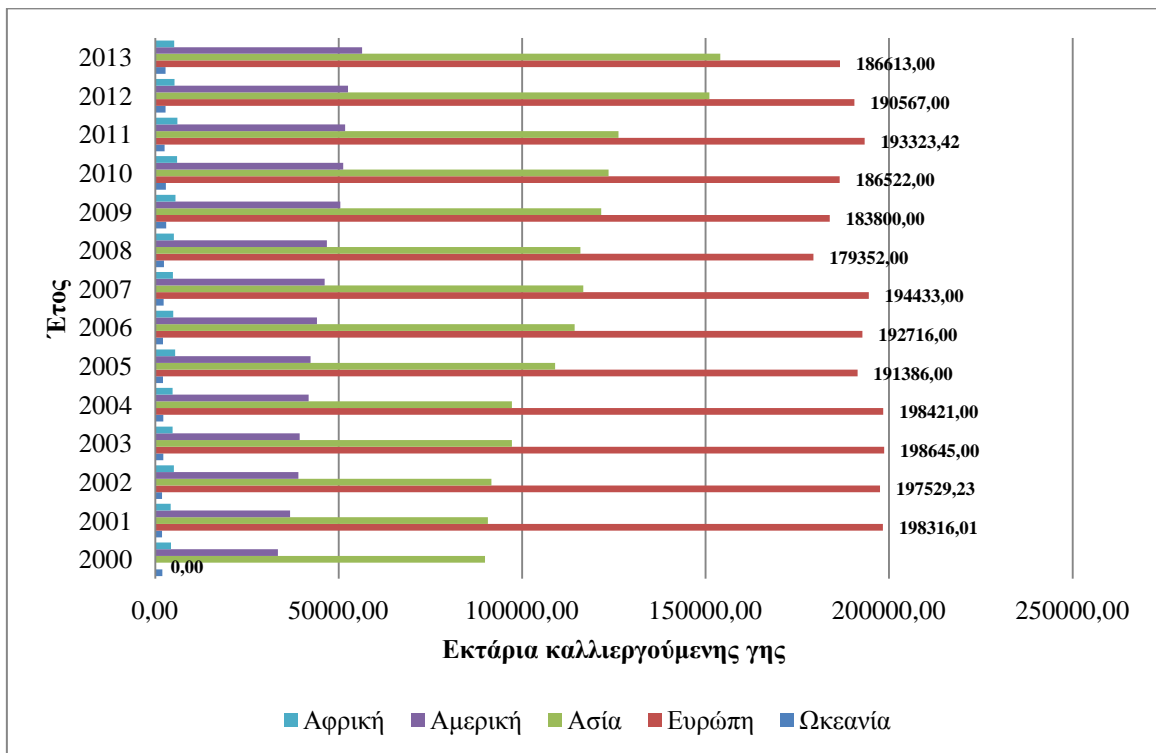


Γράφημα 2.2.2.1: Ποσοστιαία Παραγωγή Κερασιών κατά τα έτη 2000-2013.

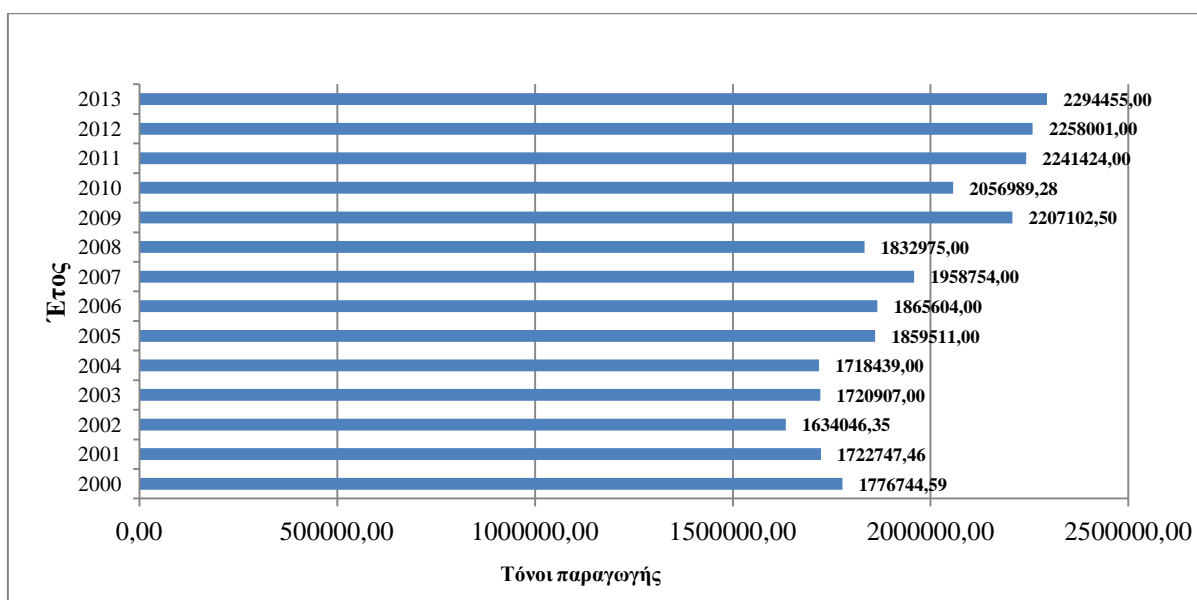
Η καλλιεργούμενη έκταση κερασιάς παγκοσμίως κατά τα έτη 2000-2013, κυμαίνεται από 325.039 έως 405.129 εκτάρια περίπου, με τάσεις ελαφρές ανόδου από έτος σε έτος (Γράφημα 2.2.2.2). Η αντίστοιχη καλλιεργούμενη έκταση στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), κυμαίνεται από 179.352 έως 198.645 εκτάρια περίπου, με τάσεις καθόδου (Γράφημα 2.2.2.3). Η παγκόσμια παραγωγή κερασιών κατά τα έτη 2000-2013, κυμαίνεται από 1.634.046,35 έως 2.294.455 τόνους περίπου (Γράφημα 2.2.2.4). Η αντίστοιχη παραγωγή, την ίδια περίοδο, στις χώρες της ΕΕ κυμαίνεται από 733.853 έως 884.709 τόνους περίπου.



Γράφημα 2.2.2.2: Καλλιεργούμενη έκταση κερασιών στον κόσμο



Γράφημα 2.2.2.3: Καλλιεργούμενη έκταση κερασιών στον κόσμο ανά περιοχή



Γράφημα 2.2.2.4: Παγκόσμια παραγωγή κερασιών στον κόσμο

Πρώτη χώρα στην παραγωγή κερασιών σύμφωνα με δεδομένα του 2013 κατατάσσεται η γειτονική μας Τουρκία με παραγωγή 494 χιλιάδες τόνους περίπου. Ακολουθούν οι ΗΠΑ, το Ιράν, η Ιταλία, το Ουζμπεκιστάν, η Ισπανία, η Χιλή, η Ουκρανία, η Ρουμανία, η Ρωσία, η Συρία και η Ελλάδα. Αμέσως μετά την Ελλάδα ακολουθεί η Πολωνία, η Αυστρία και η Γαλλία (πίνακας 2.2.2.1).

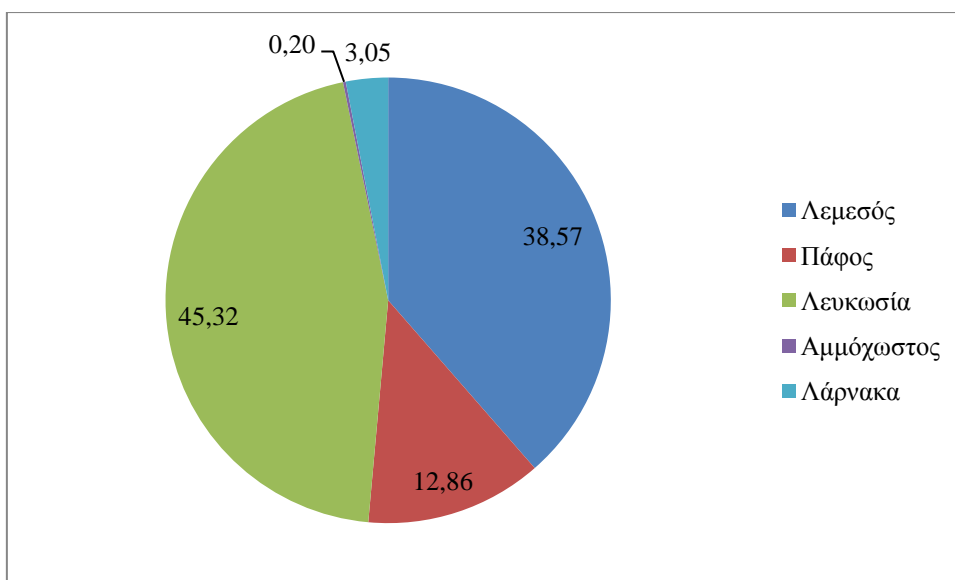
Μεγαλύτερες σε παραγωγή κερασιών χώρες κατά το 2013		
	Χώρα	Παραγωγή (τόνοι)
1	Τουρκία	494,325.00
2	ΗΠΑ	301,205.00
3	Ιράν	200,000.00
4	Ιταλία	131,175.00
5	Ουζμπεκιστάν	100,000.00
6	Ισπανία	97,200.00
7	Χιλή	90,703.00
8	Ουκρανία	81,200.00
9	Ρουμανία	80,477.00
10	Ρωσία	78,000.00
11	Συρία	62,372.00
12	Ελλάδα	58,200.00
13	Πολωνία	47,552.00

14	Αυστρία	41,430.00
15	Γαλλία	39,272.00

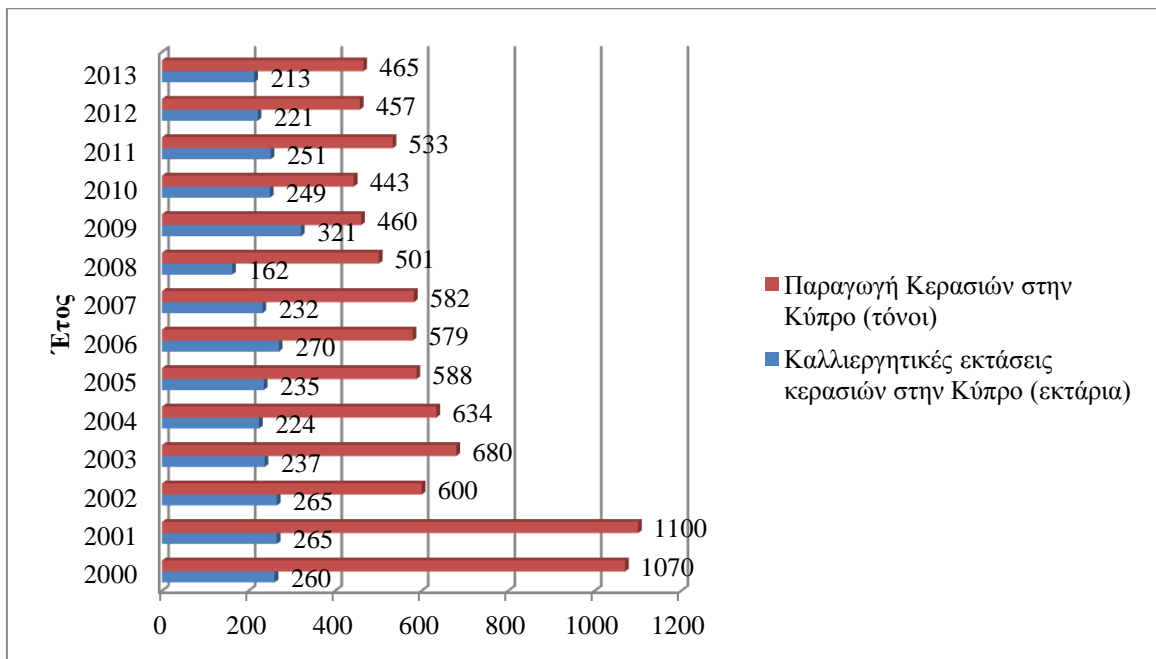
Πίνακας 2.2.2.1: Μεγαλύτερες σε παραγωγή κερασιών χώρες κατά το 2013

2.2.3 Υφιστάμενη κατάσταση στη Κύπρο

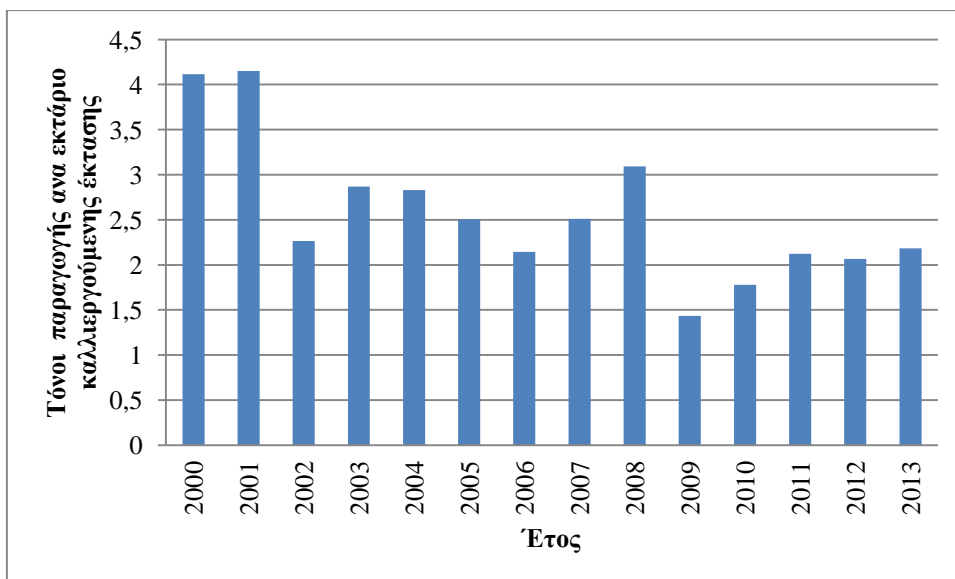
Σήμερα η κερασιά καλλιεργείται σε όλες τις επαρχίες της Κύπρου, σε εκτάσεις που πλησιάζουν τα 213 εκτάρια (2010), βάση στοιχείων της Στατιστικής Υπηρεσίας Κύπρου. Η καλλιεργούμενη έκταση κερασιάς στην Κύπρο κατά τα έτη 2010-2013, εμφανίζει τάσεις ελαφράς ανόδου ενώ η συνολική παραγωγή εμφανίζει τάσεις ελαφράς καθόδου. Από αυτές τις εκτάσεις το 45,32% περίπου βρίσκεται στην επαρχία Λευκωσίας, το 38,57% βρίσκεται στην επαρχία Λεμεσού, το 12,86% βρίσκεται στην επαρχία Πάφου, το 3,05% βρίσκεται στην επαρχία Λάρνακας ενώ το 0,2% βρίσκεται στην επαρχία Αμμοχώστου (Γράφημα 2.2.2.1). Η παραγωγή κερασιού κατά τα έτη 2000-2013, κυμαίνεται από 443 έως 1100 τόνους περίπου το χρόνο, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν κατά την περίοδο της ανθοφορίας και της ωρίμασης του καρπού (Γράφημα 2.2.2.2). Η μέση εκταρική απόδοση κερασιάς κατά τα έτη 2000-2013 κυμαίνεται από 1.433 έως 4.150 τόνους περίπου (Γράφημα 2.2.2.3) και η μέση ετήσια τιμή παραγωγών για τα έτη 2010-2013 από την πώληση του κερασιού είναι σχεδόν 3,6 € ανά κιλό, με ελαφρά καθοδική τάση από χρόνο σε χρόνο (Γράφημα 2.2.2.4).



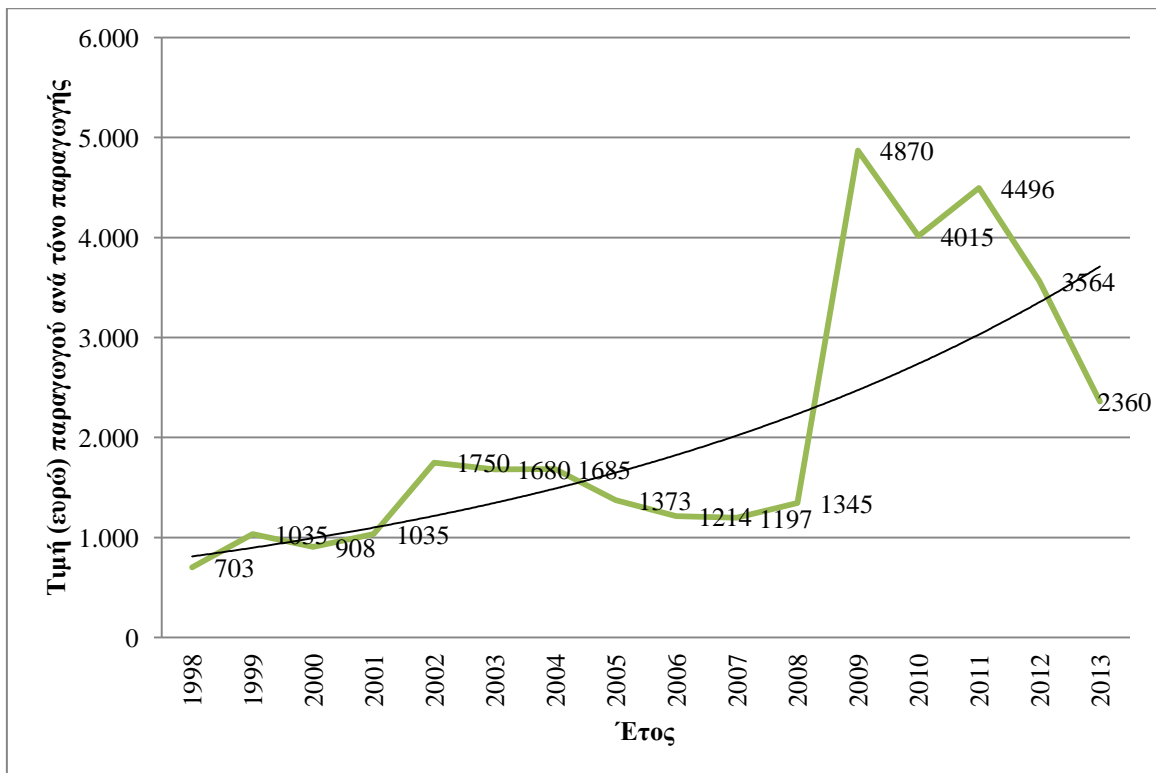
Γράφημα 2.2.2.1: Ποσοστό καλλιεργούμενων εκτάσεων κερασιάς ανά επαρχία κατά το 2010 στην Κύπρο



Γράφημα 2.2.2.2: Παραγωγή καλλιεργούμενων εκτάσεων κερασιάς και αντίστοιχη καλλιεργητική έκταση κερασιών ανά επαρχία κατά τα έτη 2000- 2013 στην Κύπρο



Γράφημα 2.2.2.3: Απόδοση παραγωγής ανά εκτάριο καλλιεργούμενης έκτασης κατά τα έτη 2000-2013 στην Κύπρο



Γράφημα 2.2.2.4: Τιμή Παραγωγού ανά τόνο παραγωγής κερασιών κατά τα έτη 1998-2013 στην Κύπρο (Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου Απογραφή Γεωργίας, 2010)

2.3 Οικονομική σημασία στον πρωτογενή τομέα της Κύπρου

Η καλλιέργεια φυλλοβόλων οπωροφόρων δέντρων στη Κύπρο περιλαμβάνει ακρόδρυα (φιστικιά, αμυγδαλιά, καρυδιά, φουντουκιά), πυρηνόκαρπα (ροδακινιά, νεκταρινιά, χρυσομηλιά, κερασιά, δαμασκηνιά), γιγαρτόκαρπα (μηλιά, αχλαδιά) και κάποια λοιπά καρποφόρα είδη (ροδιά, συκιά, λωτός, ακτινίδιο) (Τμήμα Γεωργίας Κύπρου, 2013).

Μόνο το 4% του συνολικού όγκου παραγωγής διακινείται μέσω Ομάδων/Οργανώσεων Παραγωγών, ενώ, το σύνολο της παραγωγής διατίθεται στην εγχώρια αγορά. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια καταγράφεται αύξηση των εισαγωγών. Ο τομέας της μεταποίησης φρούτων περιλαμβάνει ελάχιστες μονάδες παραγωγής γλυκών και μαρμελάδων, ενώ ο χαμηλός βαθμός ένταξης των παραγωγών σε οργανώσεις καθιστά εξαιρετικά δύσκολη τη τυποποίηση, συσκευασία και προώθηση των προϊόντων (Τμήμα Γεωργίας Κύπρου, 2013).

Ο κλάδος αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα ανταγωνιστικότητας. Τα κυριότερα από αυτά αφορούν το υψηλό κόστος παραγωγής (που οφείλεται στην αύξηση της τιμής των

καυσίμων, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, στο μικρό μέγεθος και τον κατακερματισμό των εκμεταλλεύσεων), την ανεξέλεγκτη εισαγωγή νέων ποικιλιών και τη καλλιέργειά τους σε μη-κατάλληλες εδαφοκλιματολογικές συνθήκες, τον έντονο ανταγωνισμό από τις εισαγωγές, τη ανύπαρκτη (σχεδόν) οργάνωση της τυποποίησης και εμπορίας. Παράλληλα, η εγκατάλειψη της υπαίθρου και η γήρανση του αγροτικού πληθυσμού προδιαγράφουν αρνητικές εξελίξεις για τις συγκεκριμένες καλλιέργειες (Τμήμα Γεωργίας Κύπρου, 2013).

Σύμφωνα με το πρόγραμμα αγροτικής ανάπτυξης 2014-2020 εντοπίζεται η ανάγκη βελτίωσης των της βιωσιμότητας και ανταγωνιστικότητας των εκμεταλλεύσεων καθώς και η βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της μεταποίησης τυποποίησης και εμπορίας των προϊόντων.

Επιπρόσθετε στοχεύετε η αύξηση της διαπραγματευτικής ισχύος των γεωργών και μείωση της ψαλίδας μεταξύ τιμών παραγωγού και λιανικής τιμής. Ενώ επιδιώκεται μεγαλύτερη σταθερότητα των τιμών παραγωγού μέσω ποιοτικής διαφοροποίησης και τυποποίησης και υπογραμμίζεται η ανάγκη για αποτροπή της εγκατάλειψης των γεωργικών γαιών.

Όσον αφορά τις εκμεταλλεύσεις καλλιέργειας κερασιών ο ανταγωνισμός, μπορεί να αντισταθμιστεί και να υπερκεραστεί με τη χρήση νέων μεθόδων καλλιέργειας, όπως το μονόκλωνο πυκνό σύστημα, που μειώνουν το κόστος του παραγόμενου προϊόντος, αυξάνουν τις στρεμματικές αποδόσεις και βελτιώνουν την ποιότητα και ανταγωνιστικότητα του προϊόντος.

Η αξία παραγωγής κερασιών κατά το 2013 ανήλθε στα 1.007.720 ευρώ, παρόλο που διαγράφει πτωτική πορεία κατά τα έτη 2010-2013 (γράφημα 2.3.1) (Γεωργικές Στατιστικές, 2013). Οι ποσότητες κερασιών που διατίθενται στην κυπριακή αγορά καταναλώνονται, αν και η τιμή διάθεσής τους θεωρείται υψηλή.



Γράφημα 2.3.1: Αξία παραγωγής κερασιών κατά τα έτη 1998-2013 στην Κύπρο

Οι τιμές που απολαμβάνουν οι κερασοπαραγωγοί στην Κύπρο είναι από τις υψηλότερες στα οπωροφόρα δένδρα, η μέση ετήσια τιμή παραγωγών κατά τα έτη 2010-2013 (Γεωργικές Στατιστικές 2013) από την πώληση του κερασιού είναι σχεδόν 3,61 € ανά κιλό οπότε θα μπορούσε να πει κανείς ότι πρόκειται για προσοδοφόρα καλλιέργεια. Παρόλο που κατά την τελευταία δεκαετία παρατηρείται αυξητική τάση στην τιμή πώλησης των κερασιών κατά το 2010 και μετά παρουσιάζεται καθοδική τάση στην τιμή πώλησης των κερασιών (γράφημα 2.3.1) (Γεωργικές Στατιστικές 2013). Περαιτέρω η μείωση του κόστους παραγωγής και κυρίως του κόστους συγκομιδής, με τη χρήση νέων μεθόδων καλλιέργειας, διευρύνει περισσότερο τις δυνατότητες κέρδους των κερασοκαλλιεργητών.

Σημαντικός παράγοντας για την μείωση των τιμών πώλησης του κερασιού στην κυπριακή αγορά, είναι η χρήση μοντέρνων μεθόδων καλλιέργειας που μειώνουν το κόστος παραγωγής, αλλά και η μερική αναδιάρθρωση της καλλιέργειας, με νέες, μεγαλόκαρπες, παραγωγικές και με μεγάλη εμπορική δυναμική ποικιλίες, σε συνδυασμό με κάποιες από τις αξιόπιστες, κλασικές ποικιλίες που καλλιεργούνται ήδη σε μεγάλες εκτάσεις.

2.4 Φαινολογία

Η ανθρώπινη γνώση και οι δραστηριότητες που συνδέονται με αυτό που καλούμε φαινολογία πιθανόν να χρονολογείται από τα αρχικά χρόνια του πολιτισμού. Με το

πέραςμα των χρόνων όμως και καθώς οι αγρότες έσπερναν, φύτευαν και παρατηρούσαν την ανάπτυξη των καλλιεργειών τους χρόνο με το χρόνο γρήγορα κατανόησαν την σύνδεση που έχει η ανάπτυξη των φυτών με τις αλλαγές στο περιβάλλον.

Η φαινολογία εφαρμόζεται από τον άνθρωπο εδώ και χιλιάδες χρόνια, για την λήψη σωστών αποφάσεων σε γεωργία, δασοπονία, αλιεία, στην αντιμετώπιση των προβλημάτων από τη γύρη των φυτών, στο κυνήγι και στο ψάρεμα, στην πρόγνωση του καιρού και αλλού. Τα τελευταία χρόνια όμως απέκτησε πολύ μεγαλύτερη σημασία, αφού επιπλέον δίνει τη δυνατότητα μελέτης της αλλαγής του κλίματος, που είναι το σημαντικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα της εποχής μας με προεκτάσεις στην πολιτική και στην οικονομία γενικότερα.

2.4.1 Γενικά - Ιστορική αναδρομή

Η φαινολογία σαν όρος εισήχθη για πρώτη φορά από τον Charles Morren στις 16 Δεκέμβρη του 1849 σε μια δημόσια διάλεξη με τίτλο “Le globe, le temps eta la vie” (Morren, 1849, 1851). Πήρε την ονομασία από το ελληνικό ρήμα φαίνομαι και ορίστηκε ως *‘apparaître, se manifester: phénologie, la science des phénomènes qui apparaissent successivement sur le globe’* αυτό μεταφράζεται ως εξής: για να δείξει, να εμφανίσει: η επιστήμη των φαινομένων που εμφανίζονται διαδοχικά στην υδρόγειο (Hudson and Keatley, 2010).

Το ευρύ φάσμα φαινομένων που περιλαμβάνονται από το πρώτο άνοιγμα των φύλλων και την εμφάνιση των άνθων, των εντόμων και την μετανάστευση των πτηνών είναι παραδείγματα φαινολογικών γεγονότων. Κάθε φαινολογικό στάδιο επιτρέπει την ποσοτικοποίηση του περιβάλλοντος όπως βιώνεται από τον επηρεαζόμενο οργανισμό. Επομένως η εξέλιξη των φαινολογικών σταδίων είναι ιδανικοί δείκτες των τοπικών κλιματικών αλλαγών αλλά και της παγκόσμιας αλλαγής του καιρού και του κλίματος και της επίδρασής τους στη βιόσφαιρα της γης .

Η παρατήρηση και καταγραφή των φαινολογικών σταδίων έχει μακρά παράδοση. Ο Χίαοqiu (2003) αναφέρει αρχαίες αναφορές όπου οι παρατηρήσεις λαμβάνονταν για πάνω από 3000 στην Κίνα. Αυτή η παράδοση είναι στενά συνδεδεμένη με την

παρατήρηση του καιρού και την στενή εξάρτηση με τις εποχές (Koch and Scheifinger, 2004).

Ο Carolus Linnaeus θεωρείται πατέρας της σύγχρονης φαινολογίας, όπου στα μέσα του 18^{ου} αιώνα ίδρυσε δίκτυο φαινολογικών παρατηρήσεων στην Σουηδία. Στο βιβλίο του «Philosophia Botanica», συνδύασε τα φαινολογικά στάδια των φυτών με τα κλιματικά δεδομένα των περιοχών για να δείξει πως οι περιοχές διαφέρουν μεταξύ τους (Schnelle, 1955). Αλλα «μοντέρνα» φαινολογικά δίκτυα ιδρύθηκαν από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα όπως το Austrian Hungarian monarchy, που οργανώθηκε από το NMS, στην Αμερική από το Smithsonian Institute ή από το Royal Society of Canada. Το ίδιο διάστημα οδηγοί φαινολογικών παρατηρήσεων για φυτά και ζώα δημοσιεύτηκαν, όπως από τον Fritsch στη δεύτερη επετηρίδα του νεοϊδρυθέντος K.K. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus τώρα το γνωστό NMS στην Αυστρία (Koch and Scheifinger, 2004).

Στην Ευρώπη υπάρχει το διεθνές δίκτυο φαινολογικών κήπων (International Phenological Gardens network) όπου ιδρύθηκε από Volkert and Schnelle, που τώρα οργανώθηκε από τον F.-M. Chmielewski, στο Humboldt-University, του Βερολίνου, όπου καλύπτει μεγάλο μέρος της ηπείρου με περιοχές που εκτείνονται από την Πορτογαλία μέχρι την Ρωσία και από την Φιλανδία μέχρι την Ελλάδα. Από το 1960 καταγράφονται σύμφωνα με κοινό κώδικα γενετικά πανομοιότυπα (κλώνοι) δέντρα και θάμνοι (Koch and Scheifinger, 2004).

Το 1993 η ομάδα φαινολογικών μελετών της Διεθνούς Εταιρείας Βιομετεωρολογίας (International Society of Biometeorology, ISB) ξεκίνησε μια νέα πρωτοβουλία με τίτλο GPM (Global Phenological Monitoring) όπου στόχο είχε μεταξύ άλλων να οργανώσουν ένα παγκόσμιο φαινολογικό πρόγραμμα τυπικών παρατηρήσεων που να συνδέει τα τοπικά φαινολογικά δίκτυα και να ενθαρρύνει την εγκατάσταση και επέκταση των δικτύων σε όλο τον κόσμο (Bruns et al., 2003). Επιπρόσθετα ιδρύθηκε το Ευρωπαϊκό δίκτυο φαινολογικών παρατηρήσεων (European Phenology Network, EPN) με το πρόγραμμα COST725 (2004-2009) και χρησιμεύει ως πλατφόρμα ανταλλαγής στοιχείων και δεδομένων μεταξύ των επιστημόνων (Koch and Scheifinger, 2004).

2.4.2 Η επιστήμη της φαινολογίας στη Γεωργία

Η φαινολογία γενικά έχει μακρά παράδοση στη γεωργία και στην ανθοκομία. Η γνώση του χρόνου εμφάνισης φαινοφάσεων ανά έτος καθώς και η μεταβλητότητα τους μπορεί

να βοηθήσει στην βελτίωση της απόδοσης καλλιεργειών καθώς και στην βελτίωση της ποιότητας τροφίμων. Οι φαινολογικές παρατηρήσεις είναι απαραίτητες για πολλές πτυχές στην εφαρμοσμένη γεωπονία. Τα φαινολογικά δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον καθορισμό της περιόδου βλάστησης σε μια περιοχή. Με βάση τους διαθέσιμους χρόνους μπορεί να αναπτυχθεί πρόγραμμα συγκομιδής που να συμπεριλαμβάνει κατάλληλες καλλιέργειες και ποικιλίες, την οργάνωση της αμειψισποράς και των καλλιεργητικών φροντίδων. Οι φαινολογικές παρατηρήσεις επίσης παίζουν σημαντικό ρόλο στις δραστηριότητες που σχετίζονται με την πρακτική εφαρμογή της γεωργίας, όπως το χρονοδιάγραμμα άρδευσης, λίπανσης και την φυτοπροστασία των καλλιεργειών. Τα στοιχεία αυτά είναι επίσης απαραίτητα για την αξιολόγηση του κινδύνου ζημιών από παγετούς καθώς και για σκοπούς πρόβλεψης της ανάπτυξης των φυτών και των ημερομηνιών συγκομιδής. Σε αγρομετεωρολογικές μελέτες τα φαινολογικά δεδομένα χρησιμοποιούνται στην ανάλυση των σχέσεων μεταξύ καλλιεργειών και των καιρικών συνθηκών καθώς και για να περιγράψουν ή να μοντελοποιήσουν τη σχέση φυτού-κλίματος.

2.4.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την φαινολογία

Οι αποκλίσεις από ένα τυπικό φαινολογικό στάδιο για ένα πληθυσμό δένδρων παρατηρούνται συχνά αλλά δεν είναι εύκολα κατανοητές (Chapman et al. 2005). Σε απάντηση των μικρών μεταβολών των περιβαλλοντικών συνθηκών, τα φυτά μπορεί να μεταβάλλουν τον χρόνο, την ένταση και την διάρκεια των φαινοφάσεων τους. Η ένταση μιας δεδομένης φαινοφάσης αναμένεται να διαφέρει περισσότερο από την διάρκεια ή την έναρξη της φαινοφάσης, διότι ο χρόνος εμφάνισης μιας φαινοφάσης θα επηρεάσει εκείνο των άλλων φαινοφάσεων. Για παράδειγμα εάν η έναρξη της ανθοφορίας καθυστερήσει τότε ο χρόνος εμφάνισης της καρποφορίας θα αντισταθμιστεί επίσης και μπορεί να μην συμπίπτει με τις βέλτιστες συνθήκες καρποφορίας. Κατά συνέπεια εάν οι συνθήκες δεν ήταν ευνοϊκές για την ανθοφορία μπορεί να είναι πιο επικερδές για ένα φυτό να μειώσει την ένταση της ανθοφορίας από το να καθυστερήσει την ανθοφορία έως ότου βελτιωθούν οι συνθήκες. Η απόκριση της φαινοφάσης στα φυτά μπορεί να παρουσιάζει ευαισθησία στις συνθήκες κατά την στιγμή της φαινοφάσης ή στις συνθήκες των προηγούμενων μηνών (Tutin and Fernandez 1993, Chapman et al. 1999). Εκτός από την θερμοκρασία υπάρχουν διάφοροι περιβαλλοντικοί παράγοντες οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν την φαινολογία των φυτών (Badek et al., 2004). Ειδικότερα οι φαινολογικοί κύκλοι και οι αποκλίσεις από τα τυπικά πρότυπα μπορεί να επηρεάζονται

από τις δυνητικές επιπτώσεις της ακτινοβολίας, της βροχής και της θερμοκρασίας καθώς και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Σημαντικός παράγοντας όπως αποδείχτηκε από άλλες μελέτες (Saxe *et al.*, 2001) που επηρεάζει τις φαινοφάσεις του φυτού αποτελεί το μήκος της φωτοπεριόδου. Η βαρύτητα όμως του παράγοντα αυτού εξαρτάται σημαντικά από το είδος του φυτού.

Η ανθοφορία και η έκπτυξη νέων φύλλων πρέπει να συμπίπτουν με την υψηλή ηλιοφάνεια ώστε να επωφελούνται από την υψηλή φωτοσυνθετική δραστηριότητα (Orler *et al.* 1976, Chapman *et al.* 1999). Επιπρόσθετα τα στάδια της ανθοφορίας και η έκπτυξη των φύλλων πιθανόν να είναι πιο ευαίσθητα σε εποχιακές βροχοπτώσεις, όπου το νερό περιορίζει την παραγωγικότητα των φυτών σε αυτά τα στάδια (Borchert 1983). Παρόμοια, η θερμοκρασία μπορεί να δράσει άμεσα στην άνθιση και στην καρποφορία (Tutin and Fernandez 1993), και μπορεί να θεωρηθεί ως ένας περιβαλλοντικός συντελεστής που διεγείρει τις φαινολογικές εκδηλώσεις σε όλη την οικουμένη (Ashton *et al.* 1988).

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την εμφάνιση των φαινολογικών σταδίων θεωρείται το ισοζύγιο άνθρακα (CO₂) στο φυτό που αποτελεί παράγοντα επιρροής της εξέλιξης των φαινολογικών σταδίων των φυτών (Badeck *et al.*, 2004). Η μεγάλη ικανότητα αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα και το νερό επιτρέπουν σε μεγάλα δένδρα να έχουν μεγάλης διάρκειας καρποφορία που εκτείνονται μέσα από την περίοδο όπου υπάρχει μειωμένη προσφορά φρούτων στην κοινωνία.

Υπάρχουν φάσεις οι οποίες είναι ενεργοποιημένες ανεξάρτητα από την ανάπτυξη του φυτού. Η έκπτυξη των οφθαλμών των φύλλων και η ανθοφορία πολλών φυλλοβόλων ειδών πιθανόν να ανήκουν σε αυτή την ομάδα. Η σημασία αυτής της αντίδρασης φαίνεται στον συγχρονισμό έναρξης δραστηριοτήτων της φωτοσύνθεσης και της ανθοφορίας με ευνοϊκές θερμικές συνθήκες και κινδύνου αργού παγετού. Από την άλλη υπάρχουν φαινοφάσεις που ανταποκρίνονται σε προηγούμενα συσσωρευτικά αποθέματα (Badeck *et al.*, 2004).

2.4.4 Φαινολογικές παρατηρήσεις και φαινολογικά στάδια

Το ερευνητικό πεδίο της φαινολογίας φυτών που συχνά εμπεριέχει την παρακολούθηση μερικών έως εκατοντάδων ειδών διαφορετικής μορφής ζωής ή και διαφορετικών ειδών

βλάστησης, έχει αναπτυχθεί σε πολύ γοργό ρυθμό τις τελευταίες δεκαετίες. Το γεγονός αυτό αναμφισβήτητα έχει γίνει χωρίς την συμβατότητα των δεδομένων και προτύπων μεταξύ των περιοχών και την επίδραση στην ερμηνεία των προκύπτουσων μοτίβων (Morellato, Alberti, & Hudson, 2009).

- **Πτυχές των φαινολογικών παρατηρήσεων**

Για την καταγραφή φαινολογικών παρατηρήσεων δεν χρειάζονται ακριβή εργαλεία αφού το μόνο «όργανο» για παρατήρηση των περιβαλλοντικών συνθηκών είναι το ίδιο το φυτό. Απαραίτητο για τον παρατηρητή είναι το έντυπο καταγραφής παρατηρήσεων, ο οδηγός παρατηρήσεων και στις περίπτωση μεγάλων δέντρων ίσως είναι αναγκαία και δίοπτρα. Τα σημαντικά στάδια ανάπτυξης των δέντρων όπου η ημέρα έναρξης του σταδίου μπορεί ξεκάθαρα να οριστεί καταγράφονται. Η καταγραφή ανακριβών χρονικών διαστημάτων όπως λ.χ. «αρχή του Μάρτη» κ.τ.λ. πρέπει να αποφεύγονται δεδομένου ότι δεν μπορούν να αξιολογηθούν.

Η πιο σημαντική προϋπόθεση για να παρθούν ομοιογενή και συγκρίσιμα δεδομένα είναι ο ακριβής ορισμός των φαινοφάσεων. Επιπλέον οι παρατηρήσεις των διαφόρων φαινοφάσεων των πολυετών φυτών (π.χ. σπωροφόρα δένδρα, δασικοί θάμνοι και δένδρα) πρέπει να αντικατοπτρίζουν ένα αντικείμενο. Δεν πρέπει να καταγράφονται πολύ αργά ή πολύ νωρίς στο στάδιο της εξέλιξης του σταδίου. Η ακραία εξέλιξη κάποιου σταδίου συνήθως συνδέεται με την περιοχή όπου βρίσκεται η καλλιέργεια. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται ώστε, να εξασφαλιστεί ότι ο τόπος όπου είναι το φυτό από το οποίο θα ληφθούν παρατηρήσεις να είναι αντιπροσωπευτικός για την περιοχή όπου μελετούμε. Κατά κανόνα ο παρατηρητής πρέπει να έχει διάφορα φυτά του ίδιου είδους για να διαλέξει από ποια θα γίνονται οι παρατηρήσεις. Από την στιγμή που γίνει η επιλογή των δέντρων από τα οποία θα γίνουν οι παρατηρήσεις ο παρατηρητής πρέπει να καταγράφει τις παρατηρήσεις από αυτά τα δένδρα για όσα χρόνια είναι δυνατόν. Είναι σημαντικό να καταγράφονται πρόσθετες πληροφορίες για τις καλλιέργειες που διαχειρίζονται διότι η έναρξη κάποιων φαινολογικών παρατηρήσεων μπορεί να επηρεάζεται ίσως από διαφορές στις ποικιλίες των καλλιεργειών ή από την άρδευση κυρίως σε περιοχές όπου η μεταβλητότητα της βροχόπτωσης είναι ένα σημαντικό θέμα.

Η συχνότητα με την οποία πρέπει να καταγράφονται οι παρατηρήσεις εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης και από τις καιρικές συνθήκες. Έτσι για παράδειγμα την άνοιξη στα μεσαία και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη μπορεί να είναι αναγκαίο οι παρατηρήσεις

να γίνονται σε καθημερινή βάση ενώ κατά την διάρκεια του καλοκαιριού και του χειμώνα οι περιηγήσεις με συχνότητα δύο φορές την εβδομάδα είναι συνήθως επαρκής. Επίσης είναι χρήσιμο να έχουμε λιγότερα αλλά ακριβή δεδομένα από ένα μικρό αριθμό φυτών, παρά ένα πρόγραμμα καταγραφής πολλών φυτών το οποίο θα διακοπεί μετά από μερικά χρόνια παρατήρησης.

- **Επιλογή δένδρων/φυτών που θα καταγράφονται**

Η επιλογή των δένδρων/φυτών που θα παρατηρούνται εξαρτάται από το σκοπό του φαινολογικού δικτύου (π.χ. για γεωργική χρήση, την ανθρώπινη υγεία, για την παρακολούθηση της κλιματικής αλλαγής, την εκπαίδευση, ενημέρωση του κοινού, βιοποικιλότητα κτλ) καθώς και την ζώνη βλάστησης (κυρίως για το κλίμα). Είναι συνεπώς αδύνατο να βρεθούν φυτά τα οποία να μπορούν να παρατηρηθούν σε όλες τις κλιματικές περιοχές του πλανήτη και για όλους του σκοπούς.

Γενικότερα για την θέσπιση ενός δικτύου παρατηρητών (με περιορισμένες βοτανικές γνώσεις) συνίστανται στα εξής:

- 1 Τα φυτά είναι σημαντικό να είναι εύκολα αναγνωρίσιμα και να διακρίνονται εύκολα.
- 2 Θα πρέπει να έχουν μια ομοιόμορφη κατανομή στην περιοχή και οι φάσεις θα πρέπει να καλύπτουν ολόκληρο τον κύκλο βλάστησης ενός έτους.
- 3 Για την παρακολούθηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής συνίσταται η παρακολούθηση φυτών ενδημικών ειδών.

- **Περιοχή παρατηρήσεων**

Η θέση του δένδρου από το οποίο παίρνονται οι παρατηρήσεις πρέπει να είναι τυπική για την περιοχή που παρατηρούμε. Τοποθεσίες οι οποίες είναι γνωστές για ακραίες κλιματικές συνθήκες ή έχουν μεγάλες αποκλίσεις από χαρακτηριστικές συνθήκες λόγω τοπογραφίας πρέπει να αποφεύγονται (π.χ. νότιες πλαγιές όπου επιταχύνεται η ανάπτυξη του δένδρου στις αρχές της άνοιξης, ενώ από την άλλη οι κοίλες περιοχές με παγετούς εμποδίζουν και καθυστερούν την ανάπτυξη).

- **Συχνότητα καταγραφής παρατηρήσεων**

Η συχνότητα των παρατηρήσεων εξαρτάται κυρίως από την εποχή. Στις εύκρατες ζώνες κατά την διάρκεια της βλαστικής περιόδου όπου είναι ευνοϊκές οι θερμοκρασίες για τα

φυτά, μπορεί να είναι αναγκαία η καταγραφή των παρατηρήσεων σε καθημερινή βάση προκειμένου να καταγραφεί η ακριβής ημερομηνία εμφάνισης ενός φαινολογικού σταδίου, αφού τα φυτά σε τέτοιες συνθήκες, μπορεί να εμφανίσουν μεγάλο ρυθμό ανάπτυξης.

Για τον προσδιορισμό των πιο αργών διεργασιών του φυτού όπως π.χ. την ωρίμανση του καρπού δύο έως τρεις επισκέψεις την βδομάδα είναι επαρκείς. Το φως και η ορατότητα (ιδιαίτερα στην περίπτωση ομίχλης, μεγάλης ηλιακής ακτινοβολίας και η γενική φωτεινότητα) ασκούν μεγάλη επιρροή στην ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού. Ως εκ τούτου οι ομοιόμορφες συνθήκες για καταγραφή των παρατηρήσεων από τον παρατηρητή είναι επιθυμητές. Για παράδειγμα τα χρώματα των φύλλων μπορούν να προσδιορισθούν όταν ο ήλιος είναι ψηλά και πίσω από τον παρατηρητή (καλύτερος χρόνος είναι νωρίς το απόγευμα), αφού η χρονική στιγμή αυτή της ημέρας, βοηθά στην εξάλειψη της πιθανότητας να χαθεί μια φάση κατά την καταγραφή προηγούμενων παρατηρήσεων (π.χ. άνθοι διαφορετικών ειδών ανοίγουν αργά το πρωί).

- **Το φύλλο παρατήρησης**

Στον παρατηρητή πρέπει να δίνεται τυποποιημένο φύλλο καταγραφής των παρατηρήσεων καθώς και κατευθυντήριες οδηγίες μαζί με εικονογραφημένη απεικόνιση του κάθε φαινολογικού σταδίου. Για το ειδικά διαμορφωμένο φύλλο ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας υπάρχουν δυο τρόποι μορφοποίησης των φύλλων: α) τα φυτά/φάσεις εμφανίζονται σε χρονολογική σειρά ανάλογα με την σειρά εμφάνισης τους στο έτος ή β) εμφανίζονται όλες οι φάσεις για κάθε δένδρο και ομαδοποιούνται σε μια σειρά ακολουθώντας την φυσική εξέλιξη του φυτού.

2.4.5 Η Κλίμακα BBCH

Η κλίμακα BBCH αποτελεί ένα γενικό σύστημα για ομοιόμορφη κωδικοποίηση όμοιων φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης μονοκοτυλήδων και δικοτυλήδων φυτών βασισμένο στη γνωστή κωδικοποίηση για τα σιτηρά του Zadoks et al. (1974), (Hess et al., 1997) προκειμένου να αποφευχθούν σημαντικές αλλαγές από αυτά που χρησιμοποιούνταν ευρέως. Ο δεκαδικός κώδικας χωρίζεται σε κύρια και δευτερεύοντα στάδια ανάπτυξης και η συντομογραφία BBCH προκύπτει από το Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical industry (Hack et al., 1992). Συγκεκριμένα προέκυψε από ομαδική εργασία της Γερμανικής Ομοσπονδίας

Βιολογικών Ερευνών, Κέντρο Γεωργίας και Δασών - German Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA), της Γερμανικής Ομοσπονδίας Ποικιλιών Φυτών - German Federal Office of Plant Varieties (BSA), της Γερμανικής Ένωσης Αγροχημικών - German Agrochemical Association (IVA) και το Ινστιτούτο λαχανοκομίας κα καλλωπιστικών φυτών του Grossbeeren/Erfurt στη Γερμανία- Institute for Vegetables and Ornamentals in Grossbeeren/Erfurt, Germany (IGZ).

Οι κλίμακες BBCH είναι γνωστές σε όλο τον κόσμο και χρησιμοποιούνται για σκοπούς έρευνας, διοίκησης και για εφαρμογές στον τομέα της γεωργίας και της ανθοκομίας όπως στην φαινολογία ως ολοκληρωμένη επιστήμη στο περιβάλλον, την μετεωρολογία και την κλιματολογία.

Η κλίμακα BBCH συμβάλει στην βελτίωση της επικοινωνίας και την ανταλλαγή δεδομένων και επιστημονικών αποτελεσμάτων με διαφανή τρόπο μεταξύ των επιστημόνων.

Ένα σημαντικό βήμα για την διεθνή αναγνώριση της κλίμακας BBCH στη φυτοπροστασία ήταν η αναγνώριση του συστήματος BBCH από τον Ευρωπαϊκό και Μεσογειακό Οργανισμό Φυτοπροστασίας-European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). Ο οργανισμός EPPO (2004, 2006) έκανε την κλίμακα υποχρεωτική για όλες τις επίσημες φυτοπροστατευτικές δοκιμές .

Οι βασικές αρχές της κλίμακας BBCH, είναι:

- η γενική κλίμακα αποτελεί το πλαίσιο του οποίου οι επιμέρους κλίμακες έχουν αναπτυχθεί και μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για αυτά τα φυτικά είδη για τα οποία δεν υπάρχει ειδική κλίμακα διαθέσιμη.
- παρόμοια φαινολογικά στάδια κάθε φυτικού είδους χαρακτηρίζονται με τον ίδιο κωδικό.
- υπάρχει σύντομη περιγραφή του κάθε σταδίου, και περιλαμβάνονται κάποια σημαντικά στάδια σε εικόνες.
- χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των φαινολογικών σταδίων, ευδιάκριτα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά.
- λαμβάνεται υπόψη μόνο η ανάπτυξη του κύριου στελέχους του φυτού.

- τα στάδια ανάπτυξης τα οποία καταγράφονται αναφέρονται σε συγκεκριμένα φυτά μέσα στην καλλιέργεια.
- σχετικές τιμές που συνδέονται με το είδος ή και την ποικιλία χρησιμοποιούνται για την ένδειξη των μεγεθών.
- Τα δευτερεύοντα στάδια ανάπτυξης 0 έως 9 αντιστοιχούν σε αντίστοιχους ονομαστικούς αριθμούς ή ποσοστιαίες τιμές. Για παράδειγμα το στάδιο 3 μπορεί να αντιπροσωπεύει: το τρίτο φύλλο, τρίτο βραχίονα, 3^ο κόμβο ή το 30% του τελικού μήκους ή τυπικού μεγέθους ή το 30% των ανοιχτών λουλουδιών.
- με τον κωδικό αριθμό 99, χαρακτηρίζεται η διαδικασία μετά την συγκομιδή (π.χ., αποθήκευση)
- με τον κωδικό 00 χαρακτηρίζεται η διαδικασία πριν την σπορά ή τη φύτευση (π.χ., προετοιμασία εγκατάστασης του φυτού ή σποράς (Hack et al., 1992).

Το σύνολο του αναπτυξιακού κύκλου των φυτών υποδιαιρείται σε δέκα καθαρά αναγνωρίσιμες και διαχωρισμένες μεγάλες φάσεις, οι οποίες περιγράφονται χρησιμοποιώντας τους αριθμούς 0 έως 9 σε αύξουσα σειρά. Λόγο του πλήθους των ειδών μπορεί κάποια στάδια να αλλάξουν πορεία δηλαδή δεν εμφανίζονται πάντα με τη σειρά, άλλα μπορεί να εξελιχτούν παράλληλα ή ακόμα και κάποιο μεταγενέστερο στάδιο, όπως αναγράφεται στην κλίμακα, να εξελιχτεί πριν από κάποιο προγενέστερο. Τα δευτερεύοντα στάδια ανάπτυξης ανταποκρίνονται σε ακριβή σημεία στην πορεία ανάπτυξης του φυτού και κωδικοποιούνται με αρίθμηση κλίμακας από 0 έως 9, με 0 συμβολίζεται η έναρξη και με το 9 το τέλος του κύριου φαινολογικού σταδίου. Παράδειγμα ως BBCH 60 ορίζεται η έναρξη της άνθησης ενώ με BBCH 69 το τέλος. Τα κύρια στάδια της ανάπτυξης φαίνονται στον πίνακα 2.4.5.1 (Hack et al., 1992), καθώς και φωτογραφικό υλικό για την περίπτωση της κερασιάς στις εικόνες 2.4.5.1-2.4.5.8.

Στάδιο	Περιγραφή
0	Βλάστηση, ανάπτυξη οφθαλμών
1	Έναρξη βλάστησης φύλλων
2	Έκπτυξη βλαστού
3	Επιμήκυνση του κεντρικού βλαστού
4	Ανάπτυξη των βλαστικών, προς συλλογή, μερών του φυτού
5	Διαμόρφωση κεφαλής ταξιανθίας
6	Άνθηση
7	Έναρξη διαμόρφωσης καρπού
8	Έναρξη της ωρίμανσης

Πίνακας 2.4.5.1: Τα κύρια στάδια ανάπτυξης των φυτών (Πηγή: Hack et al., 1992).



Εικόνα 2.4.5.1: Κύριο στάδιο ανάπτυξης 0: εκβλάστηση, έκπτυση οφθαλμού



Εικόνα 2.4.5.2: Κύριο στάδιο ανάπτυξης 1: Ανάπτυξη φύλλου



Εικόνα 2.4.5.3: Κύριο στάδιο ανάπτυξης 3: Ανάπτυξη ακραίας βλάστησης



Εικόνα 2.4.5.4: Κύριο στάδιο ανάπτυξης 5: Εμφάνιση ταξιανθίας



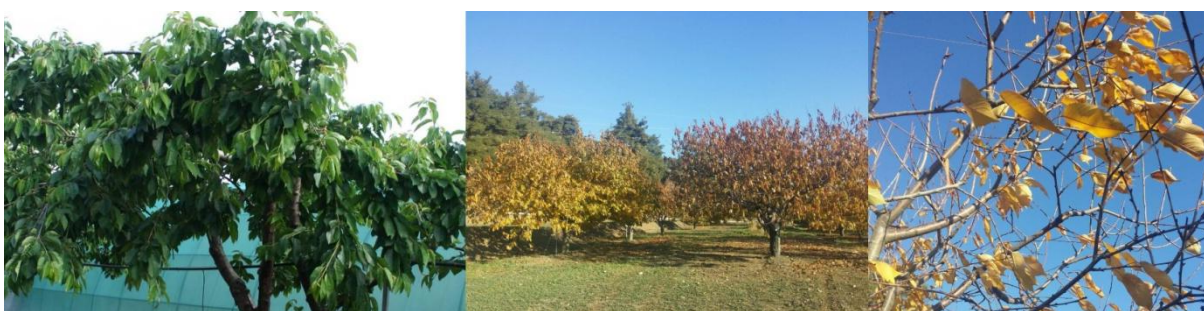
Εικόνα 2.4.5.5: Κύριο στάδιο ανάπτυξης 6: Ανθοφορία



Εικόνα 2.4.5.6: Κύριο στάδιο ανάπτυξης 7: Ανάπτυξη Καρπών



Εικόνα 2.4.5.7: Κύριο στάδιο ανάπτυξης 8: Ωρίμανση καρπών και σπόρων



Εικόνα 2.4.5.8: Κύριο στάδιο ανάπτυξη 9: Γήρανση / Έναρξη λήθαργου

2.5 Φαινολογία και κλιματική αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή έχει δημιουργήσει μια σημαντική απειλή για την ανθρώπινη εξέλιξη καθώς και την οικονομική ανάπτυξη και ο τομέας της γεωργίας μπορεί να είναι ο πιο ευάλωτος σε αυτό. Παρά την ύπαρξη σύγχρονων τεχνολογιών, οι καιρικές συνθήκες αποτελούν καθοριστικό παράγοντα στην απόδοση των γεωργικών καλλιεργειών (Cai et al., 2015). Αναμφίβολα η υπερθέρμανση του πλανήτη θα οδηγήσει σε αλλαγές στην διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου εντός ορισμένων ορίων. Η προήγηση της έναρξης της καλλιεργητικής περιόδου επηρεάζει την επέκταση της καλλιεργητικής περιόδου, σε αντίθεση με την λήξη της καλλιεργητικής περιόδου που δεν εμφανίζει μεγάλες μεταβολές στις περιοχές της Ευρώπης. Γενικότερα οι επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη θα εξαρτηθούν από το βαθμό της αλλαγής του χρόνου έκπτυσης των φύλλων καθώς και της πτώσης των φύλλων στο μέλλον (Chmielewski and Rötzer, 2001).

Ευρήματα από μελέτες των Kramer et al. (2000) και Linkosalo (2000) έδειξαν ότι οι φαινολογικές αποκρίσεις των δέντρων σε αυξήσεις της θερμοκρασίας εξαρτώνται σημαντικά από το είδος του φυτού. Η επέκταση της καλλιεργητικής περιόδου ή η μη επέκταση ή ακόμη και η συρρίκνωση του εύρους της είναι πιθανή (Kramer et al, 2000), στη δεύτερη περίπτωση η ημερομηνία πτώσης των φύλλων προηγείται από την ημερομηνία έκπτυξης των φύλλων.

Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα από το τέλος του 1980, σε πολλές περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου και η ζήτηση για δείκτες επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής προκάλεσαν αυξανόμενο ενδιαφέρον για τα φαινολογικά δεδομένα (Chmielewski et al., 2004). Τα φαινολογικά δεδομένα παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία στον εντοπισμό την ανταπόκρισης των φυτικών ειδών στις κλιματικές συνθήκες διαφόρων περιοχών καθώς και στην κλιματική αλλαγή (Chmielewski and Rötzer, 2001).

Σε πολλές μελέτες βρέθηκε προήγηση στο χρόνο εμφάνισης φαινολογικών φάσεων της άνοιξης όπως έκπτυξη φύλλων και ανθοφορίας για 2-4 ημέρες ανά βαθμό κελσίου (Kramer et al., 2000). Μια αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κατά 1°C σχετίζεται με επέκταση της καλλιεργητικής περιόδου κατά 5 ημέρες στην Ευρώπη (White et al., 1999).

Σε κλίμακα με μια ξεχωριστή εποχικότητα, η βλάστηση προσαρμόζεται σε αυτή την εποχικότητα βάση της φαινολογίας της (Lieth, 1974). Αν όμως σημειωθεί σημαντική κλιματική αλλαγή, τα φυτά θα είναι λιγότερο προσαρμόσιμα στο νέο περιβάλλον. Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση των δέντρων που μια κλιματική αλλαγή αντιβαίνει στην μακροζωία των δέντρων. Μια αλλαγή στην γενετική σύνθεση στον πληθυσμό των δέντρων δεν θα μπορούσε να αποτελεί λύση παρά μόνο σε είδη πολύ μικρότερης διάρκειας ζωής (Kramer et al., 2000).

Υπήρξαν περίοδοι στο παρελθόν όπου η βλάστηση ανταποκρίθηκε στην αύξηση της θερμοκρασίας και περίοδοι όπου οι θερμοκρασίες ήταν ψηλότερες απότι σήμερα. Κατά συνέπεια τα δέντρα είναι ικανά να προσαρμόζονται σε θερμότερα κλίματα (Jacobson & Dieffenbacher-Krall, 1995). Η διαφορά στις αναμενόμενες αλλαγές του 21^{ου} αιώνα είναι αποτέλεσμα του ρυθμού αύξησης της θερμοκρασίας (Flenley, 1998). Μια σειρά από

αξιόπιστα σενάρια για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα μπορούσαν να αυξήσουν την ηλιακή ακτινοβολία προκαλώντας 3-6 °C αύξηση στην μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της γης σε υψηλά και εύκρατα γεωγραφικά πλάτη τον αιώνα μας (Houghton et al., 1996; Kattenberget al., 1996) με σημαντικές μεταβολές στην φαινολογική απόκριση των φυτών.

Πλήθος φαινολογικών παρατηρήσεων, συμπεριλαμβανομένων μακρών χρονολογικών σειρών όπου είναι πολύτιμη πηγή πληροφόρησης για μελέτες που αφορούν στην επίπτωση της κλιματικής αλλαγής έχουν πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο διαφόρων εφαρμογών της φαινολογίας (π.χ. αγρομετεωρολογία, θεμελιώδεις οικολογικές έρευνες). Επιπλέον κατά την τελευταία δεκαετία του 20^{ου} αιώνα συλλέχθηκε και αναλύθηκε μεγάλος όγκος φαινολογικών παρατηρήσεων εξαιτίας των υποκινούμενων ανησυχιών σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Badeck et al., 2004).

Γενική προσδοκία σε συνθήκες κλιματικής υπερθέρμανσης είναι να βρεθούν οι χρονικές τάσεις στα φαινολογικά στάδια, οι οποίες καθορίζουν το εύρος της βλαστικής περιόδου σε φυλλοβόλα φυτά που υπόκεινται θερμοκρασιακούς περιορισμούς. Η συσχέτιση μεταξύ της ημερομηνία έναρξης της φαινοφάσης και των προγενέστερων ποσών θερμότητας, κυρίως θερμοκρασιών του προηγούμενου μήνα, θα πρέπει να αναμένεται (Badeck et al., 2004).

2.6 Η φαινολογία της κερασιάς

Η κερασιά (*Prunus avium*) είναι ένα καλά προσαρμοσμένο είδος στις εύκρατες περιοχές και με μέτρια χαμηλές θερμοκρασίες τον χειμώνα (Lezzoni, 2008). Παρόλα αυτά υπάρχει έντονο το ενδιαφέρον για επέκταση του εύρους του χρόνου ωρίμανσης για αύξηση της κερδοφορίας των παραγωγών με την παραγωγή φρούτων εκτός εποχής. Αυτό ώθησε την επέκταση των παραδοσιακών καλλιεργούμενων εκτάσεων σε θερμότερες ή ψυχρότερες περιοχές καθώς και την καλλιέργεια νέων ποικιλιών όπου διέυρυναν την περίοδο ωρίμανσης των κερασιών (Kappel et al., 2012). Αλλά αυτό συχνά προκαλεί ακανόνιστη συγκομιδή αφού οι φαινολογικές μεταβολές εμποδίζουν την ευκαιρία παροχής στην αγορά φρούτων εκτός εποχής (Fadón et al., 2015).

Οι φαινολογικές αλλαγές και τα προβλήματα σχηματισμού του καρπού παρατηρούνται και σε περιοχές με παράδοση στην καλλιέργεια κερασιών που αυτό σχετίζεται με την

επίδραση της υπερθέρμανσης του πλανήτη στην παραγωγική ικανότητα των φυτών (Hedhly et al., 2009 and Hedhly, 2011). Είναι γεγονός ότι οι κερασιές είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε αυτές τις αλλαγές, αφού οι υψηλές θερμοκρασίες μειώνουν σημαντικά την καρπόδεση και συρρικνώνουν την στιγματική δεκτικότητα (Hedhly et al., 2007) μειώνοντας έτσι την πραγματική περίοδο επικονίασης (Sanzol and Herrero, 2001). Όπως συμβαίνει σε άλλα οπωροφόρα δέντρα για την κερασιά απαιτείται ψύχος για σωστή εμφάνιση της ανθοφορίας (Perry, 1971 and Vegis, 1964) και η υπερθέρμανση του πλανήτη έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των θερμοκρασιών ψύχους του χειμώνα που έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση αλλοιώσεων στην ανάπτυξη των άνθων και σε ακανόνιστες καλλιέργειες (Atkinson et al., 2013, Camproy et al., 2011, Hedhly et al., 2009 and Luedeling, 2012). Τέλος οι υψηλές θερμοκρασίες κατά το προηγούμενο καλοκαίρι, μπορεί να βλάψουν διάφορες φάσεις της ανάπτυξης του άνθους, όπως είναι η νωρίτερη έναρξη της ανθοφορίας (Thompson, 1996), ή η έκπτυση των οφθαλμών που σταματά στην έναρξη της ανθοφορίας, προκαλώντας αδυναμία συγχρονισμού στην ανάπτυξη των διαφόρων οργάνων του άνθους (Rodrigo and Herrero, 2002).

Τα δεδομένα αυτά έχουν κινήσει το ιδιαίτερο ενδιαφέρον στον φαινολογικό χαρακτηρισμό και την μελέτη της προσαρμοστικότητας των ποικιλιών καθώς και την μεταξύ τους συγκρισιμότητα ειδικότερα, μετά το κλασσικό έργο του Fleckinger (1948) για τα φαινολογικά στάδια ανάπτυξης της κερασιάς όπου είχε γίνει χαρακτηρισμός με την χρήση εξωτερικών φαινολογικών σταδίων των οφθαλμών και των άνθων (Baggiolini, 1952 and Westwood, 1993).

Όπως έχει αναφερθεί τις τελευταίες δεκαετίες έχει προταθεί η κλίμακα BBCH (Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) ως ένα δεκαδικό σύστημα κωδικοποίησης τόσο για ποώδες και ξυλώδες φυτά (Bleiholder et al., 1989, Lancashire et al., 1991 and Hack et al., 1992). Η κλίμακα αποτελεί ένα ενοποιημένο σύστημα για τον χαρακτηρισμό ολόκληρου του αναπτυξιακού κύκλου του φυτού για ένα ευρύ φάσμα καλλιεργειών περιλαμβανομένου και του γένους *Prunus* (Meier, 2001) μεταξύ των οποίων και του είδους της κερασιάς.

2.7 Επίδραση κλιματικών παραμέτρων στην ανάπτυξη και εξέλιξη της κερασιάς

Τα εύκρατα κλίματα χαρακτηρίζονται από εποχικότητα όπου οι θερμοκρασίες κάτω από τις βέλτιστες περιορίζουν ή τερματίζουν την ανάπτυξη. Κατά συνέπεια τα φυτά εύκρατου κλίματος έχουν αναπτύξει μηχανισμούς για να επιβιώνουν στις χαμηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια του χειμώνα (Horvath et al., 2003). Αυτός ο ετήσιος ρυθμός έχει περιόδους ενεργής μεριστρωματικής ανάπτυξης που χωρίζονται από περιόδους λήθαργου που αποφεύγεται ο τραυματισμός από χαμηλές θερμοκρασίες. Ο λήθαργος ελαχιστοποιεί το τραυματισμό που προέρχεται από χαμηλές θερμοκρασίες στα άνθη με την καθυστέρηση της έκπτυξης οφθαλμών και την έναρξη της άνθησης.

Οι πολυετείς καλλιέργειες, οι οποίες είναι κατάλληλες για καλλιέργεια σε αυτές τις εποχικά περιοριστικές ψυχρές περιοχές πρέπει να πληρούν τις αναγκαίες απαιτήσεις σε ψύχος για να αρχίσει η έκπτυξη των οφθαλμών, η μεριστηματική ανάπτυξη των βλαστών και η άνθιση. Ταυτόχρονα για να ολοκληρώσουν τον ετήσιο κύκλο βλάστησης τους τα οπωροφόρα δέντρα έχουν ανάγκη από ορισμένη ποσότητα θερμότητας. Ειδικότερα οι ανάγκες στα φυλλοβόλα δέντρα περιορίζονται στην βλαστική περίοδο από την ανθοφορία μέχρι και την συγκομιδή του καρπού και την πτώση των φύλλων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στην κερασιά ποικιλίας Bing απαιτούνται 944 μονάδες θερμότητας (μονάδα θερμότητας λαμβάνεται 1 βαθμός F ανά μέρα πάνω από τη βασική θερμοκρασία των 50 βαθμών F) από την πλήρη άνθηση μέχρι την ωρίμανση (Βασιλακάκης, 2004). Από την άλλη η αναγκαία απαίτηση σε ψύχος εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία του φυτού και είναι γενετικά καθορισμένη (Samish, 1954).

2.7.1 Θερμοκρασία

Για κάθε είδος οπωροφόρου υπάρχει ένα κατώτερο και ένα ανώτερο όριο θερμοκρασίας πέρα από το οποίο το φυτό δεν μπορεί να επιβιώσει. Όμως τα οπωροφόρα δέντρα αποδίδουν ικανοποιητικά όταν καλλιεργούνται σε περιοχές όπου επικρατούν ευνοϊκές θερμοκρασίες για την βλάστηση και την καρποφορία. Για να ολοκληρώσουν το ετήσιο κύκλο βλάστησης τα οπωροφόρα έχουν ανάγκη από ορισμένη ποσότητα θερμότητας. Στα φυλλοβόλα οι ανάγκες περιορίζονται στη βλαστική περίοδο από την ανθοφορία μέχρι και την συγκομιδή του καρπού και την πτώση των φύλλων.

Αναφορικά με την διακοπή του λήθαργου των οφθαλμών των φυλλοβόλων οπωροφόρων δέντρων πολύ σημαντική είναι η επίδραση χαμηλών θερμοκρασιών. Τα φυλλοβόλα οπωροφόρα από την πτώση των φύλλων τους (Νοέμβριο) μέχρι την έκπτυξη των οφθαλμών (Μάρτιος) διέρχονται μια περίοδο ληθάργου. Τα είδη αυτά για να διακόψουν τον λήθαργο τους και να είναι σε θέση να ανθίσουν και να βλαστήσουν την άνοιξη είναι ανάγκη να υποστούν την επίδραση των χαμηλών θερμοκρασιών του χειμώνα. Έτσι οι κερασιές για να διακόψουν τον λήθαργο τους έχουν ανάγκη από 1100-1300 ώρες. Εάν δεν ικανοποιηθούν οι ανάγκες αυτές σε ψύχος παρατηρούνται ανωμαλίες στην ανθοφορία και στην βλάστηση του δένδρου. Συνήθως εμφανίζεται παράταση του χρόνου ανθοφορίας των δέντρων, νεκρώσεις οφθαλμών στα γιγαρτόκαρπα και έντονη οφθαλμόπτωση στα πυρηνόκαρπα (Βασιλακάκης, 2004).

2.7.2 Θερμοκρασία και ανάπτυξη

Η θερμοκρασία θεωρείται καθοριστικός παράγοντας ως προς την φυσιολογική ανάπτυξη του φυτού. Οι οφθαλμοί και τα άνθη και σπανιότερα οι καρποί των φυλλοβόλων οπωροφόρων δένδρων υφίστανται ζημιά από χαμηλές θερμοκρασίες (παγετούς) κατά την διάρκεια του χειμώνα ή την άνοιξη όταν παρατηρηθούν θερμοκρασίες κάτω του μηδενός (Βασιλακάκης, 2004).

Οι εναλλασσόμενες χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες είναι πολύ ευνοϊκές για την ανάπτυξη των φυτών απ'ότι οι σταθερές-συνεπείς θερμοκρασίες. Βέλτιστες θερμοκρασίες συμπεριλαμβανομένων των κατώτερων και ανώτερων ορίων διαφέρουν μεταξύ των ειδών αλλά και των ποικιλιών, ακόμη και σε μεμονωμένα φυτά, και ως προς τα ειδικά όργανα τους, την ηλικία, το στάδιο ανάπτυξης των οργανισμών, ενώ η βέλτιστη θερμοκρασία δεν μπορεί να είναι η ίδια για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα (Orlik & Rolfe, 2005).

2.7.3 Λήθαργος

Ο όρος λήθαργος εκ πρώτης όψεως φαίνεται να είναι προφανής έννοια, παρόλα αυτά υπάρχει πληθώρα ορισμών στην βιβλιογραφία και παρουσιάζεται ως ένας περίπλοκος όρος.

Ο λήθαργος ορίζεται ως η έλλειψη ορατής ανάπτυξης (Van der Schoot, 1996) η οποία παρέχει το πλεονέκτημα στο φυτό για αναπτυξιακό συγχρονισμό για την επιβίωση στις περιβαλλοντικές καταπονήσεις (Lang, 1996). Ο Lang et al. κατά το 1987 όρισε το

λήθαργο ως “μια κατάσταση μειωμένης ή σταματημένης δραστηριότητας ή ανάπτυξης συγκεκριμένων ειδικών φυτικών ιστών που θα συνεχίσει στο μέλλον”. Ωστόσο, υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα σχετικά με τους φυσιολογικούς μηχανισμούς δράσης του λήθαργου (Shirazi, 2003).

Πολλοί ερευνητές έχουν διακρίνει τον λήθαργο σε περίοδο ‘ανάπαυσης’ και περίοδο ‘ηρεμίας’ (Sarvas, 1974, Cannell and Smith, 1983, Hanninen, 1990 and Linkosallo, 2000). Ο Sarvas (1974) όρισε την περίοδο ανάπαυσης εκείνη την περίοδο κατά την οποία οι οφθαλμοί βρίσκονται αδρανείς (σε λήθαργο) εξαιτίας φυσιολογικών συνθηκών, και ορίζει ως περίοδο ανάπαυσης την περίοδο κατά την οποία οι οφθαλμοί είναι αδρανείς εξαιτίας δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών. Πολλά μοντέλα έχουν αναπτυχθεί που περιγράφουν την διακοπή της περιόδου ανάπαυσης και της υπέρβασης της περιόδου ηρεμίας σε συνάρτηση του αθροιστικού ψύχους για την απότομη διακοπή της περιόδου ανάπαυσης (rest period) που ακολουθείται από θερμοκρασίες που αναγκάζουν να ξεπεραστεί η περίοδος ηρεμίας (quiescence period) (Sarvas, 1972, Sarvas, 1974, Fuchigami et al., 1982, Cannell and Smith, 1983 and Fuchigami & Nee, 1987) ή ως σταδιακή συσσώρευση ψύχους που αλληλεπιδρά με τις εξαναγκαστικές θερμοκρασίες όπου οδηγούν στην έκπτυση των οφθαλμών (Landsberg, 1974). Η απότομη αλλαγή από το ψύχος σε εξαναγκαστικές θερμοκρασίες (from chilling to forcing) εκφράστηκε με το διαδοχικό “sequential” μοντέλο, ενώ η αλληλεπίδραση του αθροιστικού ψύχους και των εξαναγκαστικών θερμοκρασιών περιγράφηκε ως ένα “παράλληλο”- “parallel” μοντέλο (Hanninen, 1987, Hanninen, 1990). Ενώ αυτοί οι ορισμοί σχετίζονται με την απελευθέρωση του λήθαργου, οι πραγματικοί φυσιολογικοί μηχανισμοί που εμπλέκονται για την διακοπή της περιόδου ανάπαυσης και την περίοδο εξαναγκαστικών θερμοκρασιών για την υπέρβαση της περιόδου ηρεμίας δεν είναι καλά γνωστοί και πιο πολλές μελέτες φυσιολογίας χρειάζονται να γίνουν, για εξακρίβωση των βιοχημικών αποκρίσεων των φυτών, στο αθροιστικό ψύχος και στις εξαναγκαστικές θερμοκρασίες (forcing temperatures) (Lang et al., 1987). Ωστόσο είναι γνωστό ότι το αθροιστικό ψύχος και οι εξαναγκαστικές ψηλές θερμοκρασίες συσχετίζονται σημαντικά με την διακοπή του λήθαργου και η δημιουργία μοντέλων βασισμένα στις παραπάνω σχέσεις θα είναι τελικά, χρήσιμα σε πολλούς επαγγελματίες. Παρόλα αυτά τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα, ‘κλασσικά’ μοντέλα (Richardson et al., 1974, Linsley-Noakes et al., 1995) δεν διαχωρίζουν τον λήθαργο σε περίοδο ανάπαυσης

και ηρεμίας. Αντιθέτως αθροίζουν τις μονάδες ψύχους μέχρι την έκπτυξη των οφθαλμών την επόμενη άνοιξη.

2.7.4 Ανάπτυξη φύλλων, επιμήκυνση και επέκταση

Από τον Μάρτιο έως τα τέλη Ιουνίου όλα τα είδη της οικογένειας *Prunus* συμπεριλαμβανομένης και της κερασιάς έχουν παρατηρηθεί να αναπτύσσονται γρήγορα τόσο σε επιφάνεια, βάρος και μέγεθος (Chandler, 1942). Η περίοδος αυτή συνοδεύεται από αυξημένη πρωτεΐνη, παραγωγή ορμονών και υδατανθράκων στους οφθαλμούς, οδηγώντας σε ταχεία κυτταρική διαίρεση και ανάδειξη των νεαρών βλαστών, που αποτελούνται από κόμβους που φέρουν ένα φύλλο από τους ακραίους και πλευρικούς οφθαλμούς. Αυτή η περίοδος όπως ονομάζεται από την βιομηχανία «μεγάλη περίοδος ανάπτυξης» και διαρκεί περισσότερο σε νεαρά δέντρα (Orík & Rolfe, 2005). Τα δέντρα παραμένουν ευαίσθητα σε ευνοϊκές θερμοκρασίες, ενώ οι εισροές θρεπτικών ουσιών και το κλάδεμα μπορεί να τονώσουν περαιτέρω και να «εξάψουν» την ανάπτυξη κατά την θερμή περίοδο (Kester, et al., 1996). Σε μεγάλα ώριμα δέντρα, η περίοδος ανάπτυξης των ακραίων βλαστών μειώνεται από πολλούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, το φορτίο παραγωγής των καλλιεργειών και την διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών και νερού. Οι κοντοί βλαστοί μήκους 2-5 ιντσών γνωστοί ως σπιρούνια (sprurs) αναπτύσσονται σε πλευρικούς οφθαλμούς ή από δευτερογενής επεκτάσεις ακραίων οφθαλμών προηγούμενων σπιρουνιών. Τα σπιρούνια αργότερα θα αναπτύξουν ανθοφόρους οφθαλμούς κατά τον κύκλο ανάπτυξης (Kester, et al., 1996). Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες τα ώριμα δέντρα μπορούν να αναπαράξουν πλευρικούς βλαστούς μήκους μέχρι και 10 ίντσες ικανά για να συγκρατήσουν βαρύ φορτίο (Kester, et al., 1991; Martínez-Gómez, et al., 2003).

Μετά τις περιόδους της ραγδαίας ανάπτυξης των νεαρών ή ώριμων δέντρων, η ανάπτυξη σταματά και οι ακραίοι οφθαλμοί καθιερώνονται ως επικρατέστεροι. Οι μίσχοι πυκνώνουν και σκληρύνονται, οι οφθαλμοί σχηματίζονται σε μασχάλες των φύλλων και σε σχήμα κλιμακωτών οφθαλμών, ενώ οι ακραίοι και πλευρικοί οφθαλμοί παραμένουν αδρανή από νωρίς το καλοκαίρι για την επόμενη καλλιεργητική περίοδο (Jackson, 1999).

2.7.5 Παγετοί

Έχει παρατηρηθεί ότι συχνά οι οφθαλμοί ή τα άνθη και πιο σπάνια οι καρποί των φυλλοβόλων δένδρων υφίστανται ζημιά από χαμηλές θερμοκρασίες (παγετούς) κατά την διάρκεια του χειμώνα ή της άνοιξης όταν σημειωθούν θερμοκρασίες κάτω του μηδενός. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη ανθεκτικότητα των δένδρων είναι η τοποθεσία ή το μικροκλίμα της περιοχής, ο γενότυπος (είδος και ποικιλία), το υποκείμενο, η θρέψη του φυτού, το κλάδεμα, το φορτίο καρπών του προηγούμενου έτους και η υγιεινή κατάσταση των δέντρων (Βασιλακάκης, 2004)

- **Τοποθεσία και μικροκλίμα**

Οι οπωρώνες πεδινών περιοχών (θύλακες παγετών) είναι περισσότερο ευπαθείς, όπου συσσωρεύονται οι ψυχρότερες αέριες μάζες, ενώ λιγότερο εκείνοι των επικλινών και ημιορεινών περιοχών. Υδάτινοι όγκοι πλησίον του οπωρώνα ή κίνηση αέριων μαζών αυξάνουν την θερμοκρασία της περιοχής και προστατεύουν τον οπωρώνα από παγετό. Η κερασιά όπως και μερικά άλλα είδη αντέχουν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται σε διάφορες ποικιλίες όσο αφορά τα διάφορα είδη και την αντοχή τους σε παγετούς (Βασιλακάκης, 2004). Ταυτόχρονα το υποκείμενο μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την αντοχή του δένδρου σε παγετό, όπως επηρεάζει την βλάστηση, την είσοδο των οφθαλμών στο λήθαργο και την θρέψη του δένδρου. Υποκείμενα για παράδειγμα που βάζουν το δένδρο γρηγορότερα σε λήθαργο επηρεάζουν θετικά την αντοχή των οφθαλμών στους πρώιμους φθινοπωρινούς παγετούς. Υποκείμενα που προσδίδουν ζωηρότητα στα δέντρα επηρεάζουν αρνητικά την αντοχή τους σε παγετούς (Βασιλακάκης, 2004).

Αναφορικά με την θρεπτική και υγιεινή κατάσταση των δέντρων, δέντρα που είχαν μεγάλο φορτίο καρπών και με προβλήματα προσβολών (μυκητολογικές ασθένειες, φυτόφθορα στο λαιμό, προσβολές από κοκκοειδή) παρουσιάζουν μειώμενη αντοχή σε παγετούς. Επίσης η υπερβολική αζωτούχος λίπανση καθιστά τα δέντρα ευπαθή στον παγετό και η όψιμη εφαρμογή τους επιδεινώνει την κατάσταση. Γενικότερα η περίσσεια υδατανθράκων ευνοεί τα δέντρα για αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες (Βασιλακάκης, 2004).

Όσο αφορά στο κλάδεμα, είναι γεγονός ότι ακλάδευτα δέντρα είναι λιγότερο ευπαθή από ότι τα κλαδεμένα. Το θερινό κλάδεμα μειώνει την σκίαση, βοηθάει την καλύτερη ανάπτυξη ανθοφόρων οφθαλμών και γενικά βελτιώνει την αντοχή του δέντρου στις χαμηλές θερμοκρασίες.

- **Ανοιξιάτικοι Παγετοί**

Σχετικά με τους ανοιξιάτικους παγετούς διακρίνονται σε λευκούς και μελανούς. Οι πιο συνηθισμένοι είναι οι λευκοί παγετοί ή παγετοί ακτινοβολίας και συμβαίνουν όταν ο ουρανός είναι καθαρός, επικρατεί νηνεμία και ψυχρές αέριες μάζες κινούνται στην περιοχή. Κατά την διάρκεια της νύκτας το έδαφος ακτινοβολεί ενέργεια που συγκεντρώνεται την ημέρα, και το πρωί (4-6π.μ.) παρατηρείται η χαμηλότερη θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα και σε ύψος 1-2 πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Παγετός παρατηρείται εάν η θερμοκρασία πέσει κάτω του μηδενός. Το αν ο παγετός αποβεί τελικά καταστροφικός ή όχι για τους ανθοφόρους οφθαλμούς εξαρτάται από το πόσο χαμηλά και με ποια ταχύτητα θα πέσει η θερμοκρασία, την διάρκεια του παγετού από την αντοχή των ανθοφόρων οφθαλμών και από το ύψος της κόμης του δένδρου (Βασιλακάκης, 2004).

Η θερμοκρασία στην οποία παρατηρείται καταστροφή εξαρτάται από το στάδιο έκπτυξης των ανθοφόρων οφθαλμών από το είδος και την ποικιλία (πίνακας 2.7.4.1)

	Κερασιά								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Μέση θερμοκρασία για 10% ζημιά	-8.3	-5.6	-3.9	-3.3	-2.8	-2.8	-2.2	-2.2*	-2.2
Μέση θερμοκρασία για 90% ζημιά	-15	-13	-10	-8.3	-6.1	-4.4	-3.9	-3.9*	-3.9
Μέση ημερομηνία περιοχής	5/3	13/3	23/3	27/3	1/4	4/4	8/4	13/4*	21/4

*Οι αριθμοί με σκούρα γράμματα αντιστοιχούν στο στάδιο πλήρους άνθισης

Πίνακας 2.7.4.1: Κρίσιμες θερμοκρασίες παγετοπληξίας ανθοφόρων οφθαλμών και ανθέων σε διάφορα στάδια ανάπτυξης κερασιάς, Πηγή: Westwood, 1978 (Βασιλακάκης, 2004).

Για την αποφυγή της ζημιά των οπωρώνων εφαρμόζονται ενεργητικά συστήματα παγετοπροστασίας (π.χ. θέρμανση με καύσιμη ύλη, καταιονισμός με νερό) και παθητικά συστήματα παγετοπροστασίας (π.χ. επιλογή κατάλληλης περιοχής, ποικιλίας, κλάδευμα).

2.7.6 Συσσωρευμένο ψύχος

Η ιδέα ότι τα φυλλοβόλα δέντρα πρέπει να υποβληθούν σε μια περίοδο ανάπαυσης και συσσώρευσης δροσερών θερμοκρασιών προκειμένου να προχωρήσουν στο επόμενο στάδιο της ανάπτυξης τους έχει γίνει γνωστό μεταξύ των παραγωγών από τα τέλη της δεκαετίας του 1930 (Chandler & Tufts, 1934). Τα φυλλοβόλα δέντρα συχνά αναπτύσσονται σε κλίματα με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και έχουν προσαρμοστεί για να αποφεύγονται οι εσωτερικοί παγετοί κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Από τον Οκτώβριο μέχρι τις αρχές Νοεμβρίου, τα δέντρα αθροίζουν τα θρεπτικά τους συστατικά στα στελέχη τους και τις ρίζες και είναι γενετικά προγραμματισμένα ενδογενώς (εσωτερικά) για προσωρινή αναστολή της αναπαραγωγικής τους ανάπτυξης (αδράνεια) στο πλαίσιο της προετοιμασίας τους για τον λήθαργο (Erez, 2000).

Τα δέντρα αναπτύσσουν προστατευτικά φύλλα και κλίμακες οφθαλμών πάνω από τα φυτικά και αναπαραγωγικά τους μεριστήματα που μπορεί να αντέξουν κάτω από πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Αυτή η διαδικασία που ονομάζεται επισκλήρυνση ενεργοποιείται από μικρές ημέρες και χαμηλότερες θερμοκρασίες (Weiser, 1970). Ο πλήρης ενδολήθαργος στα φυλλοβόλα δέντρα συνήθως επιτυγχάνεται μέχρι το Νοέμβριο ή Δεκέμβριο και οι σύντομες θερμές περιόδους δεν θα επηρεάσουν την ανάπτυξη και επισκλήρυνση των δέντρων (Larcher, 2005).

Οι μικρές ημέρες με κρύες θερμοκρασίες διεγείρουν την παραγωγή της ορμόνης ABA (αμπισικό οξύ) στο φυτό. Η ορμόνη ABA επηρεάζει την γονιδιακή έκφραση της σύνθεσης των στρεσογόνων πρωτεϊνών και είναι συνδεδεμένη με διαδικασίες που ρυθμίζουν τον λήθαργο (Powell, 1987; Somerville, 1996). Τα επίπεδα της ορμόνης ABA έχουν μελετηθεί σε αδρανής σπόρους (Goldwin, 1992), αλλά λιγότερες είναι οι γνώσεις σχετικά με την αλληλεπίδραση μεταξύ της ορμόνης ABA και των οφθαλμών των φυλλοβόλων δέντρων.

Προκειμένου να ξεπεραστεί ο λήθαργος, οι συγκεντρώσεις της ορμόνης ABA πρέπει να είναι επαρκώς υποβαθμισμένες για να επιτρέψουν στην γιββερελλίνη (gibberellin - GA) να προωθήσει την άνθιση και την ανάπτυξη. Οι Davison and Young, (1973) διαπίστωσαν ότι τα επίπεδα της ορμόνης ABA στα ροδάκινα το φθινόπωρο ήταν δέκα φορές το ποσό που βρέθηκε κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου, και μειώθηκε με

το φούσκωμα των οφθαλμών, δείχνοντας την σχέση ανάμεσα στην μείωση των επιπέδων της ορμόνης ABA και την διακοπή του λήθαργου (Davison & Young, 1973).

Το υψόμετρο καθώς και το κλίμα στην τοποθεσία του οπωρώνα, πρέπει να αντιστοιχούν ανάλογα με της απαιτήσεις της ποικιλίας σε ψύχος, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η χρονική περίοδος άνθισης την άνοιξη με επιτυχία. Τα περισσότερα εύκρατα και υποτροπικά είδη πολυετών φυτών απαιτούν έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες για την φυσιολογική τους ανάπτυξη κατά την διάρκεια της περιόδου του λήθαργου. Οι καλλιεργητές πρέπει να κατανοήσουν τη σχέση ανάμεσα στην ποικιλία, τις αναγκαίες απαιτήσεις σε ψύχος και το κλίμα του οπωρώνα για την επιτυχή παραγωγή. Εάν οι θερμοκρασίες του χειμώνα δεν πληρούν την αναγκαίες απαιτήσεις ψύξης μια ποικιλίας τα δένδρα θα παρουσιάζουν σημάδια καθυστερημένης άνθισης και φυλλοφορίας, καθώς και μειωμένης καρπώδεσης και κουμπώματος λουλουδιών που εμφανίζουν εξωτερικά σημάδια επιτυχημένης επικονίασης, αλλά ποτέ δεν εξελίσσονται σε φρούτα και συνεπώς οδηγούν σε μειωμένη ποιότητα καρπών (Byrne & Bacon, 1992).

2.8 Μοντέλα συσσωρευμένου ψύχους

Για τον υπολογισμό των αποτελεσματικών θερμοκρασιών ψύξης κατά την διάρκεια του λήθαργου του δένδρου έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα αθροιστικών μονάδων ψύξης και αντίστοιχες τιμές των θερμοκρασιών ψύξης για τους καλλιεργητές κατά τα τελευταία 60 χρόνια. Για τα δέντρα τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μοντέλα είναι τα μοντέλα ωρών ψύχους- Chilling Hours Model (Weinberger, 1950), το Utah Chilling Unit Model (Richardson, et al., 1974), και το Dynamic Model (Fishman, et al., 1987).

2.8.1 Ώρες ψύχους

Οι ώρες ψύξης, chilling units (CH) είναι ο απλούστερος τρόπος για να μετρηθεί η ψύξη. Οι μονάδες ψύξης μετρώνται ως το συσσωρευμένο ποσό των ωρών με θερμοκρασίες 45°F (7,22 °C) ή χαμηλότερα, κατά την διάρκεια ενός καθορισμένου χρονικού διαστήματος (συνήθως 1^η Μαρτίου με 30 Νοεμβρίου) (Glozer & Grant, 2005, Weinberger, 1950). Για την περίπτωση των φυλλοβόλων δέντρων έχουν προταθεί διάφορες απαιτήσεις σε ώρες ψύχους (CH). Για την οικογένεια των ειδών *Prunus* έχει εκτιμηθεί ότι απαιτούνται μεταξύ 50 και 1700 ώρες ψύχους (Sedgley & Griffin, 1989).

Αναφορικά με το μοντέλο ωρών ψύχους (chilling hour model) προκύπτουν κάποια θέματα στην περίπτωση που οι θερμοκρασίες είναι κάτω από 45°F (7,22°C) και εναλλάσσονται με θερμοκρασίες πάνω από 45°F (7,22°C), με αποτέλεσμα μια ακυρωτική επίδραση που δεν υπολογίζεται στο μοντέλο ωρών ψύχους (chilling hour model) (Glozer & Grant, 2005). Αυτή η ακυρωτική επίδραση συνήθως εμφανίζεται στα μεσογειακά κλίματα. Έχουν προταθεί πολύ πιο περίπλοκα μοντέλα για καλύτερη μέτρηση των θερμοκρασιών ψύχους. Το Utah Chilling model υπολογίζει το αθροιστικό ψύχος από 36.5°F (2,5°C) έως 54.5°F (12,5°C) σε μορφή μονάδων ψύχους Chilling Units (CU) (Byrne & Bacon, 1992; Richardson, et al., 1974). Μέσα σε αυτό το εύρος υπάρχουν αρκετά υπο-διαστήματα με σταθμισμένες τιμές μονάδων ψύχους (πίνακας 2.8.1.1) (Richardson, 1974).

Σταθμίσεις Μονάδων Ψύχους	
1 ώρα κάτω από 1° C	= 0.0 μονάδα ψύχους
1 ώρα μεταξύ 1° C - 2° C	= 0.5 μονάδα ψύχους
1 ώρα μεταξύ 2° C - 9° C	= 1.0 μονάδα ψύχους
1 ώρα μεταξύ 9° C - 12° C	= 0.5 μονάδα ψύχους
1 ώρα μεταξύ 12° C - 16° C	= 0.0 μονάδα ψύχους
1 ώρα μεταξύ 16° C - 18° C	= -0.5 μονάδα ψύχους
1 ώρα > 18° C	= -1.0 μονάδα ψύχους

Πίνακας 2.8.1.1: Εύρος θερμοκρασιών και οι αντίστοιχες τιμές στη σταθμισμένες τιμές βάση του Utah Model (Byrne & Bacon, 1992).

Οι θερμοκρασίες που βρίσκονται εκτός αυτών των διαστημάτων δίνουν μηδενική ή αρνητική συνεισφορά στο άθροισμα. Αυτό το μοντέλο λειτουργεί καλά σε δροσερά και κρύα κλίματα αλλά δίνει προβληματικά αποτελέσματα σε υπερβολικές συσσωρεύσεις αρνητικών μονάδων ψύχους στα υποτροπικά κλίματα (Luedeling, Zhang, Leudeling & Givetz, 2009). Το Positive Utah Chilling model είναι μια τροποποίηση του μοντέλου Utah όπου οι αρνητικές τιμές παραλείπονται. Η εφαρμογές αυτού του μοντέλου έχουν βελτιώσει τα αποτελέσματα που δίνει το μοντέλο Utah σε υποτροπικά κλίματα (Linsley-Noakes, Lou&Allan, 1995; Richardson, et al., 1974).

Το Dynamic Model (Fishman, Erez and Couvillon, 1987) αναπτύχθηκε στο Ισραήλ και είναι ευρύτερα αποδεκτό για ζεστές εύκρατες περιοχές και υποτροπικά κλίματα

(Luedeling, et al., 2009). Το μοντέλο αυτό εμπλέκει μια σύνθετη συνάρτηση που επιτρέπει τις μετρήσεις ψύχους να αντιστρέφονται από ψηλές θερμοκρασίες μέχρις ότου φτάσει σε ένα ορισμένο όριο συσσωρευμένων μονάδων. Μόλις η διάρκεια και η ένταση της ψύξης φθάσει στο αθροιστικό όριο ή στο ποσοστό ψύχους, το μοντέλο αρχίζει να συσσωρεύει ψύξη με αμετάκλητο τρόπο. Το μοντέλο περιλαμβάνει επίσης την ακύρωση της επίδρασης για θερμοκρασίες εναλλασσόμενες πάνω και κάτω από 45°F (7,22°C).

Οι ώρες ψύξης και τα μοντέλα Utah Chilling είναι ευρέως αποδεκτά ως βιομηχανικά πρότυπα για την μέτρηση της ψύξης μεταξύ των ετήσιων και πολυετών φυτών. Το Dynamic model, παρόλο που αναπτύχθηκε την ίδια περίοδο όπως το Utah Chilling model τη δεκαετία του 1970, είναι λιγότερο γνωστό μεταξύ των μεγάλων βιομηχανιών και παρουσιάστηκε από την ιστοσελίδα του UC Davis Fruit and Nut Center ως ένα ερευνητικό εργαλείο παρά ως ένα τυπικό βιομηχανικό μοντέλο.

Μελέτες που αφορούν στην ψύξη και την συσσώρευση της περιλαμβάνει διάφορες αντικρουόμενες απόψεις. Μια από αυτές είναι η αρνητική επίδραση της ψύξης πάνω από τα ανώτερα όρια των θερμοκρασιών ψύξης. Το μοντέλο Utah εκτιμά ανεπαρκώς αυτή την επίδραση ενώ το μοντέλο ωρών ψύξης-chilling hour model δεν λαμβάνει υπόψη καθόλου την επίδραση αυτή (Luedeling & Brown, 2011). Επιπλέον είναι το γεγονός ότι τα είδη και οι ποικιλίες διαφέρουν ως προς τις αναγκαίες απαιτήσεις τους σε ψύχος και τις αποτελεσματικές θερμικές τους ανάγκες. Παράλληλα τα πειραματικά αποτελέσματα δεν μπορούν να μεταφράζονται άμεσα προς άλλες γεωγραφικές τοποθεσίες αφού οι τοποθεσίες των καλλιεργειών διαφέρουν ως προς το κλίμα (Luedeling & Brown, 2011).

2.9 Growing degrees

Οι Growing Degrees (GD°) αναφέρονται σε αθροιστικές θερμοκρασίες πάνω από το κατώτερο όριο ανάπτυξης του είδους που απαιτούνται για την φυσιολογική ανάπτυξη ενός οργανισμού (Wilson & Barnett, 1983). Η έρευνα έχει δείξει ότι η ανάπτυξη και η εξέλιξη επιταχύνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και επιβραδύνεται με ψυχρότερες θερμοκρασίες (Zalom, et al., 1983). Ο Cesaraccio et al. (2001) αναφέρει ότι “η συσσώρευση θερμότητας διαχρονικά ονομάζεται ‘φυσιολογικός χρόνος’ (*physiological*

time) και οι βαθμοί ανάπτυξης (*growing degrees*) είναι πιο ακριβής μέτρηση της ανάπτυξης σε σχέση με τον φυσικό χρόνο” (Cesaraccio, Spano, Duce & Snyder, 2001).

Οι Growing Degrees μπορούν να εκφραστούν ως βαθμοώρες (*growing degree hours-GDH°*) όπου τα ωριαία δεδομένα είναι διαθέσιμα, ή ως μέση τιμή των ημεροβαθμών (*GDD°*) όταν μόνο η ημερήσια μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία είναι διαθέσιμη.

Όπως έχει αναφερθεί, ένας ημεροβαθμός ($^{\circ}D$) είναι μια μονάδα που συνδυάζει τον χρόνο και την θερμοκρασία, που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της ανάπτυξης ενός οργανισμού από το ένα στάδιο στο άλλο στάδιο κατά τον κύκλο της ζωής του. Μερικές φορές ονομάζονται και μονάδες θερμότητας βαθμοημέρων μεταξύ των κατώτατων αναπτυξιακών ορίων κάθε μέρας. Ένας ημεροβαθμός είναι μια ημέρα (24 ώρες), με την θερμοκρασία πάνω από το αναπτυξιακό κατώτερο όριο, όπου τότε αθροίζεται κατά ένα ημεροβαθμό. Για παράδειγμα εάν το κατώτερο όριο είναι $2^{\circ} C$ και η θερμοκρασία παραμένει $2^{\circ} C$ (ή 1° πάνω από το κατώτατο όριο) για 24 ώρες, τότε αθροίζεται ένας ημεροβαθμός.

Για τον υπολογισμό των ημεροβαθμών υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες μέθοδοι μέσω της χρήσης των ημερήσιων μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών. Από την πιο απλή στην πιο σύνθετη μέθοδο είναι οι: 1) μέσου όρου (*averaging*) 2) απλή τριγωνική (*single triangulation*), 3) η διπλά τριγωνική (*double triangulation*), 4) η απλή ημιτονοειδής (*single sine*) και 5) η διπλή ημιτονοειδής (*double sine*). Οι μέθοδοι αυτές θεωρούνται ‘γραμμικές’ μέθοδοι επειδή ο ρυθμός ανάπτυξης σχετίζεται γραμμικά με την θερμοκρασία. Υπάρχουν και μη γραμμικές μέθοδοι αλλά παρουσιάζονται πιο περίπλοκοι υπολογισμοί και που χρησιμοποιούνται κυρίως στην έρευνα και λιγότερο στην πράξη (Zalom et. al, 1983).

Ιστορικά, οι ημεροβαθμοί (*growing degree days - GDD°*) έχουν χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση εντομολογικών αναπαραγωγικών κύκλων προκειμένου να προβλεφτεί η περίοδος ψεκασμών στις καλλιέργειες. Έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για εκτεταμένες έρευνες σε ετήσια συστήματα καλλιέργειας (Idso et. al., 1981, Russelle, Olson, Wilhelm & Power, 1984). Μελέτες από το 1969 μέχρι την εμφάνιση των προηγμένων συστημάτων μικροεπεξεργαστών που στηρίζονται στις μέσες ημερήσιες ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες όπου τοποθετούνται σε ημιτονοειδές, διπλή ημιτονοειδές,

ορθογώνια ή τριγωνική συνάρτηση αντιπροσωπεύουν καθημερινές ημερήσιες διακυμάνσεις (Baskerville & Emin., 1969; Cesaraccio, et al. 2001; Zalom, et al., 1983).

Τα περισσότερα ιστορικά κλιματολογικά δεδομένα καταγράφουν μόνο την ημερήσια μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία. Το απλούστερο μοντέλο GDD° (εξίσωση 2.9.1) υπολογίζει την μέση ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία και τα αφαιρεί από την θερμοκρασία βάσης (συνήθως 41-50°F ή 5-10°C) (Zalom, et al., 1983).

$$GDD^{\circ} = [(TMAX + TMIN)/2] - TBASE \text{ (Εξίσωση: 2.9.1)}$$

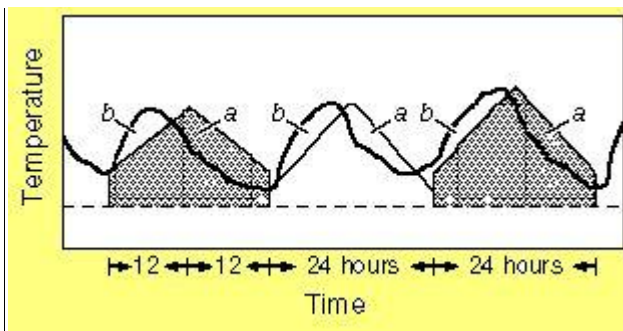
Παρόμοια όπως με το θέμα της ψύξης, ο Roltsch et al (1999) διατυπώνει ότι λόγω της τοποθεσίας, των ειδών και των διαφόρων ποικιλιών (λόγο της ειδικής φύσης φυσιολογικών διαδικασιών) τα λάθη είναι κοινά όταν χρησιμοποιούνται οι μέσοι $GD D^{\circ}$ στις τιμές των συντελεστών ανάπτυξης και των ορίων θερμοκρασιών (Roltsch et. al., 1999). Ο Ruml το 1999, αναγνώρισε ότι οι θερμοκρασίες βάσης ποικίλουν μεταξύ των περιβαλλοντικών συνθηκών και επίσης μεταξύ των μεθόδων μοντελοποίησης (Ruml, Vukovic & Milatovic, 2010; Snyder, Spano, Cesaraccio & Duce, 1999).

Χρησιμοποιώντας τους GDH° είναι ο πιο ακριβής τρόπος μέτρησης της πραγματικής συσσωρευμένης θερμότητας (Roltsch, et al., 1999; Ruml, et al., 2010) και ορίζονται ως ένας βαθμός πάνω από το βασικό όριο θερμοκρασίας (TBASE) για μια ώρα (εξίσωση 2.9.1). Όταν η θερμοκρασία βάσης είναι κάτω από την ελάχιστη ωριαία θερμοκρασία (THOUR), η βασική θερμοκρασία αφαιρείται από την ελάχιστη θερμοκρασία για να προσδιορίσει την αθροιστική συσσώρευση σε GDH° . Όταν η βασική θερμοκρασία είναι πάνω από τη μέγιστη ωριαία ένδειξης θερμοκρασίας, δεν προστίθενται GDH° (Snyder, 1985).

Η τριγωνική μέθοδος υπολογισμού των ημεροβαθμών βασίζεται στο σχηματισμό μιας ευθείας γραμμής (εικόνα 2.9.1) μεταξύ της ελάχιστης ημερήσιας και μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας και υποθέτει ότι η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία της επόμενης μέρα είναι η ίδια και έτσι σχηματίζει ακόμα μια ευθεία γραμμή σε αυτό το σημείο δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο ένα τρίγωνο. Αυτή η μέθοδος προϋποθέτει ότι η καμπύλη της θερμοκρασίας είναι συμμετρική γύρω από την μέγιστη θερμοκρασία. Οι

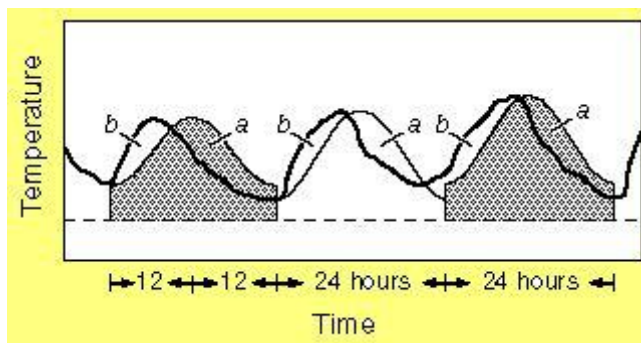
βαθμομέρες εκτιμώνται με τον υπολογισμό του εμβαδού εντός του τριγώνου και μεταξύ των κατώτερων ορίων.

Συνοψίζοντας αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί την ημερήσια ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία για να δημιουργήσει ένα ισόπλευρο τρίγωνο κατά την διάρκεια περιόδου 24-ωρών όπου έπειτα οι ημεροβαθμοί εκτιμώνται με τον υπολογισμό του εμβαδού της περιοχής που περικλείεται μέσα στο τρίγωνο που σχηματίστηκε μεταξύ των κατώτερων ορίων.



Εικόνα 2.9.1 : Τριγωνική μέθοδος υπολογισμού ημεροβαθμών (πηγή: <http://www.ipm.ucdavis.edu/WEATHER/ddconcepts.html#note>)

Η απλή ημιτονοειδής μέθοδος (εικόνα 2.9.2) είναι μια τεχνική υπολογισμού που χρησιμοποιεί την ημερήσια ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία για να δημιουργήσει μια ημιτονοειδή καμπύλη σε μια περίοδο 24-ωρών και έπειτα εκτιμώνται οι ημεροβαθμοί της ημέρας υπολογίζοντας το εμβαδό της περιοχής πάνω από το όριο και κάτω από την καμπύλη. Αυτή η μέθοδος υποθέτει ότι η καμπύλη της θερμοκρασίας είναι συμμετρική γύρω από την μέγιστη θερμοκρασία.



Εικόνα 2.9.2 : Απλή ημιτονοειδής μέθοδος υπολογισμού ημεροβαθμών (πηγή: <http://www.ipm.ucdavis.edu/WEATHER/ddconcepts.html#note>)

Ο Roltsch et al. (1999) σύγκριναν επτά μοντέλα GDD° με αθροιστικά GDH° και διαπίστωσαν ότι τα πιο περίπλοκα μοντέλα (σιγμοειδή και ορθογώνια μοντέλα μέσου όρου) ήταν πιο ακριβή-συνεπές από τα απλά μοντέλα αθροιστικών ωρών. Διαπίστωσαν επίσης ότι τα αποτελέσματα των μοντέλων ήταν πιο συνεπή κατά της θερμής εποχής απ'ότι κατ την διάρκεια των χειμερινών μηνών (Roltsch, et al., 1999). Καταλήγοντας, προτείνουν την χρήση του μοντέλου τριγωνισμού ή του ημιτονοειδούς κύματος για τον υπολογισμό των GDD° εφόσον τα ωριαία δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα.

2.10 Ο Χρόνος άνθισης

Μελέτες που αναφέρονται στον φυσιολογικό λήθαργο και στον χρόνο άνθισης σε ετήσια και πολυετή είδη έχουν προτείνει ένα μηχανισμό ρύθμισης ορμονών (εμπλέκοντας πολλούς συνδυασμούς ορμονών όπως ABA, αυξίνης, κυτοκινίνης, GA και αιθυλενίου) όπου γίνεται η εξέλιξη από το ένα στάδιο στο άλλο (Anderson, Chao & Horvath, 2001, Nooden & Weber, 1978, Suttle & Hulstrand, 1994). Ποιο πρόσφατες μελέτες υποδεικνύουν μια πιο σύνθετη σχέση εμπλέκοντας κατώτερα όρια θερμοκρασιών, ξηρασία που προκαλείται από καταπόνηση-στρες και ρυθμιστές ανάπτυξης (plant growth regulators – PGRs), όπου συνδιάζονται για να διεγείρουν την βλαστική και αναπαραγωγική ανάπτυξη των οφθαλμών που βρίσκονται σε λήθαργο- (bud primordia dormancy) (Anderson, et al., 1986, Rinne, Tuominen & Junttila, 1993). Ο Bonhomme διαπίστωσε ότι στην ροδακινιά οι οφθαλμοί που βρίσκονται σε λήθαργο και εκτίθενται σε μεγάλες και μικρές μέρες με ζεστές θερμοκρασίες συνεχίζουν στο στάδιο του ενδο-λήθαργου και πρότεινε ότι οι αναπαραγωγικοί οφθαλμοί έχουν την δυνατότητα να σταθεροποιούνται σε ένα στάδιο μεταξύ του ενδο-λήθαργου και του οίκο-λήθαργου χωρίς να χάνουν την δυνητική τους ανάπτυξη (Bonhomme et al., 1999).

Οι τρεις παράγοντες που καθορίζουν τον χρόνο ανθοφορίας είναι, η ποσότητα ψύχους (αναγκαίες μονάδες σε ψύχος), η ποσότητα έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες την περίοδο της άνοιξης πριν την άνθιση (GDH°) και οι γενετικά αναγκαίες θερμοκρασίες που απαιτούνται για την έναρξη της ανάπτυξης που ακολουθεί μετά την ολοκλήρωση του λήθαργου (Kester, et al., 1996). Ο βαθμός στον οποίο αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν την απόκριση στην άνθιση και στον χρόνο άνθισης ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία.

Σύμφωνα με τους Vargas and Romero (2001), ο χρόνος άνθισης ανά έτος μπορεί να ποικίλει σύμφωνα με τις καιρικές συνθήκες πριν και κατά την διάρκεια της άνθισης (Vargas & Romero, 2001). Ο χρόνος άνθισης μεταβιβάζεται ποσοτικά από ένα και μόνο κύριο γονίδιο και αρκετά τροποποιητικά γονίδια (Kester & Gradziel, 1996). Οι προσπάθειες που έχουν γίνει για εισαγωγή του χαρακτηριστικού πρωιμότητας στην ανθοφορία στις όψιμες ποικιλίες έχουν επιτύχει μόνο μεταξύ διασταύρωσης των μέσο-ώψιμων και πολύ όψιμων ποικιλιών ανθοφορίας (Vargas & Romero, 2001).

Οι περιστασιακοί καλλιεργητές θα παρατηρήσουν μια περίοδο προ-άνθησης της άνθισης με τις πρώιμες ποικιλίες οι οποίες εμφανίζονται στα μέσα με τέλη του Ιανουαρίου. Αυτό συμβαίνει συνήθως στις περιπτώσεις όπου οι καλλιεργητές παρατηρούν τους οφθαλμούς των δέντρων να φουσκώνουν και φαίνεται ότι πρόκειται να ανθίσουν ενώ παραμένουν αδρανή για περίπου εννέα εβδομάδες πριν πραγματικά ανοίξουν. Ο χρόνος της προ-άνθησης ποικίλει ανάλογα με την τοποθεσία (Tabuenca, 1972).

Το γεγονός της άνθισης και ο χρόνος της άνθισης μεταξύ των ποικιλιών είναι απαραίτητα για το καθορισμό μιας επιτυχούς καλλιέργειας. Οι πρώτες ποικιλίες που ανθίζουν είναι πιο εκτεθειμένες σε καταστροφές από παγετούς και απρόβλεπτες καιρικές συνθήκες για γονιμοποίηση και επομένως οι καλλιεργητές πρέπει να συσχετίζουν τις ποικιλίες που φυτεύουν με ειδικές κλιματικές συνθήκες στις αρχές της άνοιξης.

Καθώς η εποχή της άνοιξης εξελίσσεται, το ρίσκο από ζημιές λόγω του παγετού μειώνεται και οι θερμοκρασίες είναι πιο ικανοποιητικές για γονιμοποίηση και καρπόδεση, επομένως οι ποικιλίες που ανθίζουν αργότερα είναι και πιο επιθυμητές (Kester, et al., 1977). Η επιτυχής ανθοφορία επικαλύπτεται μεταξύ των ποικιλιών και αυξάνει την επικάλυψη μεταξύ των δεκτικών λουλουδιών και την έλξη των μελισσών μεταξύ των ποικιλιών, αυξάνοντας έτσι την επικονίαση και καρπόδεση. Η σειρά του χρόνου άνθισης μεταξύ των ποικιλιών είναι επίσης σημαντικός παράγοντας για την διασφάλιση ότι η κύρια παραγωγός ποικιλία είναι αποτελεσματικά γονιμοποιημένη (Sedgley & Griffin, 1989).

Οι Alonso and Socias (2009) παρατήρησαν ότι σε πολύ κρύα κλίματα όπου οι απαιτήσεις σε ψύχος πληρούνται νωρίς τον χειμώνα, οι θερμικές ανάγκες γίνονται πιο

σημαντικές στον επηρεασμό του χρόνου άνθισης. Οι ποικιλίες με υψηλές θερμικές ανάγκες μπορεί να προσαρμοστούν σε διαφορετικά κλίματα και τοποθεσίες και έτσι να διατηρήσουν πιο σταθερή απόδοση από ότι εκείνες οι ποικιλίες με χαμηλότερες απαιτήσεις θερμότητας (Alonso & Socias i Company, 2009; Citadin, et al., 2001).

Η συσχέτιση μεταξύ της άνθισης και των συσσωρευμένων μονάδων θερμότητας δεν είναι πλέον σαφής. Οι απότομες αλλαγές της θερμοκρασίας, λίγο πριν και κατά την διάρκεια της άνθισης έχει παρατηρηθεί ότι επηρεάζουν την ανεκτικότητα του άνθους σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, με τις ψηλές θερμοκρασίες να μειώνουν την ανεκτικότητα των άνθων ενώ οι χαμηλές θερμοκρασίες πιθανόν να αυξάνουν την επιβίωση του υπέρου (Proebsting & Mills, 1978).

Οι καλλιεργητές που φυτεύουν ποικιλίες με υψηλές απαιτήσεις σε ψύχος σε θερμότερες περιοχές διατρέχουν τον κίνδυνο τα δένδρα τους να μην ικανοποιούν τις αναγκαίες απαιτήσεις τους σε chilling units και να αδυνατούν να σπάσουν τον λήθαργο (Egea, et al., 2003). Από την άλλη οι αυξήσεις των θερμοκρασιών λίγο πριν την άνθιση έχουν δείξει ότι επιταχύνουν την ανάπτυξη των ανθοφόρων οφθαλμών και έτσι επιτυγχάνεται η εξέλιξη της άνθισης. Στα βερίκοκα οι υψηλές θερμοκρασίες (6-7.6°C πάνω από το μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος) έχουν ως αποτέλεσμα να οδηγούν σε προγενέστερη άνθιση και γρήγορη ανθοφορία σε μια σύντομη χρονική περίοδο, αλλά που είναι επιζήμια για την τελική απόδοση (Rodrigo & Herrero, 2002). Στα μήλα η διάρκεια της άνθισης είχε μειωθεί και η πυκνότητα της άνθισης ήταν μικρότερη σε θερμές καιρικές συνθήκες (Abbott, 1962).

2.11 Συμπεράσματα-Συζήτηση

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής αποτελεί σημαντική απειλή για την ανθρώπινη εξέλιξη και οικονομική ανάπτυξη και ο τομέας της γεωργίας είναι άμεσα επηρεαζόμενος από αυτό, αφού η απόδοση των καλλιεργειών είναι στενά συνδεδεμένη με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν παρά την ύπαρξη σύγχρονων τεχνολογιών.

Η καλλιέργεια της κερασιάς είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε αυτές τις αλλαγές, αφού οι απαιτήσεις της σε ψύχος καθώς και οι θερμικές ανάγκες διαφέρουν από ποικιλία σε ποικιλία και για πολλές ποικιλίες οι ανάγκες αυτές είναι ακόμη άγνωστες. Το πρόβλημα στην Κύπρο γίνεται ακόμη πιο μεγάλο, λόγω του ιδιαίτερα ζεστού καλοκαιριού και των

ήπιων σχετικά χειμώνων. Το θέμα των καιρικών συνθηκών σε συνάρτηση με τα προβλήματα ανταγωνιστικότητας που υπάρχουν στον κλάδο προδιαγράφουν αρνητικές εξελίξεις για το μέλλον της συγκεκριμένης καλλιέργειας στην Κύπρο.

Προς αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού απαιτείται η μερική αναδιάρθρωση των καλλιεργειών ιδιαίτερα μέσω της καλλιέργειας νέων ποικιλιών που να μπορούν να αποδώσουν κάτω από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στο νησί. Πέρα από την επιλογή των κατάλληλων ποικιλιών σημαντική είναι η κατανόηση της βιολογικής απόκρισης των ποικιλιών στις κλιματικές συνθήκες μέσα από την μελέτη της φαινολογίας τους. Μέσα από την μελέτη των φαινολογικών δεδομένων μπορεί να καθοριστεί η περίοδος βλάστησης σε μια περιοχή, καθώς επίσης με βάση τους διαθέσιμους χρόνους μπορεί να αναπτυχθεί πρόγραμμα συγκομιδής διαφόρων ποικιλιών καθώς οργάνωση των καλλιεργητικών φροντίδων. Παράλληλα οι φαινολογικές παρατηρήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διαχείριση των καλλιεργειών όσον αφορά δραστηριότητες που σχετίζονται με την πρακτική εφαρμογή της γεωργίας, όπως το χρονοδιάγραμμα άρδευσης, λίπανσης και την φυτοπροστασία των καλλιεργειών. Τα στοιχεία αυτά είναι επίσης απαραίτητα για την αξιολόγηση του κινδύνου ζημιών από παγετούς καθώς και για σκοπούς πρόβλεψης της ανάπτυξης των φυτών και των ημερομηνιών συγκομιδής. Η μελέτη της βιολογική απόκρισης των φυτών όπως εκφράζεται μέσα από την μελέτη της φαινολογίας τους, είναι μια περίπλοκη διαδικασία αφού είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης πολλών παραγόντων μεταξύ των οποίων η ιδιομορφία της ποικιλίας, η θερμοκρασία και οι θερμικές μονάδες, οι παγετοί και το συσσωρευμένο ψύχος. Για τον υπολογισμό των θερμικών μονάδων καθώς και των μονάδων ψύχους έχουν προταθεί και χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι, όπως είναι το Utah Chilling model για τον υπολογισμό των αθροιστικών μονάδων ψύχους και η κατά μέσο όρο μέθοδος για του υπολογισμό των θερμικών βαθμοημέρων.

Για την καταγραφή των φαινολογικών σταδίων των καλλιεργειών βασικό εργαλείο είναι οι φαινολογικές κλίμακες. Από τις πιο γνωστές η κλίμακα BBCH χρησιμοποιείται για σκοπούς έρευνας, διοίκησης και για εφαρμογές στον τομέα της γεωργίας και της κηπευτικής όπως στην φαινολογία ως ολοκληρωμένη επιστήμη στο περιβάλλον, την μετεωρολογία και την κλιματολογία.

Είναι σαφές ότι οι φαινοφάσεις είναι ιδανικοί δείκτες των τοπικών αλλά και της παγκόσμιας αλλαγής του καιρού και του κλίματος στη βιόσφαιρα της γης. Οι μεταβολές αυτές στα φαινολογικά στάδια ανάπτυξης των καλλιεργειών πιθανόν να επηρεάσουν την παραγωγικότητα αλλά και την ποιότητα παραγωγής των καλλιεργειών με άμεσο αντίκτυπο στην κερδοφορία και βιωσιμότητα του παραγωγού. Επομένως η μελέτη του χρόνου εμφάνισης φαινοφάσεων ανά έτος καθώς και η μεταβλητότητα τους μπορεί να βοηθήσει στην βελτίωση της απόδοσης καλλιεργειών καθώς και στην βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων με στόχο την στήριξη και ανάπτυξη του αγροτικού τομέα κάτω από την απειλή της κλιματικής αλλαγής.

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογία

Προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της παρούσας διατριβής ακολουθήθηκαν μιας σειρά από διαδοχικά βήματα. Αρχικά, αφού έγινε καταγραφή των στόχων και του σκοπού, τέθηκαν τα ερευνητικά ερωτήματα και αντίστοιχα οι υπό εξέταση ερευνητικές υποθέσεις. Ακολουθώς περιγράφεται η περιοχή μελέτης, το πειραματικό τεμάχιο καθώς και ο πειραματικός σχεδιασμός. Παρουσιάζονται επίσης οι υπό μελέτη ποικιλίες, τα διαθέσιμα δεδομένα και η διαδικασία συλλογής των δεδομένων (κλιματολογικά δεδομένα, φαινολογικά δεδομένα και ποιοτικά δεδομένα). Στην συνέχεια περιγράφονται οι μέθοδοι ανάλυσης των δεδομένων, η μεθοδολογία προσαρμογής των φαινολογικών μοντέλων καθώς και ο τρόπος αξιολόγησης τους. Έπειτα παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού των αθροιστικών ημεροβαθμών και των αθροιστικών μονάδων ψύχους που χρησιμοποιήθηκαν και εν κατακλείδι, γίνεται αναφορά στην στατιστική μεθοδολογία ανάλυσης των ποιοτικών μορφολογικών χαρακτηριστικών των καρπών.

3.1 Σκοπός – Στόχοι και Ερευνητικά ερωτήματα

Η παρούσα μελέτη σκοπό έχει την διερεύνηση της επίδρασης κλιματικών παραγόντων στα φαινολογικά στάδια καλλιέργειας κερασιάς στην Κύπρο με ιδιαίτερη έμφαση στο φαινολογικό στάδιο της άνθισης λόγω της σημαντικότητας του και τον καθοριστικό του ρόλο, ως προς την τελική παραγωγή. Παράλληλα γίνεται διερεύνηση της επίδρασης των κλιματικών παραμέτρων σε ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού, εξετάζοντας τρεις συγκεκριμένες ποικιλίες κερασιάς σε πλήρως τυχαίο παραγοντικό πείραμα.

Ειδικότερα η παρούσα διατριβή εστιάζεται, στην μελέτη της επίδραση της θερμοκρασίας, μέσω υπολογισμού των αθροιστικών ημεροβαθμών καθώς και των μονάδων ψύχους στην φαινολογία της κερασιάς, δίνοντας ιδιαίτερη βάση στο στάδιο της άνθισης κατά την διάρκεια τριών διαδοχικών ετών (2013-2015) σε τρεις ποικιλίες κερασιάς. Συγκεκριμένα μελετάται η επίδραση των αθροιστικών ημεροβαθμών στον χρόνο άνθισης καθώς και πως μεταβάλλεται ο χρόνος εμφάνισης και η διάρκεια των φαινολογικών σταδίων από ποικιλία σε ποικιλία.

Η κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τον χρόνο άνθισης και την διάρκεια μεταξύ της ανθοφορίας και του χρόνου συγκομιδής των καρπών επιτρέπει στους καλλιεργητές να προβλέπουν τους χρόνους άνθισης και να επιτυγχάνουν το βέλτιστο αποτέλεσμα στην απόδοση των καλλιεργειών τους. Με αυτή των γνώση οι καλλιεργητές θα είναι σε θέση να επιλέξουν την πιο κατάλληλη ποικιλία για καλλιέργεια ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκονται. Παράλληλα έχοντας κατανοήσει την φαινολογική απόκριση της κάθε ποικιλίας μέσω της διάρκειας και του χρόνου εμφάνισης των φαινοφάσεων μπορεί να γίνει κατάλληλος προγραμματισμός των καλλιεργητικών φροντίδων και επεμβάσεων προς καλύτερη και αποδοτικότερη διαχείριση της καλλιέργειας. Επιπλέον, γνωρίζοντας τις σχέσεις μεταξύ αθροιστικών ημεροβαθμών και συγκεκριμένων φαινολογικών σταδίων της κερασιάς θα μπορεί να αξιολογηθεί και η επίδραση μιας επερχόμενης κλιματικής αλλαγής (διαφοροποιήσεις στις μέσες θερμοκρασίες) στην φαινολογία του είδους.

Ερευνητικά ερωτήματα:

- πως οι κλιματικές παράμετροι (θερμοκρασία) συσχετίζονται και επιδρούν, στα φαινολογικά στάδια της υπό μελέτη καλλιέργειας
- πως το φαινολογικό στάδιο της άνθισης εκφράζεται ως συνάρτηση των αθροιστικών βαθμοημέρων για κάθε ποικιλία ξεχωριστά
- πως μεταβάλλεται η διάρκεια των φαινοφάσεων σε κάθε ποικιλία και κατά πόσο διαφέρουν σε διάρκεια οι φαινοφάσεις μεταξύ των ποικιλιών
- κατά πόσο οι υπό μελέτη ποικιλίες διαφέρουν ως προς τον χρόνο εμφάνισης των φαινοφάσεων τους
- κατά πόσο οι υπό μελέτη ποικιλίες διαφέρουν ως προς τον χρόνο πλήρης ανθοφορίας και στον χρόνο έναρξης της άνθισης
- κατά πόσο οι υπό μελέτη ποικιλίες διαφέρουν ως προς τον χρόνο ωρίμανσης καρπών και χρόνο συγκομιδής
- κατά πόσο οι υπό μελέτη ποικιλίες διαφέρουν μορφολογικά και παραγωγικά (απόδοση)

Σκοποί και Υποθέσεις:

Σκοπός 1: Εκτίμηση συσχετίσεων μεταξύ των μέσων ετήσιων θερμοκρασιών για τα τρία υπό εξέταση έτη.

Υπόθεση Α: Η μέση ετήσια θερμοκρασία από έτος σε έτος δεν έχει σημαντική μεταβολή και κυμαίνεται κατά μέσο όρο στα ίδια επίπεδα.

Σκοπός 2: Εκτίμηση της μορφής της σχέσης ανάμεσα στην θερμοκρασία πριν την άνθιση και του χρόνου άνθισης.

Υπόθεση Α: Συγκεκριμένη ποσότητα ψυχρών θερμοκρασιών εκφρασμένες σε μονάδες ψύχους (chilling units) που ακολουθούνται με ταυτόχρονη ποσότητα θερμικών μονάδων (αθροιστικών ημεροβαθμών) έχουν σημαντική συσχέτιση με τον χρόνο άνθισης για κάθε χρόνο και ποικιλία.

Υπόθεση Β: Η ημερομηνία εμφάνισης της πλήρους ανθοφορίας θα εξαρτάται από το σύνολο των αθροιστικών ημεροβαθμών αρχής γενομένης από μια καθορισμένη ημερομηνία (1^η Ιανουαρίου) μέχρι την πραγματική ημερομηνία εμφάνισης της πλήρους ανθοφορίας.

Σκοπός 3: Εκτίμηση διαφορών μεταξύ των υπό μελέτη ποικιλιών ως προς την διάρκεια και χρόνο εμφάνισης των φαινοφάσεων τους καθώς και σε ποιοτικά χαρακτηριστικά και τελική απόδοση.

Υπόθεση: Οι υπό εξέταση ποικιλίες θα διαφέρουν σημαντικά ως προς τις αθροιστικές θερμικές μονάδες που χρειάζονται για την εμφάνιση της πλήρους ανθοφορίας καθώς και ως προς την διάρκεια των φαινολογικών σταδίων και τον χρόνο ωρίμανσης των καρπών και της συγκομιδής, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (μέσο βάρος καρπού) αλλά και ως προς την συνολική τους απόδοση.

Σκοπός 4: Εκτίμηση της σχέσης που συνδέει την θερμοκρασία περιβάλλοντος πριν την άνθιση με την άνθιση.

Υπόθεση: Το ποσοστό εμφάνισης της άνθισης μπορεί να εκφραστεί ως συνάρτηση των αθροιστικών θερμικών μονάδων πριν την άνθιση και εκφράζεται ως μη γραμμική σχέση για κάθε ποικιλία.

3.2 Περιοχή μελέτης και Πειραματικό τεμάχιο

Για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής τα πειραματικά δεδομένα συλλέχθηκαν από εγκατεστημένο πειραματικό τεμάχιο καλλιέργειας κερασιών στον Πειραματικό Σταθμό Σαϊττά του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών Κύπρου (ΙΓΕ). Πρόκειται για πείραμα που εγκαταστάθηκε αρχές της δεκαετίας του '90 με σκοπό την αξιολόγηση δέκα ποικιλιών κερασιάς. Τα δέντρα φυτεύτηκαν το 1992 και μπήκα στο στάδιο καρποφορίας μετά το 5^ο έτος. Τα δέντρα είναι φυτεμένα σε αποστάσεις φύτευσης 6,7 μέτρα μεταξύ των δέντρων και σε απόσταση 6,7 μέτρα ανάμεσα στις γραμμές. Κάθε τυχαιοποιημένη

ομάδα καταλαμβάνει έκταση 1,47 δεκάρια και συνολικά το πειραματικό τεμάχιο καλύπτει έκταση 4,41 δεκάρια. Τα πρώτα χρόνια σημαντική ήταν η προσπάθεια για διαμόρφωση του σχήματος των δέντρων σε ομοιόμορφο κυπελλοειδές σχήμα. Κατάλληλες καλλιεργητικές φροντίδες πραγματοποιούνται καθ'όλη την διάρκεια του έτους (κατεργασία εδάφους, ψεκασμοί, κλάδευμα, λίπανση και άρδευση) και η διαμόρφωση της κόμης των δέντρων διατηρείται σε ομοιόμορφο κυπελλοειδή σχήμα. Σύμφωνα με εμπειρικά δεδομένα μικρό ποσοστό των δέντρων έχει προσβληθεί από βακτηριακό έλκος που δύσκολα μπορεί να καταπολεμηθεί.

3.2.1 Πειραματικός Σχεδιασμός

Στο πειραματικό τεμάχιο (εικόνα 3.2.1.1) βρίσκονται εγκατεστημένες δέκα ποικιλίες κερασιάς όπου είναι κατανεμημένες σε τρεις πλήρως τυχαιοποιημένες ομάδες (μπλοκς). Σε κάθε ομάδα βρίσκονται τυχαιοποιημένα δύο δέντρα από κάθε ποικιλία. Ανάμεσα στις ποικιλίες περιλαμβάνεται και μια ποικιλία ως επικονίασης. Συνολικά φυτεύτηκαν αρχικά 60 δέντρα δέκα ποικιλιών όπου σε κάθε ποικιλία αντιστοιχούν 6 δέντρα-επαναλήψεις. Στην πορεία με την πάροδο των χρόνων κάποια από τα δέντρα εκριζώθηκαν αφού ξεράθηκαν λόγω προσβολής τους από ιώσεις. Για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής και για σκοπούς απλούστευσης, έχουν επιλεγεί για μελέτη τρεις ποικιλίες όπου θα καταγράφονται δεδομένα από τα 6 δέντρα – 2 δέντρα από κάθε ομάδα.

3.2.2 Περιοχή Μελέτης

Το πειραματικό τεμάχιο όπως έχει αναφερθεί βρίσκεται εγκατεστημένο στον Πειραματικό Σταθμό Σαϊττά (γεωγραφικό πλάτος 34°52'12.99"B, γεωγραφικό μήκος 32°55'8.79"A) του Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών (εικόνα 3.2.2.1). Ο Σαϊττάς βρίσκεται 29 περίπου χιλιόμετρα βορειοδυτικά της πόλης της Λεμεσού, στη μέση περίπου απόσταση του δρόμου προς το Τρόδος, στη νότια πλευρά της οροσειράς του Τροόδους κοντά στα χωριά Μονιάτης και Τριμίκλινη σε υψόμετρο 650 μέτρα (εικόνες 3.2.2.2,3). Ο πειραματικός σταθμός περιτριγυρίζεται από συνεχόμενες ψηλές βουνοκορφές και στη Νότια πλευρά του σταθμού, υπάρχει ένα μεγάλο φαράγγι, που δροσίζεται με τα γάργαρα νερά του ποταμού Κούρη. Δέχεται μια μέση ετήσια βροχόπτωση γύρω στα 680 χιλιοστόμετρα και στην περιοχή καλλιεργούνται αμπέλια, αμυγδαλιές, ελιές και άλλα οπωροφόρα. Οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής είναι ιδανικές για τη διεξαγωγή πειραματικών εργασιών στην αμπελουργία και τα φυλλοβόλα δέντρα.

ΟΜΑΔΑ ΙΙΙ										
	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Ποικιλία	2	10	1	5	6	8	9	7	3	4
	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Ποικιλία	4	7	5	3	8	9	2	1	10	6

ΟΜΑΔΑ ΙΙ										
	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Ποικιλία	1	10	7	4	8	3	9	6	5	2
	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Ποικιλία	2	8	3	4	5	9	6	7	10	1

ΟΜΑΔΑ Ι										
	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Ποικιλία	7	10	8	2	3	1	5	6	4	9
	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Ποικιλία	1	3	9	4	2	6	7	5	10	8

Εικόνα 3.2.1.1: Πειραματικό Σχέδιο



Εικόνα 3.2.2.1: Το πειραματικό τεμάχιο (πηγή: Google earth maps)



Εικόνα 3.2.2.2.: Η περιοχή Σαϊττά (πηγή: Google earth maps)



Εικόνα 3.2.2.3.: Η περιοχή Σαϊττά (πηγή: Google earth maps)

3.3 Οι υπό μελέτη ποικιλίες

Στον εγκατεστημένο πειραματικό κερασιώνα, όπως έχει αναφερθεί βρίσκονται υπό αξιολόγηση δέκα ποικιλίες κερασιάς εκ των οποίων μόνο οι τρεις έχουν επιλεγεί για παρακολούθηση για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής. Η επιλογή των συγκεκριμένων τριών ποικιλιών έγινε έπειτα από αξιολόγηση των πειραματικών μονάδων-δέντρων ως προς την φυτουγειονομική τους κατάσταση και ως προς την πληρότητα των επαναλήψεων των δέντρων και συνεπώς των πειραματικών δεδομένων αφού κατά την διάρκεια των καλλιεργούμενων χρόνων κάποια από τα δέντρα έχουν εκριζωθεί ή έχουν προσληφθεί από ασθένειες όπως το βακτηριακό έλκος. Οι ποικιλίες που επιλέχθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας διατριβής είναι οι ποικιλίες: Bigarreau Burlat, Utah Giant και η Bigarreau Ferbolus (Verdel).

3.3.1 Bigarreau Burlat

Η γαλλική ποικιλία Bigarreau Burlat άγνωστης καταγωγής είναι δημοφιλής σε ολόκληρο τον κόσμο χάρη της βαριάς σοδειάς της και της πρωιμότητας της μέσα στην σεζόν. Ανακαλύφθηκε το 1915 ως ένα τυχαίο σπορόφυτο κοντά στο Lyons της Γαλλίας, από τον Leonard Burlat, δενδροκόμο στο Loire της περιοχής Rhone. Αρχικά επιλέχθηκε από τον L. Burlat στο Pierre Benite στην κοιλάδα του Ροδανού της Γαλλίας.

Το INRA στη Γαλλία έχει πρόσφατα επιλέξει τον Burlat κλώνο V 370. Το δένδρο είναι κανονικού σχήματος, μεγάλου μεγέθους και ζωηρό, όχι πολύ μεγάλου ύψους, συνήθως όρθιο όταν είναι νεαρό και έπειτα εξαπλώνεται. Ανθίζει στο μέσον της σεζόν (10-15 Απριλίου στην περιοχή Bordeaux-Nimes της Γαλλίας). Ωριμάζει αρχές του τρίτου δεκαήμερου του Μαΐου (πρώιμη) και παρουσιάζει ευαισθησία στο σχίσσιμο των καρπών ενώ παρουσιάζει μεγάλη παραγωγικότητα. Είναι μεγαλόκαρπη ποικιλία σε σχήμα καρδιάς, λίγο επίπεδο στην πλευρά του μίσχου, το χρώμα του δέρματος του είναι κόκκινο ή μωβ-κόκκινο, λαμπερό και μέτριου πάχους, αλλά ευαίσθητα ή πολύ ευαίσθητα στο σκίσιμο. Η σάρκα είναι μέτριας σκληρότητας (ημιτραγανή) ή μαλακή, ζουμερή, γλυκιά και ημιπύρηνη (με μισό κουκούτσι).

Η ημερομηνία ωρίμανσης στη Γαλλία στην περιοχή Bordeaux-Nimes είναι 26-28 Μαΐου. Η Burlat γονιμοποιείται με τις ποικιλίες Durone Neri 1, Durone Nero 2, Durone della Marca, Giorgia, Bing, Larian, Rainier, Starking Handy Giant, Hedelfinger, Napoleon, Garnet και Van, αλλά είναι μη συμβατή με την ποικιλία Moreau. Το Istituto Sperimentale per la Frutticoltura στη Ρώμη της Ιταλίας, επέλεξε την Burlat C1, η οποία εισάχθηκε τη 1983. Αυτό είναι ένα συμπαγής μεταλλαγμένος κλώνος που λήφθηκε από οφθαλμούς της Burlat ακτινοβολημένα το 1969 ως μέρος ενός ερευνητικού προγράμματος σε συνεργασία με το Entre Nazionale per l'Energia Atomica (ENEA). Το μέγεθος ενός δέντρου Burlat C1 είναι περίπου 25% μικρότερο από την Burlat (Webster and Looney, 1996).

Σύμφωνα με μελέτη που πραγματοποίησε το ΕΘΙΑΓΕ (2011) η ποικιλία B. Burlat είναι η πιο πρώιμη αξιόλογη ποικιλία, με ικανοποιητικές και σταθερές κατ' έτος αποδόσεις, με καρπό μεγάλου μεγέθους και ζωηρό δένδρο, όχι πολύ μεγάλου ύψους. Χρησιμοποιείται και ως επικονιαστής των υπερπρώιμων ποικιλιών. Ενδείκνυται η διάδοσή της ως πρώιμη ποικιλία σε πρώιμες περιοχές. Έχει το μειονέκτημα ότι σχίζεται ο καρπός με τις βροχές και προσβάλλεται από μονίλια. Πρέπει να αποφεύγεται η καλλιέργειά της σε περιοχές με βροχερό Μάιο, γιατί είναι δυνατό να εκμηδενίζεται η παραγωγή της (ΕΘΙΑΓΕ, 2011)

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία η Burlat ωριμάζει κατά το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαΐου μέχρι τα μέσα Μαΐου. Επικονιαστής για τις ανάγκες του πειράματος είναι η ποικιλία Van. Το μητρικό υλικό για την εγκατάσταση του πειράματος προήλθε από τις μητρικές φυτείες του τμήματος Γεωργίας στην Κύπρο.

3.3.2 Utah Giant

Η ποικιλία Utah Giant είναι μεγαλόκαρπη ποικιλία με σκούρο κόκκινο χρώμα και πιο γευστικά από τις ποικιλίες Bing και Lambert. Χρειάζεται να συμπληρώσει 800 ώρες ψύχους κάτω από 45°F (7,2 °C) για να εξέλθει από τον λήθαργο και ανθοφορεί κατά τα μέσα της σεζόν. Εποχής ωρίμανσης της είναι 10-15 ημέρες μετά την Burlat, συνήθως τέλος Μαΐου με αρχές Ιουνίου (20 Μαΐου έως 6 Ιουνίου). Επικονιαστής για τις ανάγκες του πειράματος είναι η ποικιλία Van και Black Tartarian. Ως ποικιλία είναι ιδανική για ψυχρότερες περιοχές όπως επίσης και για κονσερβοποίηση και συσκευασία δεδομένου του μεγάλου μεγέθους και του χρώματος της. Ο καρπός δεν έχει την τάση να διπλασιάζεται και επικονιάζεται με τις ποικιλίες Bing, Rainier, Lambert ή Van.

Για την εγκατάσταση στην πειραματική φυτεία το πολλαπλασιαστικό υλικό είχε εισαχθεί από τη “Virus Tested Fruit Tree Collection” του Washington State University των ΗΠΑ.

3.3.3 Bigarreau Ferbolus (Verdel)

Η ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) δημιουργήθηκε στο Institut National pour la Recherche Agronomique (INRA), Grande Ferrade, Bordeaux της Γαλλίας. Προέρχεται από διασταύρωση μεταξύ των ποικιλιών Reverchon και Geant d'Hedelfingen. Χαρακτηρίζεται ως κόκκινη, τραγανή ποικιλία, μεσοόψιμης εποχής ωρίμανσης, με μεγάλο προς μέτριο μέγεθος καρπού. Ο καρπός είναι σχήματος νεφροειδούς, μεγάλου προς μέτριου μεγέθους και χρώματος επιδερμίδας κόκκινου και η σάρκα του είναι τραγανή, ροζ χρώματος, με γεύση γλυκιά και καλή γευστικότητα.

Το δέντρο είναι μετρίου μεγέθους, ορθόκλαδο, με πυκνή κόμη. Η ετήσια βλάστηση του δένδρου είναι ζωηρή. Δεν δείχνει να έχει παραγωγική τάση και οι αποδόσεις του είναι

μέτριες. Η φυλλόπτωση το Φθινόπωρο επέρχεται στα μέσα της περιόδου. Καρποφορεί σε μπουκέτα του Μαΐου, τα οποία εκφύονται σε όλο το μήκος των βλαστών. Η άνθηση είναι όψιμη και ανθίζει εννέα με δέκα ημέρες αργότερα από την B. Burlat. Η ποικιλία είναι αυτοασυμβίβαστη και χρειάζεται σταυροεπικονίαση.

Σχηματίζει πολλούς διπλούς καρπούς. Αναφέρονται ως καλοί επικονιαστές, οι ποικιλίες Fercer (Arcina), Duroni 3, B. S. Hardy Giant, Ulster και Stella (Ι.Φ.Δ., 2010).

Η ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) ωριμάζει στα τέλη Μαΐου, 10-15 ημέρες μετά από την B. Burlat (αρχές Ιουνίου) και επικονιαστής για τις ανάγκες του πειράματος είναι η ποικιλία Van.

3.4 Συλλογή και διαχείριση πειραματικών δεδομένων

Τα διαθέσιμα δεδομένα είναι βασικά και θεμελιώδη για κάθε επιστημονική έρευνα και ανάλυση, αλλά πριν να είναι χρησιμοποιηθούν για υπολογισμούς και εκτιμήσεις είναι σημαντικό να συγκεντρωθούν, να μηχανογραφηθούν και να ελεγχθούν, να αρχειοθετηθούν και το σημαντικότερο να είναι προσβάσιμα στην ερευνητική κοινότητα. Παλαιότερα αυτό ήταν λειτουργικά δύσκολο αλλά σήμερα με τη χρήση των Η/Υ είναι μια εύκολη διαδικασία.

3.4.1. Κλιματικά δεδομένα

Τα κλιματικά δεδομένα ανακτήθηκαν από κλιματολογικό σταθμό του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών που βρίσκεται εγκατεστημένος στον πειραματικό σταθμό Σαϊττά όπου είναι εγκατεστημένος και ο υπό μελέτη πειραματικός κερασιώνας. Τα κλιματικά δεδομένα αφορούσα την ημερήσια μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία για τα έτη 2013, 2014, 2015. Για την ανάκτηση των κλιματολογικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ο web server fieldclimate.com τεχνολογίας GPRS όπου μεταδίδει δεδομένα πραγματικού χρόνου από εγκατεστημένο ηλεκτρονικό μετεωρολογικό σταθμό (iMETOS electronic weather station, Pessl Instruments GmbH). Για ορισμένη περίοδο (2013), δεν καταγράφηκαν τα μετεωρολογικά δεδομένα λόγω κάποιας βλάβης του μετεωρολογικού σταθμού. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν τα μετεωρολογικά δεδομένα της κοντινότερης περιοχής που ήταν διαθέσιμα (Μετεωρολογικός Σταθμός Δασικού

κολλεγίου Κύπρου) που παρέχει η μετεωρολογική υπηρεσία Κύπρου. Τα κλιματικά δεδομένα αφού συγχωνεύτηκαν σε ένα αρχείο χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των αθροιστικών ημεροβαθμών και των αντίστοιχων μονάδων ψύχους στο Microsoft excel 2007.

3.4.2 Φαινολογικά δεδομένα Ποικιλιών

Τα φαινολογικά δεδομένα αφορούν στην ημερομηνία εμφάνισης φαινολογικών φάσεων βασισμένα στην κλίμακα BBCH του φυτού για τις τρεις υπό εξέταση ποικιλίες για έξι δέντρα κάθε ποικιλίας.

- **Το φύλλο παρατήρησης φαινολογικών δεδομένων**

Το φύλλο καταγραφής των φαινολογικών παρατηρήσεων (πίνακας 3.4.1.1) δημιουργήθηκε σύμφωνα με τα φαινολογικά στάδια της κλίμακας BBCH και χρησιμοποιήθηκε κατά την παρατήρηση και καταγραφή των φαινολογικών δεδομένων σε τυποποιημένη μορφή μαζί με εικονογραφημένα στάδια των φαινοφάσεων για αποφυγή λαθών και παραλήψεων, για όλες τις υπό μελέτη ποικιλίες. Το ειδικά διαμορφωμένο φύλλο μορφοποιήθηκε εμφανίζοντας όλες τις φάσεις για κάθε δένδρο σε μια σειρά, ακολουθώντας την φυσική εξέλιξη του φυτού. Στο φύλλο παρατήρησης σημειώνονταν η ημερομηνία εμφάνισης του φαινολογικού σταδίου για κάθε ποικιλία ξεχωριστά. Για τυποποίηση του τρόπου καταγραφής των παρατηρήσεων προϋπόθεση για καταγραφή του χρόνου εμφάνισης κάποιου σταδίου αποτελεί η εμφάνιση του σταδίου στο 10% περίπου της συνολικής εικόνας του δέντρου, με εξαίρεση τα στάδια που καθορίζουν συγκεκριμένο ποσοστό εμφάνισης εξ' ορισμού.

Φαινολογικό στάδιο ανάπτυξης στην κλίμακα BBCH στα πυρηνόκαρπα - Περίπτωση Κερασιάς		Ημερομηνία Εμφάνισης σταδίου		
Κωδικός	Περιγραφή	Δένδρο 1	Δένδρο 2	Δένδρο ...
Κύριο στάδιο ανάπτυξης 0: εκβλάστηση, έκπτυση οφθαλμού				
0	Λήθαργος: Οι βλαστοφόροι οφθαλμοί και οι μεγαλύτεροι ανθοφόροι οφθαλμοί είναι κλειστές και καλύπτονται από εξωτερικά λέπια σκούρου καφέ χρώματος			

1	Αρχίζει το πρήξιμο των οφθαλμών των βλαστοφόρων οφθαλμών: ορατά λέπια ανοιχτού χρώματος, λέπια με ελαφρώς έγχρωμες κορυφές			
3	Τέλος της διόγκωσης των βλαστοφόρων οφθαλμών: τα λέπια διαχωρίζονται . Εμφανίζονται ελαφρώς πράσινοι ιστοί στην κορυφή του οφθαλμού			
9	Εμφάνιση των κορυφών των πράσινων φύλλων: τα καφέ λέπια των οφθαλμών έχουν πέσει και πλέον οι οφθαλμοί καλύπτονται από λέπια πράσινου χρώματος			
Κύριο στάδιο ανάπτυξης 1: Ανάπτυξη φύλλου				
10	Τα πρώτα φύλλα διαχωρίζονται: Τα πράσινα λέπια του οφθαλμού ανοίγουν και τα φύλλα αναδύονται			
11	Τα πρώτα φύλλα αρχίζουν να ξεδιπλώνονται και ο άξονας της νέας εκβλάστησης γίνεται ορατός			
19	Τα πρώτα φύλλα έχουν εκπτυχθεί πλήρως			
Κύριο στάδιο ανάπτυξης 3: Ανάπτυξη ακραίας βλάστησης				
31	Η ακραία βλάστηση αρχίζει να εκπτύσσεται με την εμφάνιση του άξονα του νέου βλαστού			
32	Η επάκρια βλάστηση έχει αποκτήσει το 20% του τελικού της μήκους			
33	Η επάκρια βλάστηση έχει αποκτήσει το 30% του τελικού της μήκους			
3.	Συνέχεια σταδίου έως..			
39	Η επάκρια βλάστηση έχει αποκτήσει το 90% του τελικού της μήκους			
Κύριο στάδιο ανάπτυξης 5: Εμφάνιση ταξιανθίας				

51	Διόγκωση ανθοφόρων οφθαλμών: Οι οφθαλμοί παραμένουν κλειστοί και εμφανίζονται λέπια ανοιχτού καφέ χρώματος			
53	Διάρρηξη οφθαλμών: Τα λέπια διαχωρίζονται αφήνοντας να φανούν από την κορυφή του οφθαλμού ανοιχτοπράσινοι ιστοί			
54	Η ταξιανθία καλύπτεται από λέπια ανοιχτού πράσινου χρωματισμού εφόσον τέτοια λέπια σχηματίζονται (δεν σχηματίζουν πράσινα λέπια όλα τα είδη)			
55	Εμφανίζονται τα πρώτα ανθοφόρα μπουμπούκια (κλειστά) τα οποία φέρονται σε κοντούς μίσχους			
56	Ο ποδίσκος ανθέων επιμηκύνεται, τα σέπαλα παραμένουν κλειστά, άνθη αρχίζουν να διαχωρίζονται			
57	Τα σέπαλα ανοίγουν: Εμφανίζονται οι κορυφές των πετάλων (λευκά/ροζ). Τα άνθη πλέον είναι διαχωρισμένα πλήρως αλλά παραμένουν κλειστά			
59	Τα σέπαλα έχουν ανοίξει πλήρως αλλά τα πέταλα παραμένουν κλειστά σχηματίζοντας μια ροζ ή λευκή μπάλα			
Κύριο στάδιο ανάπτυξης 6: Ανθοφορία				
60	Ανοίγουν τα πρώτα άνθη			
61	Έναρξη ανθοφορίας: Περίπου το 10% των ανθέων έχει ανοίξει			
62	Περίπου το 20% των ανθέων έχει ανοίξει			
63	Περίπου το 30% των ανθέων έχει ανοίξει			
64	Περίπου το 40% των ανθέων έχει ανοίξει			
65	Πλήρης ανθοφορία: Περίπου το 50% των			

	ανθέων έχει ανοίξει. Τα πρώτα πέταλα πέφτουν			
67	Η ανθοφορία εξασθενεί: Τα περισσότερα πέταλα έχουν πέσει			
69	Τέλος ανθοφορίας: Όλα τα πέταλα έχουν πέσει.			
Κύριο στάδιο ανάπτυξης 7: Ανάπτυξη Καρπών				
71	Ανάπτυξη ωοθηκών /πτώση καρπών μετά την ανθοφορία			
72	Οι πράσινες ωοθήκες περιβάλλονται από την στεφάνη των σεπάλων, τα σέπαλα αρχίζουν να πέφτουν.			
73	Δεύτερη καρπόπτωση			
75	Οι καρποί έχουν αποκτήσει το 50% του τελικού τους μεγέθους			
76	Οι καρποί έχουν αποκτήσει το 60% του τελικού τους μεγέθους			
77	Οι καρποί έχουν αποκτήσει το 70% του τελικού τους μεγέθους			
78	Οι καρποί έχουν αποκτήσει το 80% του τελικού τους μεγέθους			
79	Οι καρποί έχουν αποκτήσει το 90% του τελικού τους μεγέθους			
Κύριο στάδιο ανάπτυξης 8: Ωρίμανση καρπών				
81	Ξεκινάει ο μεταχρωματισμός των καρπών			
85	Ο χρωματισμός των καρπών βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο			
87	Οι πρώτοι καρποί μπορούν να συγκομιστούν			
89	Καρποί ώριμοι για κατανάλωση: Ο καρπός έχει αποκτήσει το χαρακτηριστικό του χρώμα και γεύση			
Κύριο στάδιο ανάπτυξη 9: Γήρανση / Έναρξη λήθαργου				

91	Η ανάπτυξη της βλάστησης ολοκληρώνεται , Τα φύλλα είναι πλήρως πράσινα.			
92	Τα φύλλα αρχίζουν να χάνουν το πράσινο χρώμα			
93	Ξεκινάει η πτώση των φύλλων			
95	Το 50% των φύλλων έχει πέσει ή έχει αποχρωματιστεί			
97	Όλα τα φύλλα έχουν πέσει			
99	Μετασυσλλεκτικοί χειρισμοί προϊόντων			

Πίνακας 3.4.1.1: Φύλλο παρατήρησης- καταχώρησης φαινολογικών παρατηρήσεων

- **Συχνότητα καταγραφής φαινολογικών παρατηρήσεων**

Η συχνότητα με την οποία καταγράφηκαν οι παρατηρήσεις εξαρτήθηκε από το στάδιο ανάπτυξης και από τις καιρικές συνθήκες. Έτσι για παράδειγμα την άνοιξη ήταν αναγκαίο οι παρατηρήσεις να γίνονται σε συχνότερη βάση ενώ κατά την διάρκεια του καλοκαιριού και του χειμώνα οι περιηγήσεις γίνονταν με μικρότερη συχνότητα. Για τον προσδιορισμό των αργών διεργασιών των δέντρων όπως το στάδιο εμφάνισης ταξιανθίας και της ωρίμανσης του καρπού μια με δύο επισκέψεις την βδομάδα ήταν επαρκείς, σε αντίθεση με το στάδιο της ανθοφορίας όπου η συχνότητα παρατηρήσεων αυξήθηκε από δύο με τρεις φορές την βδομάδα προκειμένου να καταγραφεί η ακριβής ημερομηνία εμφάνισης του φαινολογικού σταδίου, αφού τα φυτά αναλόγως των συνθηκών μπορεί να εμφανίσουν μεγάλο ρυθμό ανάπτυξης.

3.4.3 Ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα καρπών κερασιάς

Τα ποιοτικά δεδομένα αφορούν στο μέσο βάρος καρπού για κάθε υπό εξέταση ποικιλία καθώς και στη μέση παραγωγή ανά δέντρο σε κάθε υπό εξέταση ποικιλία. Για τον προσδιορισμό του μέσου βάρους καρπού πραγματοποιήθηκε τυχαία επιλογή 100 καρπών ανά δέντρο κατά την ημέρα συγκομιδής και στην συνέχεια υπολογίστηκε το μέσο βάρος καρπού για κάθε δέντρο - επανάληψη της υπό εξέταση ποικιλίας. Για την καταγραφή της συνολικής παραγωγής ανά δέντρο καταγράφηκε η συνολική παραγωγή ανά δέντρο, ενώ λιωμένοι ή φαγωμένοι καρποί από πουλιά δεν προσμετρήθηκαν στο σύνολο της παραγωγής.

3.5 Ανάλυση Δεδομένων

Η καταχώρηση και επεξεργασία των δεδομένων έγινε στο Microsoft excel 2007. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε κυρίως με το στατιστικό πακέτο SPSS (version17) ενώ η ανάπτυξη των φαινολογικών μοντέλων έγινε με το λογισμικό sigmaplot version 13. Ειδικότερα ο υπολογισμός των αθροιστικών ημεροβαθμών και το μονάδων ψύχους πραγματοποιήθηκε στο Microsoft excel 2007, η ανάπτυξη και προσαρμογή του μοντέλου πρόβλεψης έγινε με τη χρήση του sigmaplot, ενώ η πολυπαραγοντικές αναλύσεις παραλλακτικότητας για επίπεδο σημαντικότητας 0.05 έγιναν στο SPSS.

3.5.1 Βαθμοημέρες και τρόπος υπολογισμού

Για τον υπολογισμό των ημεροβαθμών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των ελάχιστων και μέγιστων θερμοκρασιών (Baskerville and Emin 1969, Jones et al. 2008). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, οι ημεροβαθμοί υπολογίστηκαν από την εξίσωση:

$$DD = (T_{max} + T_{min}) / 2 - T_b \text{ (εξίσωση 3.6.1.1)}$$

όπου, DD: αριθμός ημεροβαθμών, T_{max}: μέγιστη θερμοκρασία, T_{min}: ελάχιστη θερμοκρασία και T_b: θερμοκρασία βάσης.

Οι αντίστοιχοι αθροιστικοί ημεροβαθμοί υπολογίστηκαν ως το άθροισμα των DD (εξίσωση 3.6.1.1), $\sum_i^n DD$.

Ως σταθερό σημείο για την έναρξη της άθροισης των ημεροβαθμών (BIOFIX), για όλα τα έτη των παρατηρήσεων, ορίστηκε η 1η Ιανουαρίου. Ως κατώτερη θερμοκρασία ανάπτυξης του είδους, και για όλα τα στάδια, ορίστηκαν οι 4°C.

3.5.2 Βαθμοημέρες ψύξης chilling units τρόπος υπολογισμού

Για το υπολογισμό των ωρών ψύχους και του αθροιστικού ψύχους χρησιμοποιήθηκε το Utah Chilling model. Το Utah Chilling model υπολογίζει το αθροιστικό ψύχος από 36.5°F (2,5° C) έως 54.5°F (12,5° C) σε μορφή μονάδων ψύχους Chilling Units (CU) (Byrne & Bacon, 1992; Richardson, et al., 1974). Μέσα σε αυτό το εύρος υπάρχουν αρκετά υποδιαστήματα με σταθμισμένες τιμές μονάδων ψύχους (Richardson, 1974).

Οι μονάδες ψύχους Utah (CU) είναι το άθροισμα σταθμισμένων ωρών θερμοκρασίας (εξίσωση 3.5.2.1) μεταξύ των 1,4° C και 16° C ξεκινώντας από την 1^η Σεπτεμβρίου κάθε έτους μέχρι το τέλος Ιανουαρίου.

Οι ώρες ψύχους και οι απαιτήσεις σε ώρες ψύχους υπολογίστηκαν ως εξής:

$$CU = \sum_{i=1}^t T_{CU} \quad (\text{εξίσωση 3.5.2.1})$$

$$\text{Όπου } T_{CU} = \begin{cases} T < 1,4^{\circ} \text{ C} : 0.0 \\ 1,4^{\circ} \text{ C} < T \leq 2,5^{\circ} \text{ C} : 0.5 \\ 2,5^{\circ} \text{ C} < T \leq 9,2^{\circ} \text{ C} : 1.0 \\ 9,2^{\circ} \text{ C} < T \leq 12,5^{\circ} \text{ C} : 0.5 \\ 12,5^{\circ} \text{ C} < T \leq 16^{\circ} \text{ C} : 0.0 \\ 16^{\circ} \text{ C} < T \leq 18^{\circ} \text{ C} : -0.5 \\ T > 18^{\circ} \text{ C} : -1.0 \end{cases}$$

Στα μεσογειακά κλίματα, οι θερμοκρασίες συνήθως αρχίζουν να μειώνονται γύρω στα μέσα Οκτωβρίου έως τα μέσα Νοεμβρίου, με την πιο αποτελεσματική ψύξη να συμβαίνει κατά τον μήνα Δεκέμβριο και Ιανουάριο, ως εκ τούτου η 1^η Νοεμβρίου είναι η ημερομηνία που αντιστοιχεί στην έναρξη της συσσωρευμένης ψύξης (Ruiz, Camproy & Egea, 2008). Πολλοί καλλιεργητές, ηγέτες της βιομηχανίας και επαγγελματίες στην γεωργική έρευνα παραδοσιακά χρησιμοποιούν αυτή την ημερομηνία έναρξης για άθροιση των ωρών ψύξης (chilling hours-CH) προκειμένου να παρακολουθήσουν τις πρακτικές διαχείρισης των οπωρώνων και να συγκρίνουν με τις καιρικές συνθήκες της προηγούμενης χρονιάς καθώς και με το φορτίο παραγωγής του προηγούμενου έτους. Στο μοντέλο ωρών ψύξης εμπλέκονται υπολογισμοί σύμφωνα με την εξίσωση πιο πάνω (εξίσωση 3.5.2.1) αρχίζοντας από την 1^η Σεπτεμβρίου και αθροίζοντας ώρες ψύξης μέχρι οι υπό μελέτη ποικιλίες να συμπληρώσουν τις απαιτούμενες ώρες ψύξης για κάθε χρόνο.

3.6 Παλινδρόμηση και Προσαρμογή Φαινολογικών μοντέλων

Τα στατιστικά μοντέλα αντιπροσωπεύουν την γλώσσα για επισημοποίηση της γνώσης στα ζώντα συστήματα ως αποτέλεσμα πειραματικών διαδικασιών και ελέγχων υποθέσεων. Ένα εμπειρικό μοντέλο αν είναι αξιόπιστο, προσδιορίζει την αιτία και το αποτέλεσμα και μπορεί περαιτέρω να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την

συμπεριφορά σε ένα σύστημα κάτω από διαφορετικές συνθήκες (Damos and Savoroulou-Soultani, 2010, Damos and Savoroulou-Soultani, 2011). Δοθέντος του γεγονότος ότι η θερμοκρασία θεωρείται κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές προσπάθειες από ερευνητές για να προτείνουν μοντέλα που να περιγράφουν αυτές τις σχέσεις σε πειράματα πεδίου.

Ο όρος μοντέλο δίνει έμφαση σε κάποια ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά μια διαδικασίας τα οποία είναι αφηρημένα εξιδανικευμένα και περιγράφονται μαθηματικά μάλλον από το ίδιο σύστημα.

Οι περισσότερες από αυτές τις προσεγγίσεις βασίζονται στην εμπειρική ανίχνευση των σχέσεων και την ανάπτυξη των σχετικών μοντέλων, που στην πραγματικότητα περικλείουν όλη την πληροφορία σχετικά με την απαντητική- εξαρτημένη μεταβλητή σε σχέση με την θερμοκρασία. Να σημειώσουμε ότι οι παρουσιαζόμενες σχέσεις των θερμοκρασιών μπορούν να κριθούν ως ντετερμινιστικές ή εμπειρικές, με την έννοια ότι αποτελούνται από περιγραφές όπου οι διαδικασίες δεν είναι γνωστές, αλλά όπου οι συσχετίσεις είναι καθιερωμένες. Παρόλα αυτά όλες οι διαδικασίες παλινδρόμησης που ακολουθούνται, για την εκτίμηση των παραμέτρων είναι καθαρά πιθανολογικές.

Στην προσπάθεια προσαρμογής του μοντέλου πρόβλεψης που να εκφράζει το φαινολογικό στάδιο συνάρτησης των αθροιστικών ημεροβαθμών πραγματοποιήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης. Με τον όρο “ανάλυση παλινδρόμησης” περιγράφονται όλες οι στατιστικές διαδικασίες που έχουν ως στόχο την ανίχνευση της σχέσης δύο ή περισσότερων μεταβλητών αλλά και την καταγραφή μοντέλου πρόβλεψης. Πιο συγκεκριμένα η ανάλυση παλινδρόμησης προσπαθεί να καταλάβει τον τρόπο που μεταβάλλεται η αναμενόμενη (μέση) τιμή μίας εξαρτημένης μεταβλητής όταν αλλάξει η τιμή μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Το αποτέλεσμα μίας τέτοιας διαδικασίας είναι ένα μοντέλο πρόβλεψης.

Η παλινδρόμηση αποτελεί καθιερωμένο στατιστικό εργαλείο που χρησιμοποιείται ευρέως στην φαινολογική έρευνα για δύο λόγους: α) για την ανίχνευση αλλαγών στον χρόνο εμφάνισης των φαινολογικών γεγονότων και β) για τον καθορισμό του ακριβή χρόνου εμφάνισης των φαινολογικών γεγονότων σε μια ή περισσότερες περιβαλλοντικές συνθήκες, συνήθως βάση της θερμοκρασίας, αλλά μπορεί να περιλαμβάνονται και άλλες μεταβλητές όπως η βροχόπτωση, η ατμοσφαιρική πίεση, το

γεωγραφικό πλάτος, μήκος και το υψόμετρο. Η παλινδρόμηση θεωρείται ως μια ευέλικτη και αξιόπιστη μέθοδος για την ανάλυση φαινολογικών δεδομένων αλλά μπορεί να επηρεαστεί από τον χρόνο έναρξης και λήξης και το μήκος της χρονοσειράς των δεδομένων που αναλύονται. Επιπλέον πιθανόν να προκύψουν λανθασμένες συσχετίσεις από μεγάλο αριθμό περιβαλλοντικών παραμέτρων χωρίς να ληφθούν υπόψη πιθανοί μηχανισμοί που μεταβάλλουν την φαινολογία (Hudson & Keatley, 2010).

Προκειμένου να αποφασιστεί η μορφή του μοντέλου που εκφράζει καλύτερα τα δεδομένα μας και την σχέση που συνδέει την εξέλιξη του φαινολογικού σταδίου της άνθησης σε σχέση με τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς εφαρμόστηκαν κάποιοι διαγνωστικοί έλεγχοι.

Αρχικά έγινε διάγραμμα διασποράς (scatter plot) απεικόνισης των δεδομένων εμφάνισης του φαινολογικού σταδίου έναντι των τιμών των αθροιστικών ημεροβαθμών για την κάθε υπό μελέτη ποικιλία. Το διάγραμμα διασποράς είναι το κατάλληλο γράφημα που δημιουργούμε ως πρώτο βήμα για να μελετήσουμε τη σχέση που υπάρχει μεταξύ δύο συνεχών αριθμητικών μεταβλητών, ιδιαίτερα αν αποσκοπούμε στη δημιουργία μοντέλου πρόγνωσης των τιμών της μίας μεταβλητής από την άλλη. Με το διάγραμμα διασποράς και μια έμπειρη στατιστική ματιά ανιχνεύεται η σχέση που ενδεχομένως να υπάρχει μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Παράλληλα πραγματοποιήθηκε έλεγχος γραμμικής συσχέτισης με την χρήση του συντελεστή συσχέτισης του Pearson σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson είναι το κατάλληλο στατιστικό για την ανίχνευση της γραμμικής σχέσης δύο ποσοτικών μεταβλητών, για συνεχείς ή αριθμητικές διακριτές μεταβλητές. Συμπληρώνει το διάγραμμα διασποράς υπό την έννοια ότι αντιστοιχεί μια συγκεκριμένη αριθμητική τιμή στην οπτική παρατήρηση της προσαρμογής του διαγράμματος διασποράς σε μία ευθεία.

Όταν δεν γνωρίζουμε τις θεωρητικές κατανομές συχνοτήτων αλλά έχουμε ένα δείγμα τιμών των τυχαίων μεταβλητών τότε υπολογίζουμε το συντελεστή συσχέτισης ως:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (\text{εξίσωση 3.5.1.1})$$

Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson (εξίσωση 3.5.1.1) είναι παραμετρικός, δηλαδή προϋποθέτει πως οι τιμές των δύο μεταβλητών προέρχονται από κανονικούς πληθυσμούς. Η κανονικότητα των πληθυσμών ελέγχτηκε χρησιμοποιώντας το ιστόγραμμα και διαγράμματα όπως τα p-p plot καθώς και q-q plots καθώς πραγματοποιηθήκαν και έλεγχοι κανονικότητας του πληθυσμού για κάθε ποικιλία με τη χρήση του spss v.17.

Παρά το γεγονός ότι στην πράξη τα γραμμικά μοντέλα είναι αρκετά επαρκή σε ένα εύρος ευνοϊκών θερμοκρασιών, αποδεικνύονται ανασφαλή για την πρόβλεψη της ανάπτυξης καλλιεργειών σε ακραίες συνθήκες και θερμοκρασίες όπου η σχέση γίνεται μη γραμμική (Damos, 2009, Damos and Savoroulou-Soultani, 2008, Damos and Savoroulou-Soultani, 2010, Logan et al., 1976, Lactinet al., 1995). Ως εκ τούτου, προκειμένου να γίνει ακριβής υπολογισμός των σταδίων ανάπτυξης σε όλο το φάσμα θερμοκρασιών κανείς πρέπει να γνωρίζει την απόκριση του οργανισμού σε όλο το εύρος θερμοκρασιών.

Ιδιαίτερα στις βιολογικές επιστήμες όπως συναίβει και στα υπό εξέταση δεδομένα της παρούσας διατριβής, το διάγραμμα διασποράς καθώς και ο συντελεστής συσχέτισης των δύο μεταβλητών συνηγορεί σε μία μη γραμμική σχέση. Υπάρχουν απεριόριστες περιπτώσεις για τα μη γραμμικά μοντέλα. Ο λόγος που τα μοντέλα αυτά ονομάζονται μη γραμμικά είναι επειδή η σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων παραμέτρων είναι μη γραμμική.

Το μοντέλο του φαινολογικού σταδίου της άνθισης εκφρασμένο ως συνάρτηση των αθροιστικών ημεροβαθμών προσαρμόστηκε εφαρμόζοντας μη γραμμική παλινδρόμηση σιγμοειδούς μορφής με τρεις παραμέτρους (εξίσωση 3.5.1.2).

$$F(x) = \frac{a}{1 + \exp\left(\frac{c-x}{b}\right)}$$

Όπου $f(x)$ εκφράζει το ποσοστό άνθισης, x τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς και a, b, c εμπειρικές τιμές. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας ορίσαμε ως $a=100$, $b= 4$ (που αντιστοιχεί στην θερμοκρασία βάσης για τον υπολογισμό των αθροιστικών ημεροβαθμών) και c την τιμή των αθροιστικών ημεροβαθμών που αντιστοιχεί στο 50% της εμφάνισης της άνθισης για την εκάστοτε ποικιλία που εξετάζεται.

3.6.1 Εγκυρότητα και αξιολόγηση του μοντέλου

Για το έλεγχο εγκυρότητας του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε ένα από τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται ευρέως σε μοντέλα φυτών (Bellocchi et al., 2010, Moriasi et al., 2007): το Lowest Root Means of Square Error (RMSE, εξίσωση 3.6.1) ένα μια τιμή βασισμένη στο κατάλοιπο όπου δίνει το μέσο σφάλμα πρόβλεψης εκφρασμένο σε ποσοστό.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (P_i - O_i)^2}{n}}$$

Όπου O_i είναι η παρατηρούμενη τιμή, P_i είναι η προβλεπόμενη τιμή, O είναι η μέση παρατηρούμενη τιμή των δεδομένων και n ο αριθμός των παρατηρήσεων.

Αφού το μοντέλο προσαρμόστηκε χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του έτους 2013 το μοντέλο ελέγχθηκε για την εγκυρότητα του με τα αντίστοιχα δεδομένα που συλλέχθηκαν για τα έτη 2014 και 2015 για τις τρεις υπό μελέτη ποικιλίες. Για τη σύγκριση των τιμών πρόβλεψης με τις παρατηρηθείσες τιμές στα δεδομένα του 2014 και 2015 χρησιμοποιήθηκαν γραφικές μέθοδοι (Bland and Altman, 1986, Mayer and Butler, 1993). Πραγματοποιήθηκαν και παρουσιάζονται διαγράμματα σημείων των προβλεπόμενων τιμών έναντι των παρατηρηθέντων τιμών.

Ο συντελεστής προσδιορισμού είναι μια σημειακή εκτίμηση (όχι αμερόληπτη) του πληθυσμιακού συντελεστή προσδιορισμού και τείνει να τον υπερεκτιμά (όταν το δείγμα είναι μικρό η κατανομή του είναι θετικά ασύμμετρη).

Μια αμερόληπτη εκτιμήτρια του πληθυσμιακού συντελεστή είναι ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού (Adjusted Coefficient of Determination). Ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού είναι μια τροποποίηση του συντελεστή προσδιορισμού που προσαρμόζεται για τον αριθμό των επεξηγηματικών μεταβλητών στο μοντέλο. Σε αντίθεση με τον συντελεστή προσδιορισμού, ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού (εξίσωση 3.6.2) αυξάνεται μόνο εάν ένας πρόσθετος νέος όρος βελτιώνει το μοντέλο περισσότερο από ότι ήταν αναμενόμενο λόγω της αλλαγής του (Damos, 2009, Damos and Savoroulou-Soultani, 2010). Ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού ορίζεται ως:

$$R^2_{adj} = 1 - \frac{RSS/(n-(\theta+1))}{SS/(n-1)} \quad (\text{εξίσωση 3.6.2})$$

Όπου RSS είναι το άθροισμα τετραγώνων των καταλοίπων και SS είναι το συνολικό άθροισμα τετραγώνων, θ είναι αριθμός των παραμέτρων, n είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων.

Μέσα από αυτά τα κριτήρια μπορούμε να συμπεράνουμε πως ο διαφορετικός αριθμός παραμέτρων προσθέτει στην ερμηνευτική ικανότητα του υποψήφιου μοντέλου.

3.7 Ανάλυση παραλλακτικότητας

Για την διερεύνηση της επίδρασης της ποικιλίας και του υπό εξέταση έτους σε ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις παραλλακτικότητας με την χρήση γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης κατά ένα παράγοντα (One way Anova) και κατά δύο παράγοντες (Two-way analysis of variance).

Η ανάλυση παραλλακτικότητας (ή διακύμανσης) κατά δυο παράγοντες είναι μια επέκταση της απλής ανάλυσης διακύμανσης στην οποία υπάρχουν δύο ανεξάρτητοι παράγοντες (μεταβλητές). Κάθε παράγοντας έχει δύο ή περισσότερα επίπεδα (επεμβάσεις) που σχηματίζονται από όλους τους συνδυασμούς των επιπέδων των δύο παραγόντων.

Σκοπός της ανάλυσης διακύμανσης είναι η εξέταση της κύριας επίδρασης των ανεξάρτητων μεταβλητών πάνω στην εξαρτημένη μεταβλητή καθώς και ο εντοπισμός αν υπάρχει της μεταξύ τους αλληλεπίδρασης πάνω στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Για την παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε η ανάλυση παλινδρόμησης για τις απαντητικές μεταβλητές: αθροιστικοί ημεροβαθμοί κατά τον χρόνο ωρίμανσης, αθροιστικοί ημεροβαθμοί κατά την πλήρη άνθιση, εμφάνιση πλήρους άνθισης σε ημέρες του έτους, χρόνος ωρίμανσης σε ημέρες του έτους, μέσο βάρος καρπού, συνολική παραγωγή ανά δέντρο, διάρκεια φαινολογικού σταδίου (σε ημέρες και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς) έναντι των ανεξάρτητων μεταβλητών ποικιλίας, έτος. Όπως αναφέρθηκε ο παράγοντας ποικιλία είχε τρία επίπεδα (τρεις διαφορετικές ποικιλίες) και ο παράγοντες έτος είχε επίσης τρία επίπεδα (τρία διαδοχικά έτη).

- **Πτυχές του μοντέλου ανάλυσης διακύμανσης κατά δύο παράγοντες:**

Δεδομένου ενός πειράματος με δύο παράγοντες A και B ο παράγοντας A έχει α επίπεδα και ο παράγοντας B έχει β επίπεδα. Εφόσον ο σχεδιασμός αυτού του παραγοντικού πειράματος είναι πλήρως τυχαιοποιημένος, το μοντέλο είναι της μορφής:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \text{ όπου:}$$

$i = 1, 2, \dots, a$ (επίπεδα του παράγοντα A) $j = 1, 2, \dots, b$ (επίπεδα του παράγοντα B) $k = 1, 2, \dots, c$ (αριθμός παρατηρήσεων που λαμβάνουν την ij επέμβαση).

Όπου μ είναι η μέση τιμή από όλες τις επεμβάσεις α_i είναι η επίδραση του επιπέδου i του παράγοντα A, β_j είναι η επίδραση του επιπέδου j στο παράγοντα B και $(\alpha\beta)_{ij}$ είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ α_i και β_j ενώ το ε_{ijk} είναι το πειραματικό σφάλμα της παρατήρησης Y_{ijk} .

Αυτό το μοντέλο υπόκειται σε κάποιες βασικές υποθέσεις που συνδέονται με την ανάλυση διακύμανσης. Οι υποθέσεις αυτές είναι ότι τα κατάλοιπα ε_{ijk} είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές που προέρχονται από κανονικό πληθυσμό με μέσο μηδέν και σταθερή διακύμανση $N(0, \sigma^2)$.

Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων ανά ερευνητική μέθοδο και στάδιο της έρευνας σύμφωνα με τους ερευνητικούς στόχους και σκοπούς της έρευνας. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται κυρίως με γραφήματα και πίνακες για ευκολότερη ανάγνωση και κατανόηση τους.

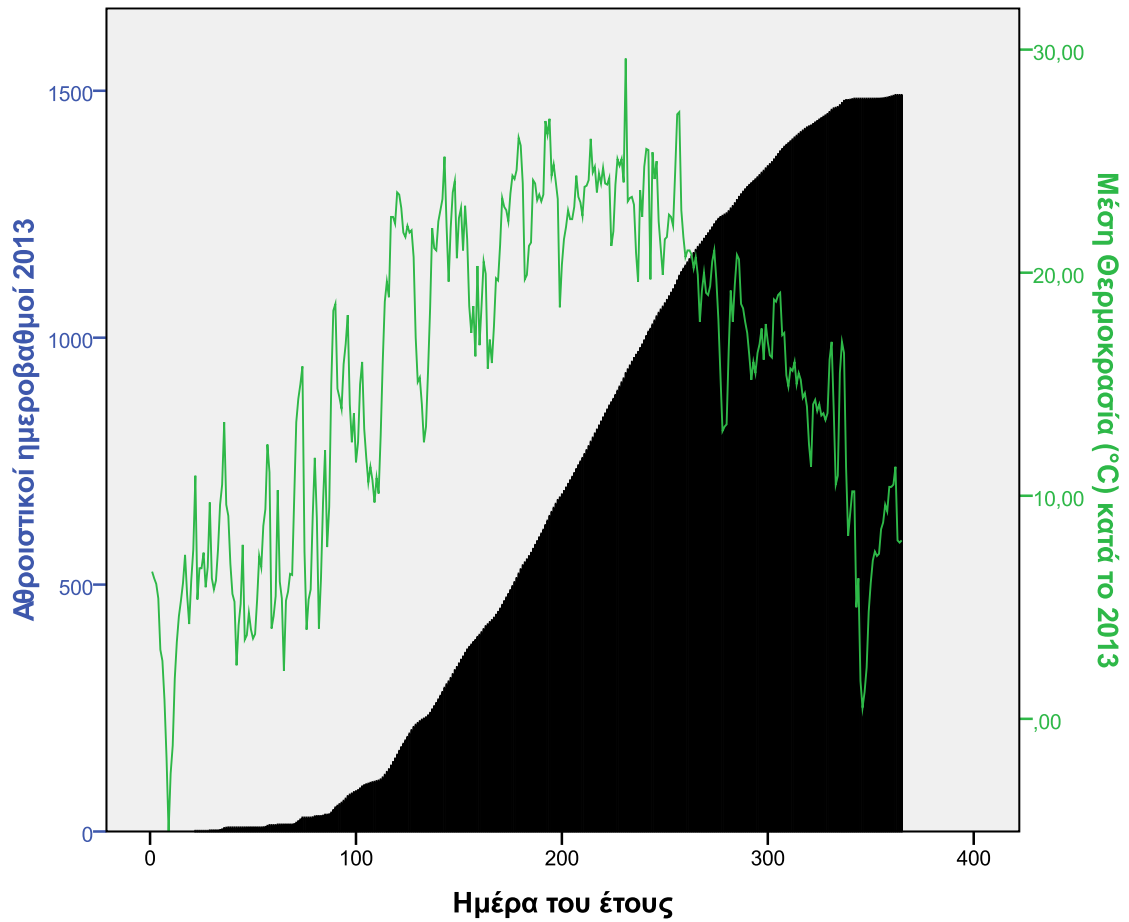
Στην αρχή γίνεται παρουσίαση των κλιματικών συνθηκών, έπειτα παρουσιάζονται τα πειραματικά δεδομένα όσον αφορά το φαινολογικό στάδιο της άνθισης. Ακολούθως παρουσιάζονται τα μοντέλα πρόβλεψης του φαινολογικού σταδίου της άνθισης καθώς και ο έλεγχος αξιοπιστίας τους, ενώ στην συνέχεια γίνεται έλεγχος διαφορών στην διάρκεια βασικών φαινολογικών σταδίων μεταξύ των υπό εξέταση ποικιλιών.

Εν κατακλείδι, παρουσιάζονται οι έλεγχοι σημαντικών διαφορών στον χρόνο εμφάνισης του 50% του φαινολογικού σταδίου της άνθισης, και κατά την έναρξη της άνθισης. Ακολούθως παρουσιάζονται οι έλεγχοι διαφορών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών κερασιάς του βάρους του καρπού και της παραγωγής ανά δέντρο.

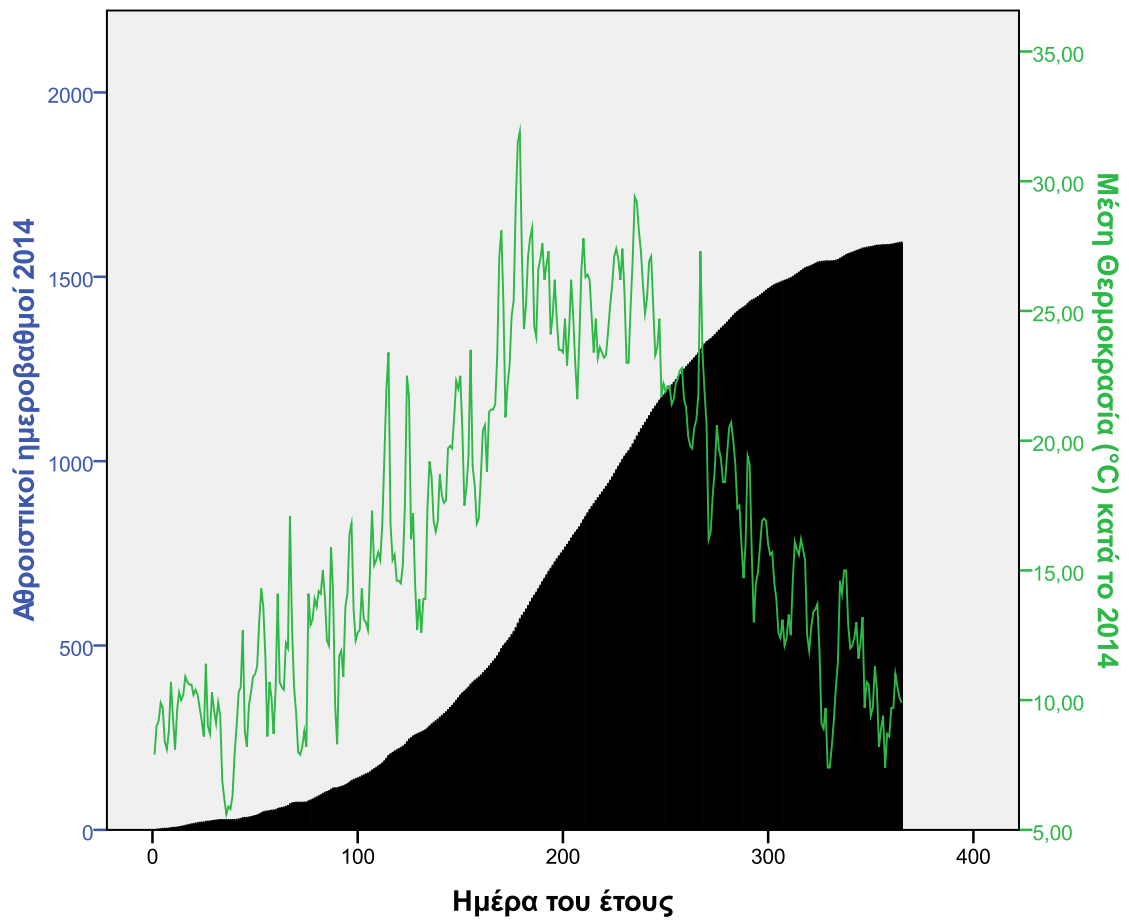
4.1 Διερεύνηση κλιματικών συνθηκών

Στα γραφήματα 4.1.1, 4.1.2., 4.1.3., παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (°C) και οι αθροιστικοί ημεροβαθμοί όπως υπολογίστηκαν για τα έτη 2013, 2014 και 2015 για την περιοχή Σαϊττά της επαρχίας Λεμεσού της Κύπρου. Όπως φαίνεται από τα γραφήματα δεν σημειώθηκε μέση θερμοκρασία (°C) κάτω του μηδενός για κανένα από τα τρία διαδοχικά έτη. Για το 2014 φαίνεται να σημειώθηκαν χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου σε αντίθεση με το 2013 και 2015 που κατά την χειμερινή περίοδο κυμάνθηκαν στα ίδια περίπου επίπεδα. Το γεγονός αυτό αντικατοπτρίζεται και στην αθροιστική κατανομή των ημεροβαθμών όπου για το 2014 παρουσιάζεται ελαφρώς πιο πλατύκυρτη από αυτές στα έτη 2013, 2015. Όπως διαφαίνεται η πορεία που καταγράφει η αθροιστική κατανομή των ημεροβαθμών είναι όμοια και για τα τρία διαδοχικά έτη και

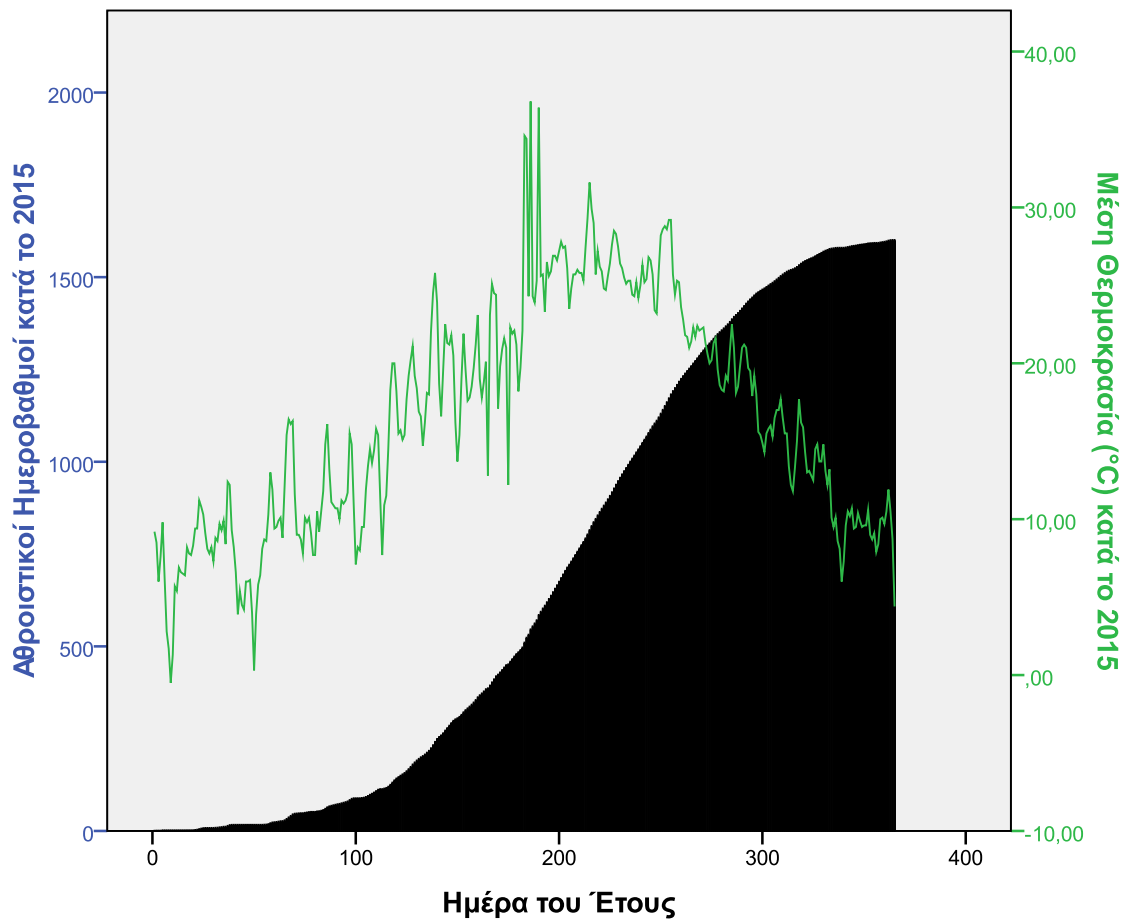
απεικονίζεται ως το μισό μιας κανονικής κατανομής που αν συγκριθούν μεταξύ τους, για το 2014 παρουσιάζεται πιο πλατύκυρτη , για το 2013 πιο λεπτόκυρτη και για το 2015 μεσόκυρτη.



Γράφημα 4.1.1: Αθροιστικοί ημεροβαθμοί (ΣDD; ‘μαύρες μπάρες’) και ημερήσιας μέσης θερμοκρασίας (°C) (πράσινη γραμμή) στην περιοχή Σαϊττά για το έτος 2013.



Γράφημα 4.1.2: Αθροιστικοί ημεροβαθμοί (ΣDD; ‘μαύρες μπάρες’) και ημερήσιας μέσης θερμοκρασίας (°C) (πράσινη γραμμή) στην περιοχή Σαϊττά για το έτος 2014.



Γράφημα 4.1.3 : Αθροιστικοί ημεροβαθμοί (ΣDD; ‘μαύρες μπάρες’) και ημερήσιας μέσης θερμοκρασίας (°C) (πράσινη γραμμή) στην περιοχή Σαϊττά για το έτος 2015.

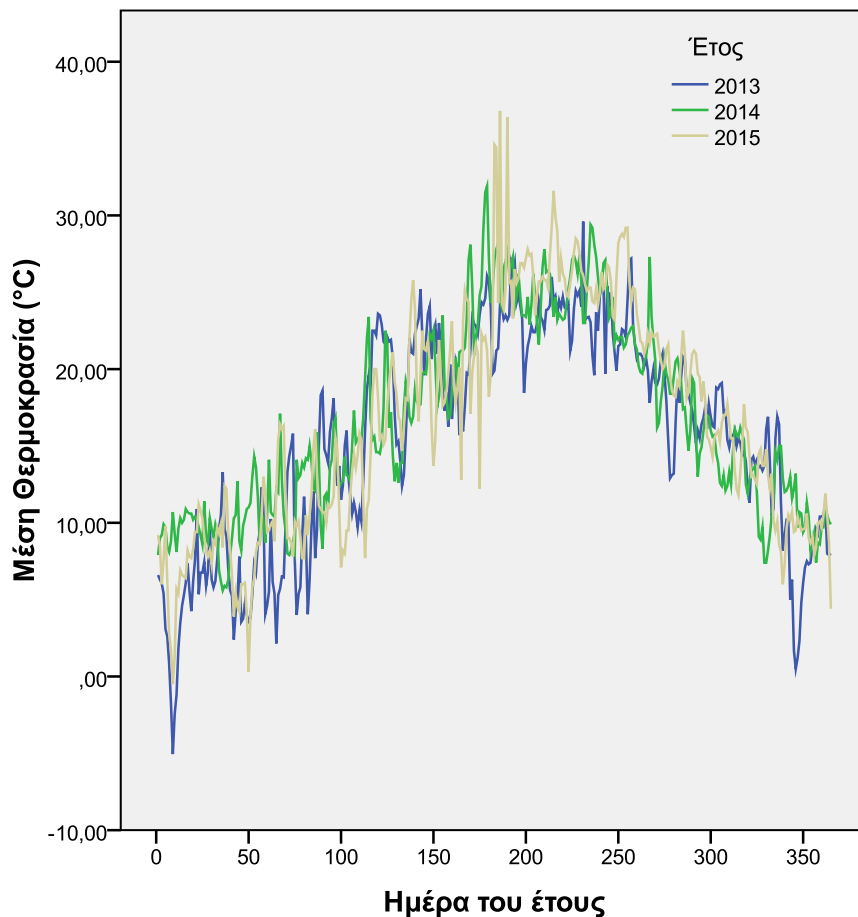
Στο γράφημα 4.1.4 παρουσιάζεται η διακύμανση της ημερήσιας μέσης θερμοκρασίας (°C) για τα διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015 για την περιοχή Σαϊττά . Όπως παρατηρείται η μέση ημερήσια θερμοκρασία ακολουθεί την ίδια πορεία κατά την διάρκεια του έτους και για τα τρία διαδοχικά έτη. Ωστόσο διαφορές φαίνεται να υπάρχουν μεταξύ των διακυμάνσεων της μέσης θερμοκρασίας για τα τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015.

Στον πίνακα 4.1.1 παρουσιάζεται το σύνολο των ωρών που συμπληρώθηκαν με θερμοκρασίες κάτω των 7°C όπως υπολογίσθηκαν από την 1^η Σεπτεμβρίου του προηγούμενου έτους μέχρι την 1^η Φεβρουαρίου του επόμενου έτους. Αντίστοιχα φαίνονται οι αντίστοιχες μονάδες ψύχους με βάση το μοντέλο υπολογισμού Utah, καθώς και το σύνολο των ημερών όπου η μέση θερμοκρασία ήταν κάτω των 7°C. Για το 2013 δεν υπήρχαν διαθέσιμα κλιματικά δεδομένα ανά ώρα έτσι δεν ήταν εφικτός ο

υπολογισμός των ωρών που συμπληρώθηκαν με θερμοκρασίες κάτω των 7°C και των αντίστοιχων μονάδων ψύχους. Όπως φαίνεται από τον πίνακα για το 2014 συμπληρώθηκαν 572 ώρες με θερμοκρασίες κάτω των 7°C με 482 αντίστοιχες μονάδες ψύχους. Ανάλογα για το 2015 συμπληρώθηκαν 608 ώρες με θερμοκρασίες κάτω των 7°C με 690 αντίστοιχες μονάδες ψύχους. Για το 2013 παρόλο που δεν υπήρχαν ανά ώρα διαθέσιμα κλιματικά δεδομένα για τον υπολογισμό των ωρών που συμπληρώθηκαν με θερμοκρασίες κάτω των 7°C και των αντίστοιχων μονάδων ψύχους, υπολογίστηκε το σύνολο των ημερών με μέση θερμοκρασία κάτω των 7°C και ήταν 65 ημέρες. Αντίστοιχα το σύνολο των ημερών με μέση θερμοκρασία κάτω των 7°C για το 2014 ήταν 6 ημέρες και το 2015 ήταν 28 ημέρες.

	2013	2014	2015
Ώρες <7°C	*	572	608
Μονάδες ψύχους (Utah model)	*	482	690
Αριθμός ημερών κάτω των 7°C	65	6	28

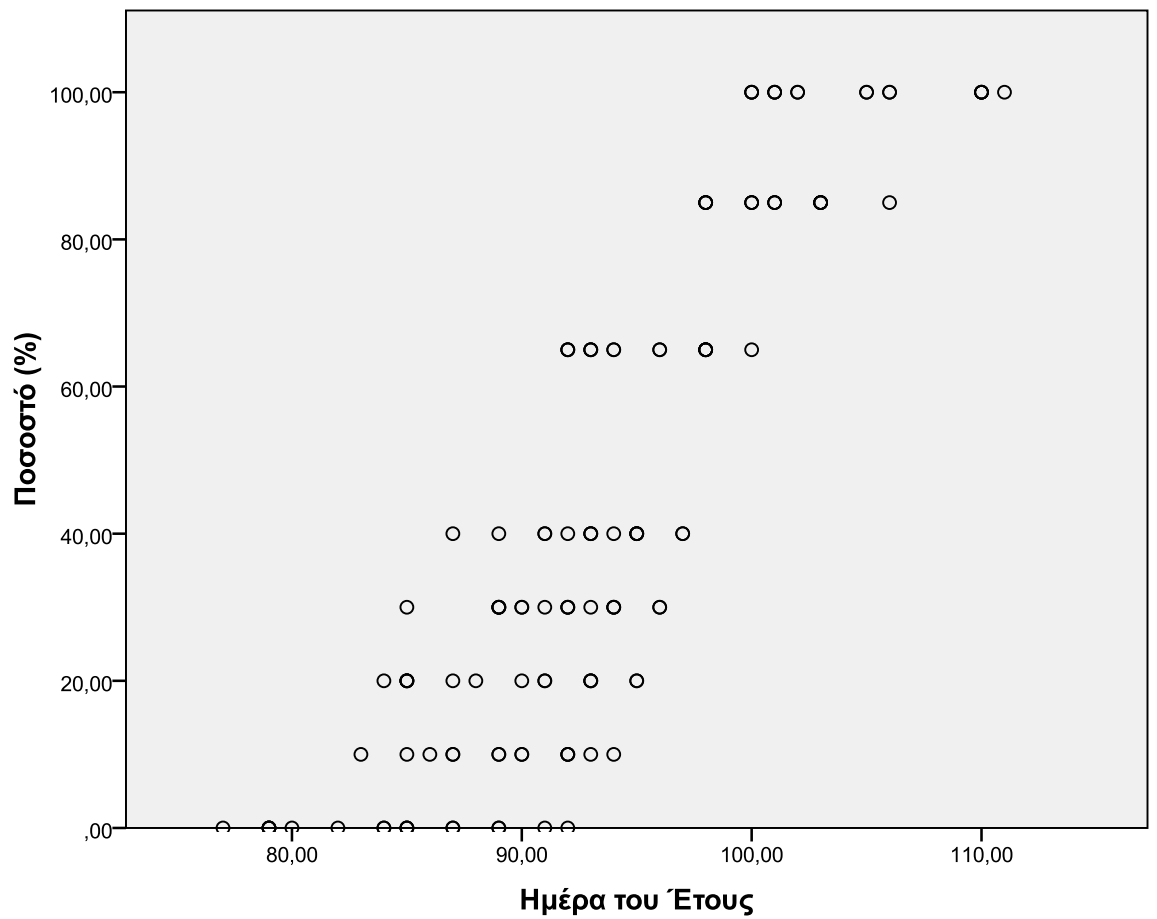
Πίνακας 4.1.1: Σύνολο ωρών, Μονάδες ψύχους με την μέθοδο Utah και αριθμός ημερών με θερμοκρασίες κάτω των 7°C. (* Οι αντίστοιχες τιμές για το 2013 δεν μπορούσαν να υπολογισθούν λόγω μη διαθέσιμων κλιματικών δεδομένων ανά ώρα).



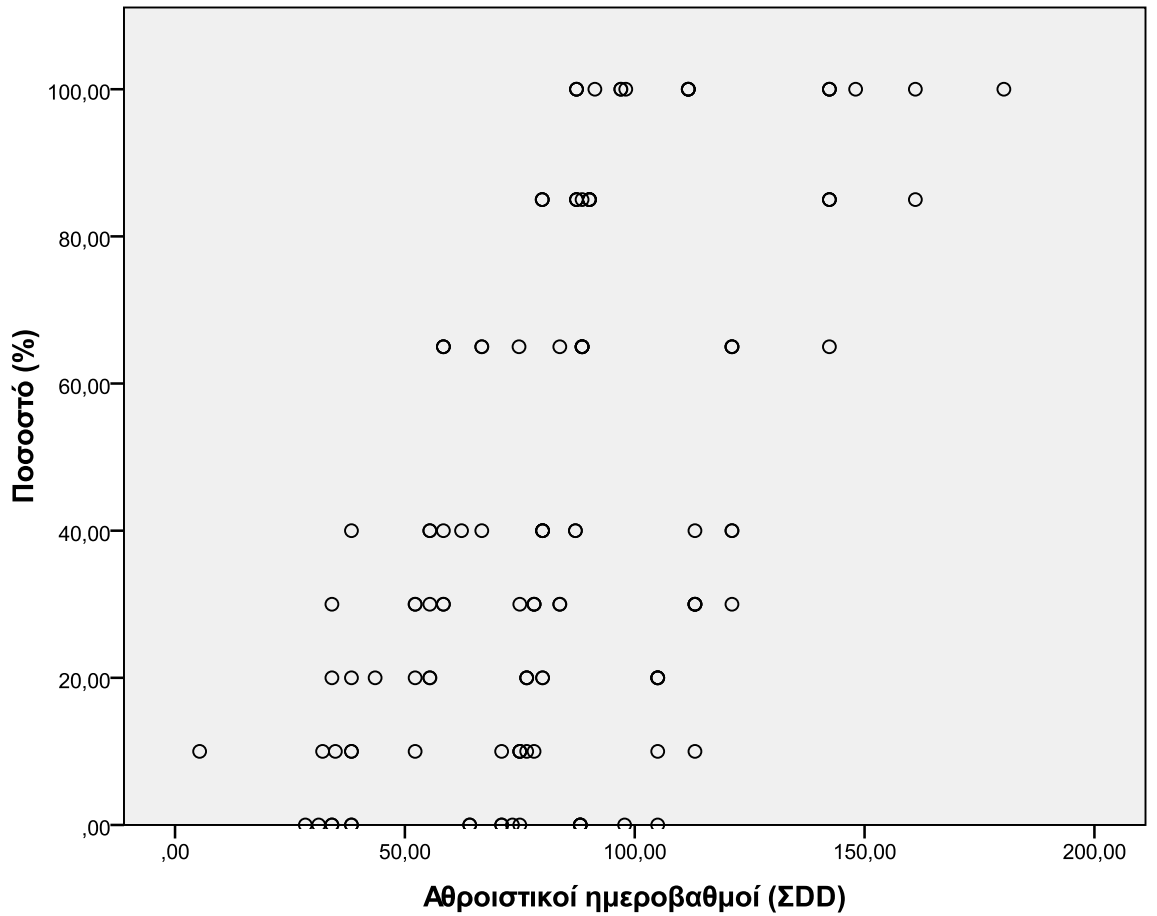
Γράφημα 4.1.4: Ημερήσια μέση θερμοκρασία (°C) στην περιοχή Σαϊττά σε τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015)

4.2 Φαινολογία άνθισης-πειραματικά δεδομένα

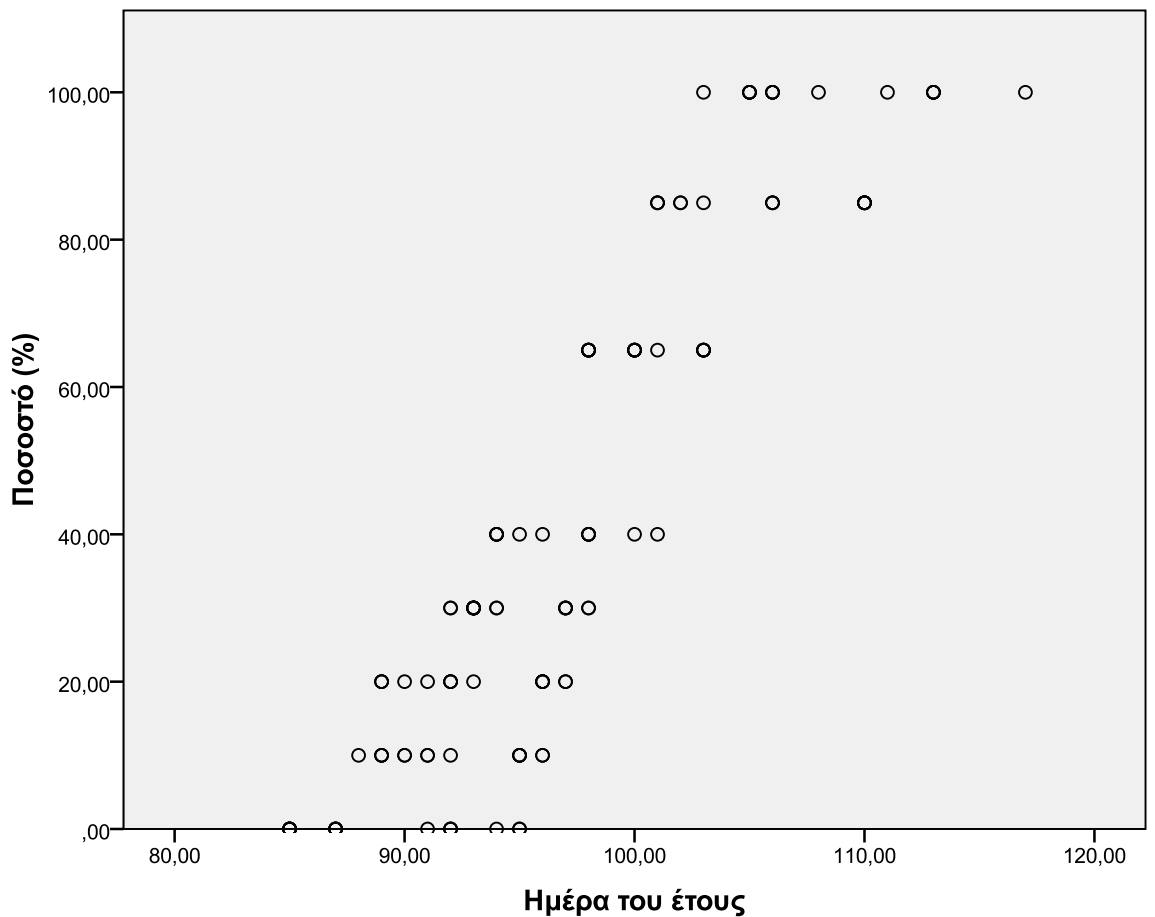
Στα γραφήματα 4.2.1, 4.2.3, 4.2.3. παρουσιάζονται τα πειραματικά φαινολογικά δεδομένα εμφάνισης του φαινολογικού σταδίου αθροιστικού ποσοστού της άνθισης κατά τις ημέρες του έτους για τις ποικιλίες Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) αντίστοιχα και για το σύνολο των δεδομένων από τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015). Τα δεδομένα που αφορούν στο φαινολογικό στάδιο της άνθισης και για τις τρεις υπό εξέταση ποικιλίες, διαγράφουν μια σιγμοειδή πορεία σε σχέση με το χρόνο. Παρόλα αυτά, είναι εμφανές ότι οι ποικιλίες μεταξύ τους παρουσιάζουν διαφορές ως προς την χρονική εξέλιξη της άνθισης.



Γράφημα 4.2.1 : Ποσοστό εμφάνισης φαινολογικού σταδίου της άνθισης για τα πειραματικά δεδομένα της ποικιλίας κερασιάς Bigarreau Burlat κατά τις ημέρες του έτους για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) στην περιοχή Σαϊττά.

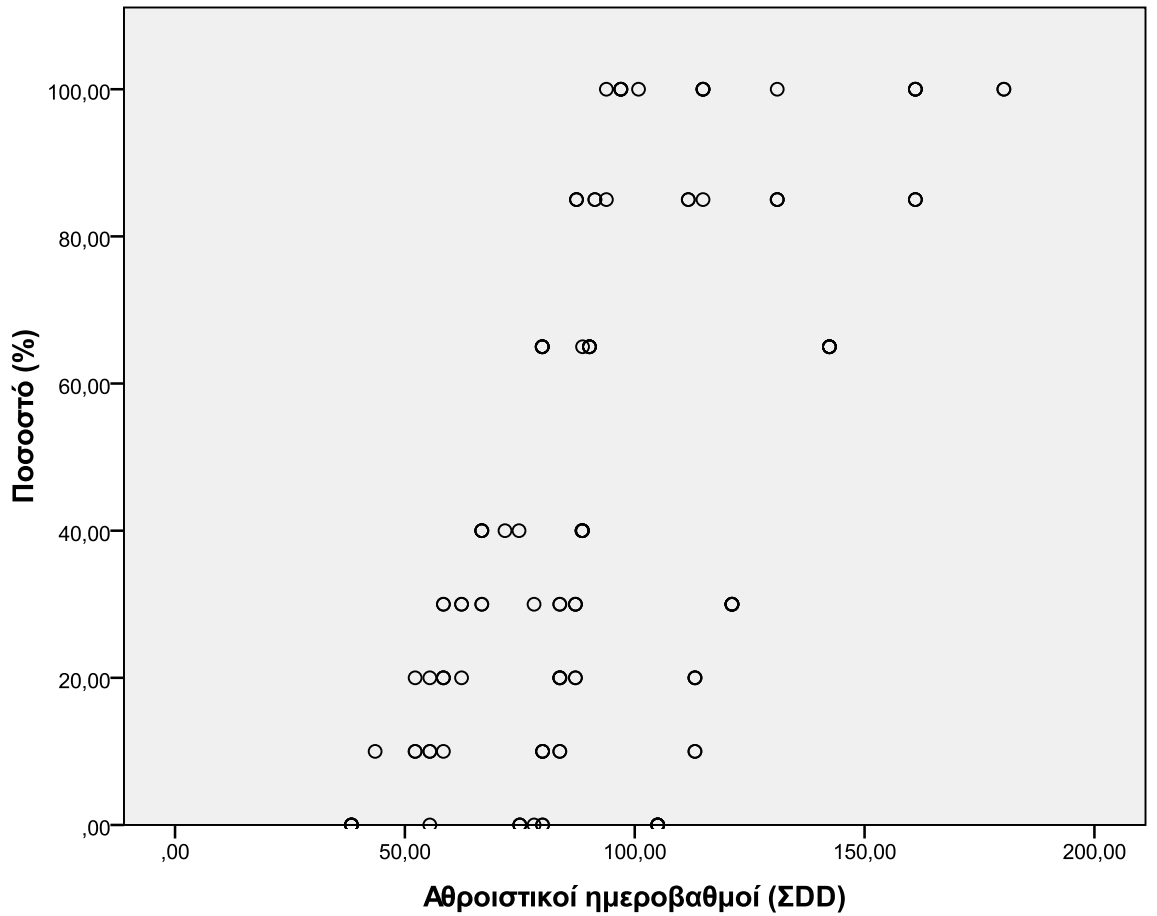


Γράφημα 4.2.2: Ποσοστό εμφάνισης φαινολογικού σταδίου της άνθισης για τα πειραματικά δεδομένα της ποικιλίας κερασιάς Bigarreau Burlat κατά τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς που σημειώθηκαν, για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) στην περιοχή Σαϊττά.

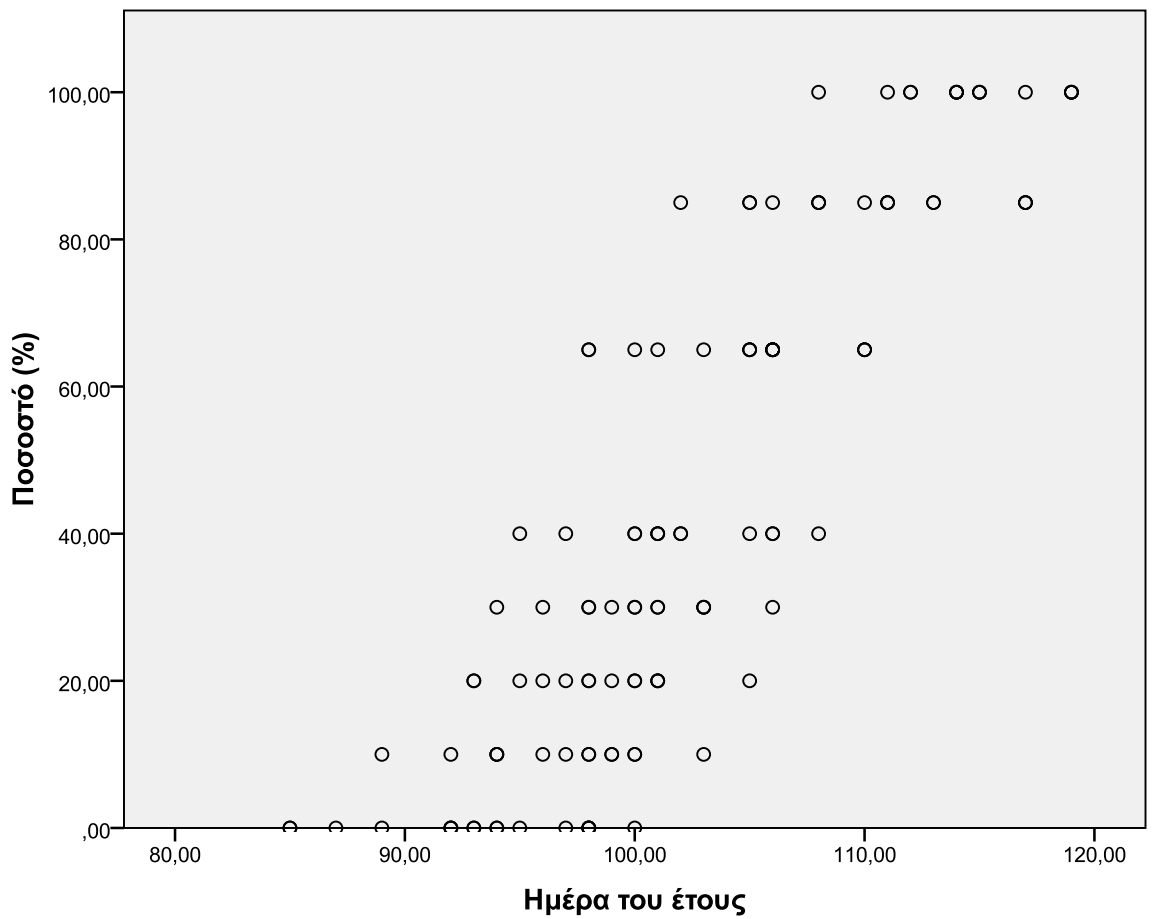


Γράφημα 4.2.3: Ποσοστό εμφάνισης φαινολογικού σταδίου της άνθισης για τα πειραματικά δεδομένα της ποικιλίας κερασιάς Utah Giant κατά τις ημέρες του έτους για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) στην περιοχή Σαϊττά.

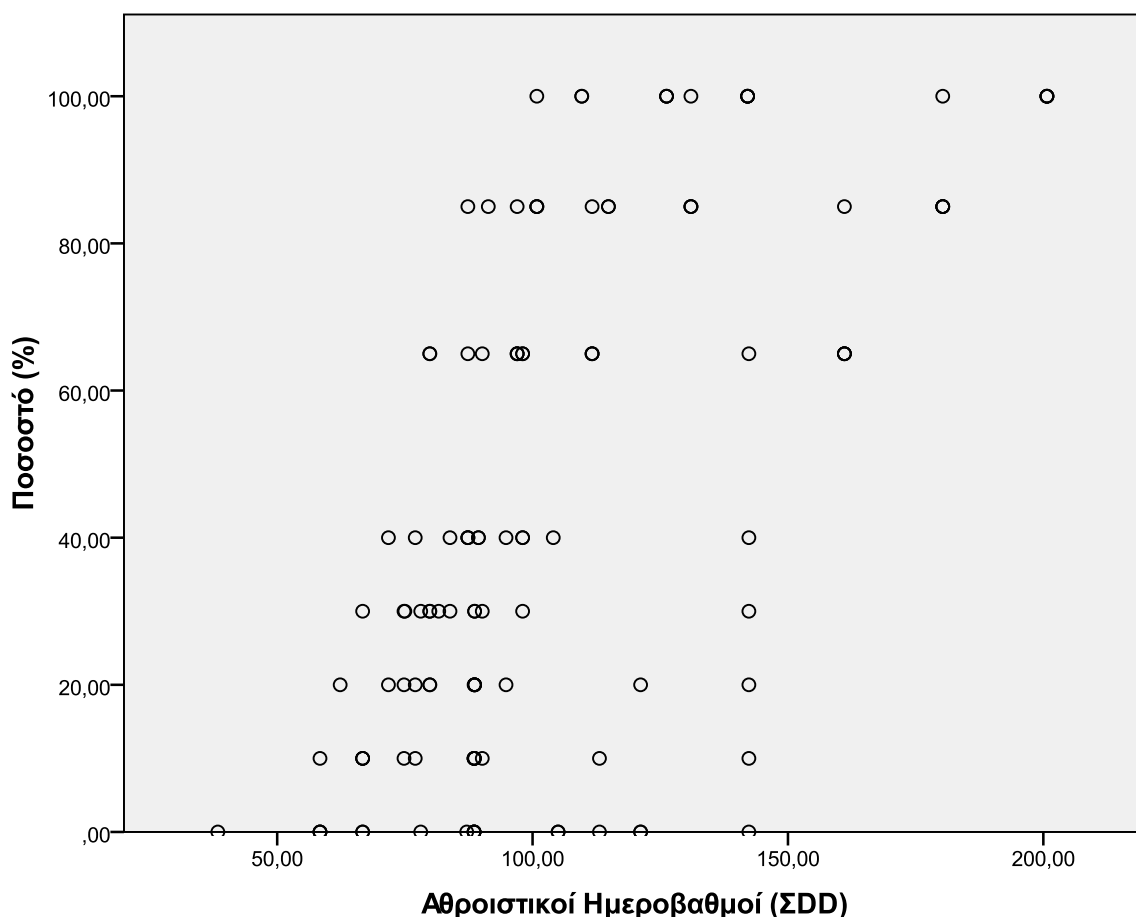
Στα γραφήματα 4.2.4, 4.2.5, 4.2.6 παρουσιάζονται τα πειραματικά φαινολογικά δεδομένα εμφάνισης του φαινολογικού σταδίου της άνθισης σε σχέση με τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς για τις ποικιλίες Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) αντίστοιχα, για το σύνολο των δεδομένων στα τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015). Εμφανής επίσης είναι οι διαφορές μεταξύ των τριών υπό μελέτη ποικιλιών σε ότι αφορά την εξέλιξη του αθροιστικού ποσοστού εμφάνισης της άνθισης με τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς.



Γράφημα 4.2.4.: Ποσοστό εμφάνισης φαινολογικού σταδίου της άνθισης για τα πειραματικά δεδομένα της ποικιλίας κερασιάς Utah Giant κατά τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς που σημειώθηκαν, για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) στην περιοχή Σαϊττά.



Γράφημα 4.2.5: Ποσοστό εμφάνισης φαινολογικού σταδίου της άνθισης για τα πειραματικά δεδομένα της ποικιλίας κερασιά Bigarreau Ferbolus (Verdel) κατά τις ημέρες του έτους για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) στην περιοχή Σαϊττά.

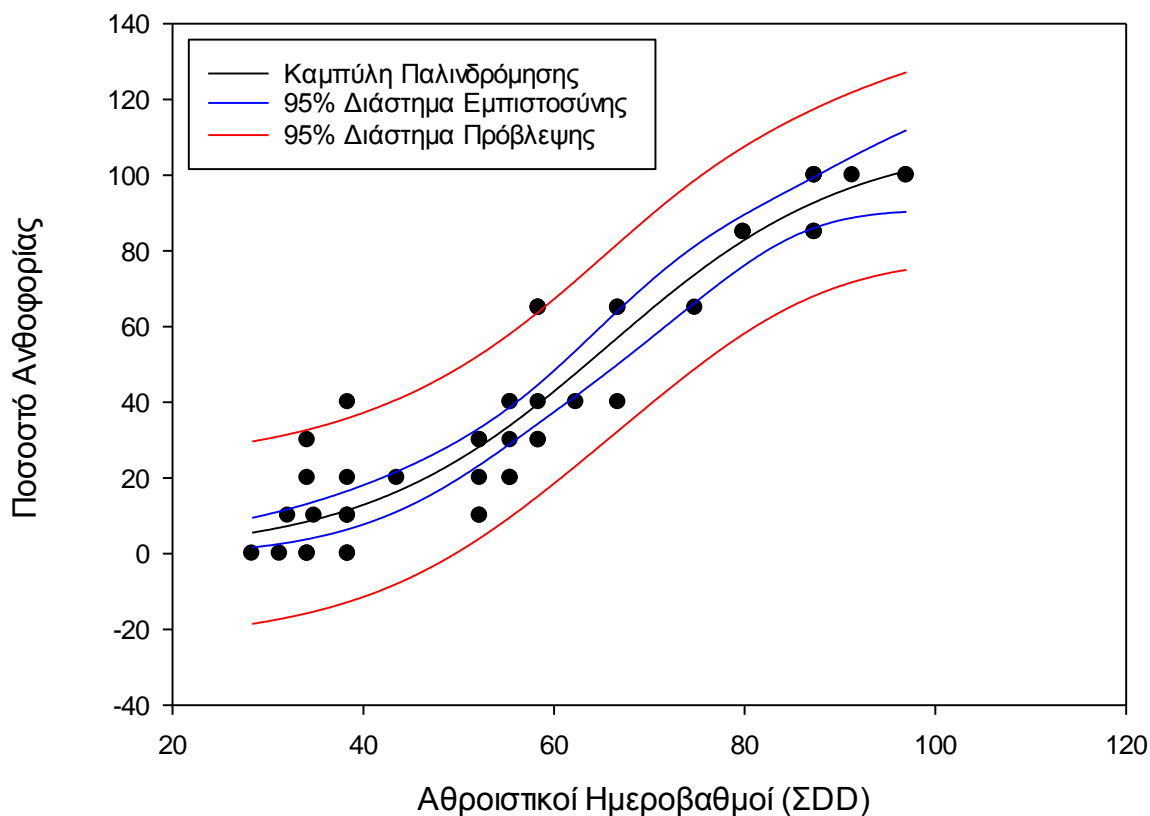


Γράφημα 4.2.6: Ποσοστό εμφάνισης φαινολογικού σταδίου της άνθισης για τα πειραματικά δεδομένα της ποικιλίας κερασιά Bigarreau Ferbolus (Verdel) κατά τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς, για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) στην περιοχή Σαϊττά.

4.3 Ανάπτυξη φαινολογικού μοντέλου πρόβλεψης της άνθισης για κάθε ποικιλία

Στο γράφημα 4.3.1 παρουσιάζεται το φαινολογικό μοντέλο άνθισης που αναπτύχθηκε για την ποικιλία Bigarreau Burlat. Σημειώνετε ότι βασίστηκε σε μεθόδους μη γραμμικής παλινδρόμησης με την χρήση των πειραματικών δεδομένων του έτους 2013. Με γαλάζια γραμμή διαγράφεται το 95% διάστημα εμπιστοσύνης, ενώ με την κόκκινη γραμμή διαγράφεται το 95% διάστημα πρόβλεψης του μοντέλου. Σύμφωνα με το προσαρμοσμένο μοντέλο η έναρξη της άνθισης για την ποικιλία Bigarreau Burlat φαίνεται να συμβαίνει γύρω στους 33 αθροιστικούς ημεροβαθμούς, ενώ σύμφωνα με το μοντέλο το 50% την ανθοφορίας φαίνεται να παρατηρείται γύρω στους 75 αθροιστικούς ημεροβαθμούς. Αντίστοιχα το 100% του φαινολογικού σταδίου της

άνθισης για την ποικιλία Bigarreau Burlat φαίνεται να παρουσιάζεται κοντά στους 98 ημεροβαθμούς.



Γράφημα 4.3.1.: Φαινολογικό Μοντέλο Άνθισης κερασιάς για την ποικιλία Bigarreau Burlat (Κατώτερη θερμοκρασία ανάπτυξης 4 °C και έναρξης άθροισης ημεροβαθμών 1^η Ιανουαρίου) .

Πίνακας 4.3.1: Σταθερές παράμετροι, στατιστικά και ανάλυση παραλλακτικότητας του μοντέλου μη γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ αθροιστικών ημεροβαθμών και αθροιστικού ποσοστού εμφάνισης του φαινολογικού σταδίου της άνθισης για την Ποικιλια κερασιάς Bigarreau Burlat.

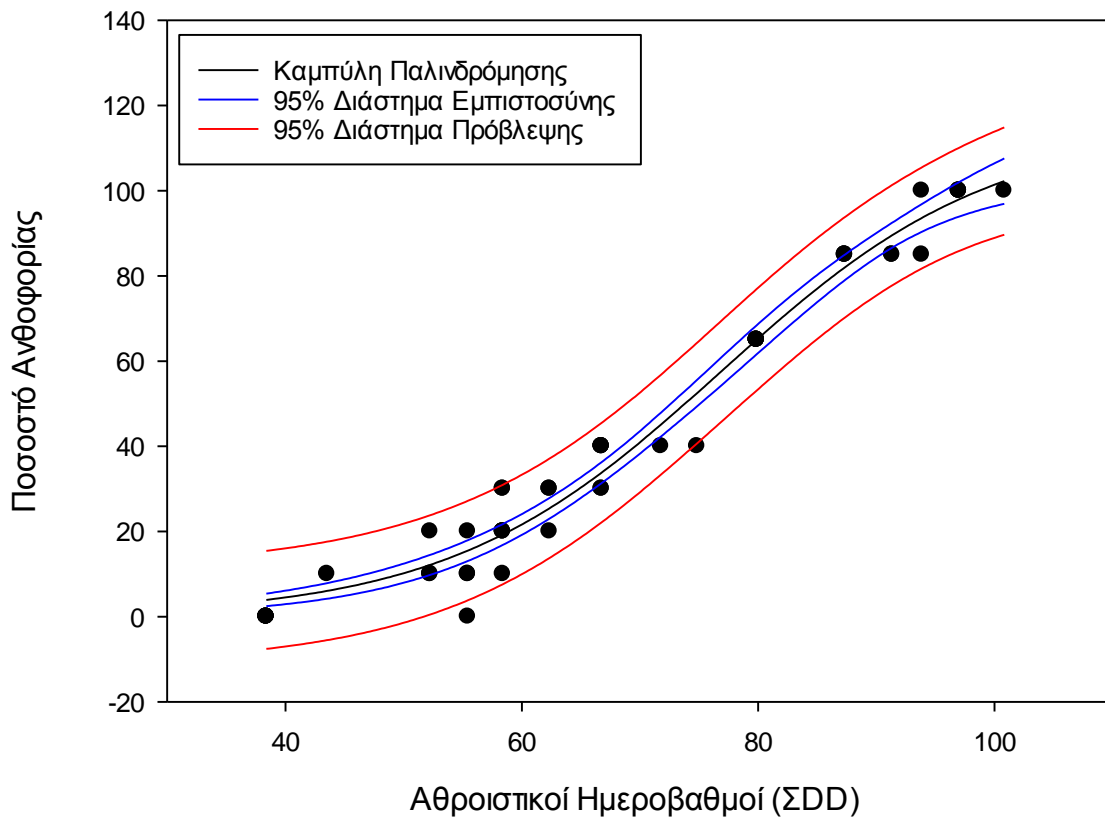
R	Rsqr	Adj Rsqr	Τυπικό Σφάλμα της εκτίμησης
0.9412	0.8858	0.8808	11.7936

Ανάλυση Παραλλακτικότητας (Διακύμανσης):					
	Βαθμοί Ελευθερίας (B.E.)	Άθροισμα τετραγώνων (SS)	Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (MS)	Τιμή-F	Τιμή-P
Παλινδρόμηση	2	48565.9622	24282.9811	174.5850	<0.0001
Κατάλοιπα	45	6259.0378	139.0897		
Σύνολο	47	54825.0000	1166.4894		
	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	Τιμή-t	Τιμή-P	
a	109.6767	10.8468	10.1115	<0.0001	
b	12.7110	2.2180	5.7308	<0.0001	
x0	65.6132	3.7069	17.7004	<0.0001	

Στο πίνακα 4.3.1 παρουσιάζονται οι συντελεστές προσδιορισμού του μοντέλου, οι σταθερές παράμετροι, στατιστικά και ανάλυση παραλλακτικότητας του μοντέλου μη γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ αθροιστικών ημεροβαθμών και αθροιστικού ποσοστού εμφάνισης του φαινολογικού σταδίου της άνθισης για την Ποικιλία κερασιάς Bigarreau Burlat.

Το μοντέλο που προσαρμόστηκε για την πρόβλεψη του αθροιστικού ποσοστού άνθισης σε σχέση με τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς είναι το $f(x) = 109.6767 / (1 + \exp(-(x - 65.6132) / 12.7110))$. Όπως φαίνεται από τον πίνακα των συντελεστών προσδιορισμού το μοντέλο εκφράζει πολύ ικανοποιητικά τα δεδομένα αφού ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού (Adj Rsqr) έχει τιμή 0.8808 γεγονός που υποδεικνύει ότι 88% της συνολικής διακύμανσης του ποσοστού άνθισης εκφράζεται από του αθροιστικούς ημεροβαθμούς.

Όπως διαφαίνεται από τον πίνακα 4.3.1., αλλά και στην παραπάνω εξίσωση, οι εκτιμήσεις των σταθερών παραμέτρων a, b, x0 είναι 109.6767, 12.7110 και 65.6132 αντίστοιχα και είναι εξίσου στατιστικά σημαντικές (p-value < 0.0001).



Γράφημα 4.3.2 : Φαινολογικό Μοντέλο Άνθισης κερασιάς για την ποικιλία Utah Giant (Κατώτερη θερμοκρασία ανάπτυξης 4 °C και έναρξης άθροισης ημεροβαθμών 1^η Ιανουαρίου).

Με την ίδια λογική στο γράφημα 4.3.2 παρουσιάζεται το φαινολογικό μοντέλο άνθισης της κερασιάς της ποικιλίας Utah Giant ως αποτέλεσμα της μεθόδου μη γραμμικής παλινδρόμησης με την χρήση των πειραματικών δεδομένων του έτους 2013. Με γαλάζια γραμμή διαγράφεται το 95% διάστημα εμπιστοσύνης, ενώ με την κόκκινη γραμμή διαγράφεται το 95% διάστημα πρόβλεψης του μοντέλου. Σύμφωνα με το προσαρμοσμένο μοντέλο η έναρξη της άνθισης για την ποικιλία Utah Giant φαίνεται να συμβαίνει γύρω στους 38 αθροιστικούς ημεροβαθμούς, ενώ σύμφωνα με το μοντέλο το 50% την ανθοφορίας φαίνεται να παρατηρείται γύρω στους 78 αθροιστικούς ημεροβαθμούς. Αντίστοιχα το 100% του φαινολογικού σταδίου της άνθισης για την ποικιλία Utah Giant φαίνεται να παρουσιάζεται γύρω στους 100 ημεροβαθμούς.

Πίνακας 4.3.2: Σταθερές παράμετροι, στατιστικά και ανάλυση παραλλακτικότητας του μοντέλου μη γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ αθροιστικών ημεροβαθμών και αθροιστικού ποσοστού εμφάνισης του φαινολογικού σταδίου της άνθισης για την Ποικιλία κερασιάς Utah Giant.

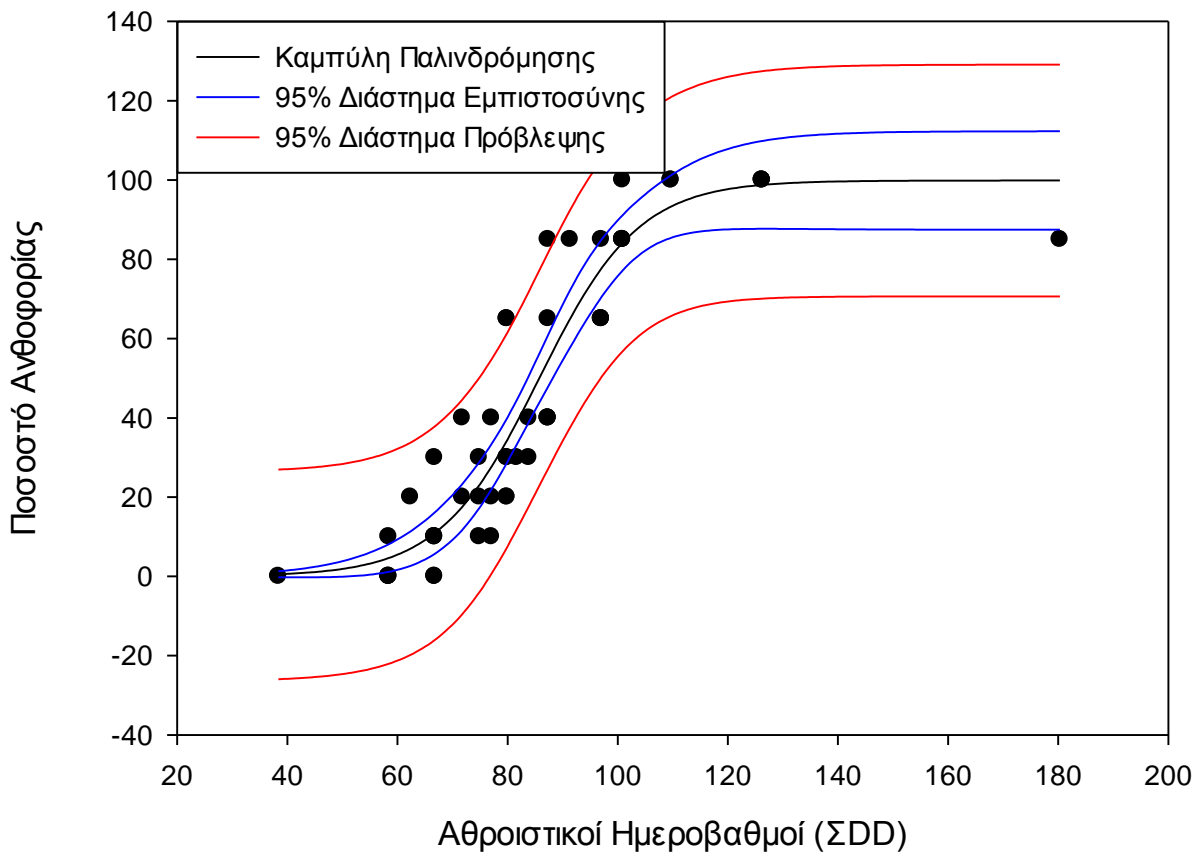
R	Rsqr	Adj Rsqr	Τυπικό Σφάλμα της εκτίμησης		
0.9867	0.9736	0.9725	5.6665		
	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	Τιμή-t	Τιμή-P	
a	114.9947	6.3913	17.9925	<0.0001	
b	11.5131	0.9151	12.5809	<0.0001	
x0	76.8372	1.7725	43.3493	<0.0001	
Ανάλυση Παραλλακτικότητας (Διακύμανσης):					
	Βαθμοί Ελευθερίας (B.E.)	Άθροισμα τετραγώνων (SS)	Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (MS)	Τιμή-F	Τιμή-P
Παλινδρόμηση	2	53380.0740	26690.0370	831.2202	<0.0001
Κατάλοιπα	45	1444.9260	32.1095		
Σύνολο	47	54825.0000	1166.4894		

Στο πίνακα 4.3.2 παρουσιάζονται οι συντελεστές προσδιορισμού του μοντέλου, οι σταθερές παράμετροι, στατιστικά και ανάλυση παραλλακτικότητας του μοντέλου μη γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ αθροιστικών ημεροβαθμών και αθροιστικού ποσοστού εμφάνισης του φαινολογικού σταδίου της άνθισης για την ποικιλία κερασιάς Utah Giant.

Το μοντέλο που προσαρμόστηκε για την πρόβλεψη του αθροιστικού ποσοστού άνθισης σε σχέση με τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς είναι της μορφής $f(x_0) = 114.9947 / (1 + \exp(-(x - 76.8372) / 11.5131))$. Όπως φαίνεται από τον πίνακα των συντελεστών προσδιορισμού το μοντέλο εκφράζει πολύ ικανοποιητικά τα δεδομένα αφού ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού (Adj Rsqr) έχει τιμή 0.9725 γεγονός που υποδεικνύει ότι 97% της συνολικής διακύμανσης του ποσοστού άνθισης εκφράζεται από του αθροιστικούς ημεροβαθμούς.

Όπως διαφαίνεται από τον πίνακα 4.3.2. οι εκτιμήσεις των σταθερών παραμέτρων a , b , x_0 είναι 114.9947, 11.5131 και 76.8372 αντίστοιχα και είναι εξίσου στατιστικά σημαντικές (p -value < 0.0001).

Παρόμοια όπως και στις άλλες ποικιλίες, στο γράφημα 4.3.3. παρουσιάζεται το φαινολογικό μοντέλο άνθισης της ποικιλίας Bigarreau Ferbolus (Verdel) σύμφωνα με την μέθοδο μη γραμμικής παλινδρόμησης για τα πειραματικά δεδομένα του έτους 2013. Με γαλάζια γραμμή εμφανίζετε το 95% διάστημα εμπιστοσύνης, ενώ με την κόκκινη γραμμή το 95% διάστημα πρόβλεψης του μοντέλου. Σύμφωνα με το προσαρμοσμένο μοντέλο η έναρξη της άνθισης για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) φαίνεται να συμβαίνει γύρω στους 60 αθροιστικούς ημεροβαθμούς, ενώ σύμφωνα με το μοντέλο το 50% την ανθοφορίας φαίνεται να παρατηρείται γύρω στους 90 αθροιστικούς ημεροβαθμούς. Αντίστοιχα το 100% του φαινολογικού σταδίου της άνθισης για την ποικιλία Utah Giant φαίνεται να παρουσιάζεται γύρω στους 110 ημεροβαθμούς.



Γράφημα 4.3.3:Φαινολογικό Μοντέλο Άνθισης κερασιάς για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel). (Κατώτερη θερμοκρασία ανάπτυξης 4 °C και έναρξης άθροισης ημεροβαθμών 1^η Ιανουαρίου) .

Αντίστοιχα στον πίνακα 4.3.3 παρουσιάζονται οι συντελεστές προσδιορισμού του μοντέλου, οι σταθερές παράμετροι, στατιστικά και ανάλυση παραλλακτικότητας του μοντέλου μη γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ αθροιστικών ημεροβαθμών και αθροιστικού ποσοστού εμφάνισης του φαινολογικού σταδίου της άνθισης για την Ποικιλια κερασιάς Bigarreau Ferbolus (Verdel).

Το μοντέλο που προσαρμόστηκε για την πρόβλεψη του αθροιστικού ποσοστού άνθισης σε σχέση με τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς είναι της μορφής $f(x) = 99.8851 / (1 + \exp(-(x - 85.7109) / 9.0290))$. Όπως φαίνεται από τον πίνακα των συντελεστών προσδιορισμού το μοντέλο εκφράζει πολύ ικανοποιητικά τα δεδομένα

αφού ο προσαρμοσμένος συντελεστή προσδιορισμού (Adj Rsqr) έχει τιμή 0.8532 γεγονός που υποδεικνύει ότι 85% της συνολικής διακύμανσης του ποσοστού άνθισης εκφράζεται από του αθροιστικούς ημεροβαθμούς.

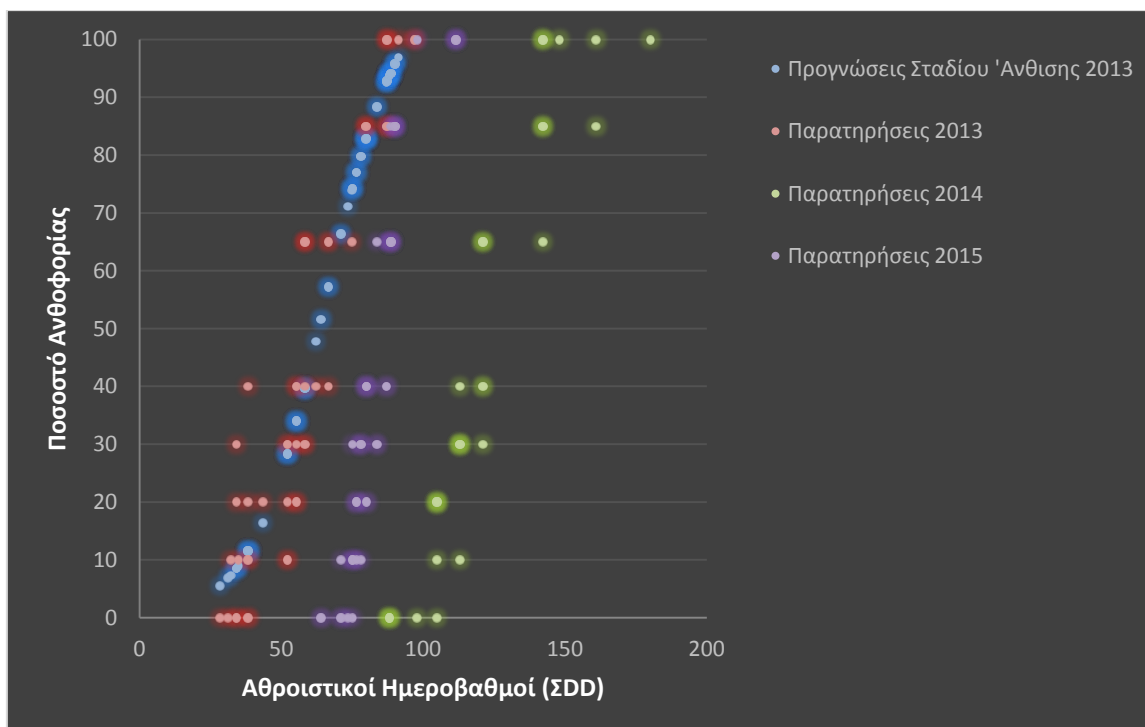
Όπως διαφαίνεται από τον πίνακα 4.3.3. οι εκτιμήσεις των σταθερών παραμέτρων a, b, x0 είναι 99.8851, 9.0290 και 85.7109 αντίστοιχα και είναι εξίσου στατιστικά σημαντικές (p-value < 0.0001).

Πίνακας 4.3.3: Σταθερές παράμετροι, στατιστικά και ανάλυση παραλλακτικότητας του μοντέλου μη γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ αθροιστικών ημεροβαθμών και αθροιστικού ποσοστού εμφάνισης του φαινολογικού σταδίου της άνθισης για την Ποικιλία κερασιάς Bigarreau Ferbolus (Verdel).

R	Rsqr	Adj Rsqr	Τυπικό Σφάλμα της εκτίμησης		
0.9270	0.8594	0.8532	13.1421		
	Συντελεστής	Τυπικό Σφάλμα	Τιμή-t	Τιμή-P	
a	99.8851	6.1735	16.1796	<0.0001	
b	9.0290	1.3574	6.6515	<0.0001	
x0	85.7109	1.8147	47.2315	<0.0001	
Ανάλυση Παραλλακτικότητας (Διακύμανσης):					
	Βαθμοί Ελευθερίας (B.E.)	Άθροισμα τετραγώνων (SS)	Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα (MS)	Τιμή-F	Τιμή-P
Παλινδρόμηση	2	48546.9328	24273.4664	140.5403	<0.0001
Κατάλοιπα	46	7944.9040	172.7153		
Σύνολο	48	56491.8367	1176.9133		

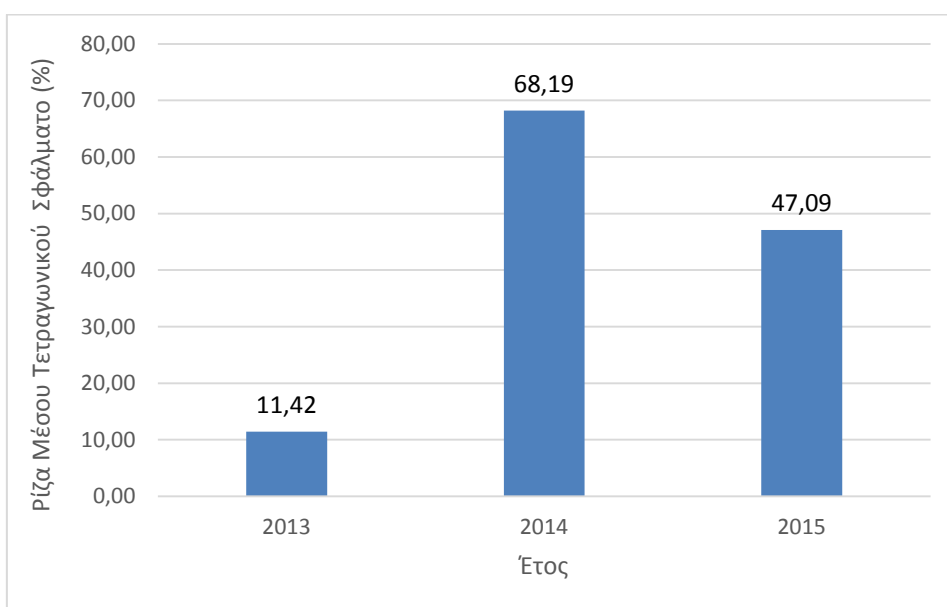
4.4 Έλεγχος αξιοπιστίας και προσαρμοστικότητα του μοντέλου

Στο γράφημα 4.4.1 παρουσιάζεται η προσαρμοστικότητα του φαινολογικού μοντέλου πρόγνωσης του αθροιστικού ποσοστού άνθισης της κερασιάς που δημιουργήθηκε με βάση τα δεδομένα του έτους 2013, για τα τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014 και 2015 για την ποικιλία κερασιάς Bigarreau Burlat. Για το 2013 η ικανότητα πρόβλεψης του μοντέλου για την ποικιλία Bigarreau Burlat φαίνεται πολύ ικανοποιητική ωστόσο όπως παρατηρείται για τα επόμενα έτη 2014 και 2015 παρουσιάζεται μεγάλη απόκλιση από τα πραγματικά δεδομένα. Ειδικότερα, παρόλο που η πορεία που ακολουθούν τα δεδομένα ακολουθεί το ίδιο μοτίβο τα πειραματικά δεδομένα για τα έτη 2014 και 2015 εμφανίζονται μετατοπισμένα προς τα αριστερά πράγμα που υποδεικνύει πρόγνωση του φαινολογικού σταδίου της άνθισης σύμφωνα με το μοντέλο σε νωρίτερο στάδιο. Για το 2014 φαίνεται να είναι πολύ μεγαλύτερη η απόκλιση των σημείων πρόγνωσης του μοντέλου από τα πραγματικά δεδομένα παρά από το 2015.



Γράφημα 4.4.1: Προσαρμοστικότητα φαινολογικού μοντέλου πρόγνωσης του αθροιστικού ποσοστού άνθισης της κερασιάς και πειραματικών δεδομένων για τρία διαδοχικά έτη (2013, 204, 2015) για την ποικιλία κερασιάς Bigarreau Burlat.

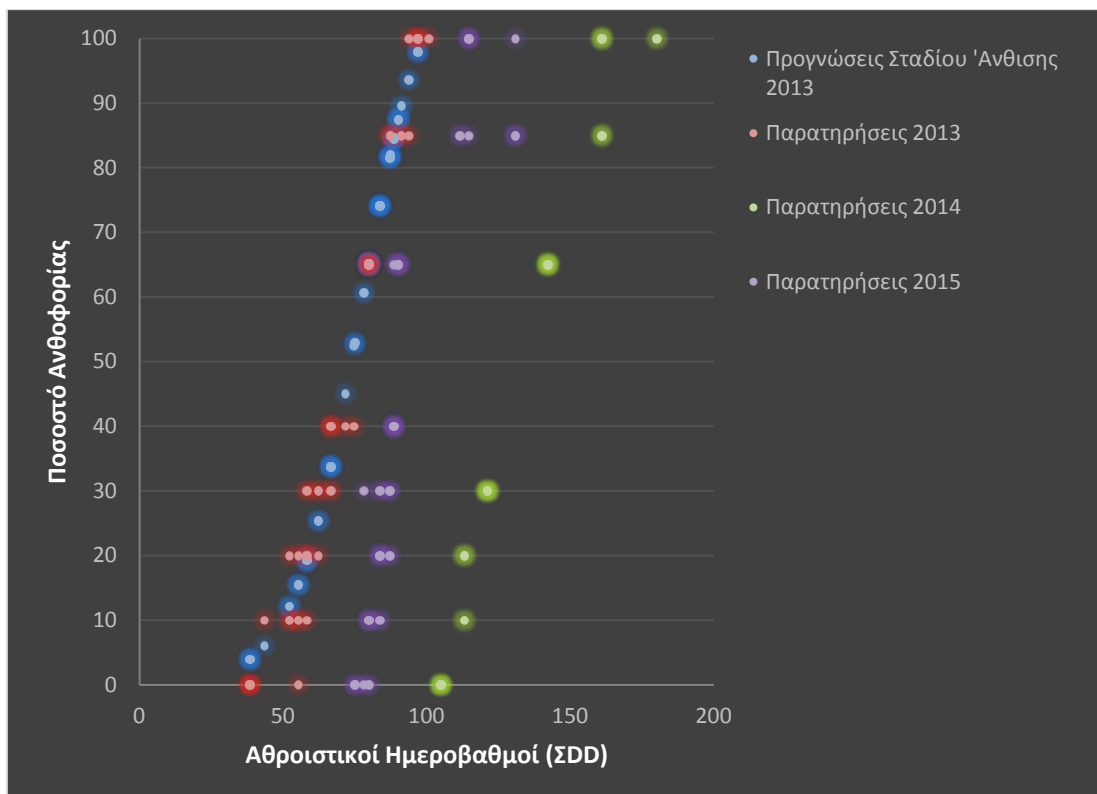
Στο γράφημα 4.4.2 παρουσιάζονται οι τιμές του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Square Error-RMSE) για το φαινολογικό μοντέλο πρόγνωσης του αθροιστικού ποσοστού άνθισης της κερασιάς για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) της ποικιλίας Bigarreau Burlat. Όπως αναμενόταν για το 2013 η τιμή του μέσου τετραγωνικού σφάλματος είναι 11.42%, τιμή σημαντικά πιο χαμηλή από την αντίστοιχη για τα έτη 2014 και 2015, γεγονός που εξασφαλίζει ικανοποιητική αξιοπιστία πρόγνωσης για το 2013. Αντίθετα για το 2014 και 2015 οι τιμές του RMSE είναι αντίστοιχα 68.19% και 47.09%, γεγονός που υποδεικνύει μικρότερη προσαρμοστικότητα για τα δεδομένα του 2015 και σημαντικά μικρότερη προσαρμοστικότητα στα δεδομένα του 2014.



Γράφημα 4.4.2: Ρίζα Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (Root Mean Square Error) για το φαινολογικό μοντέλο πρόγνωσης του αθροιστικού ποσοστού άνθισης της κερασιάς για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) της ποικιλίας Bigarreau Burlat.

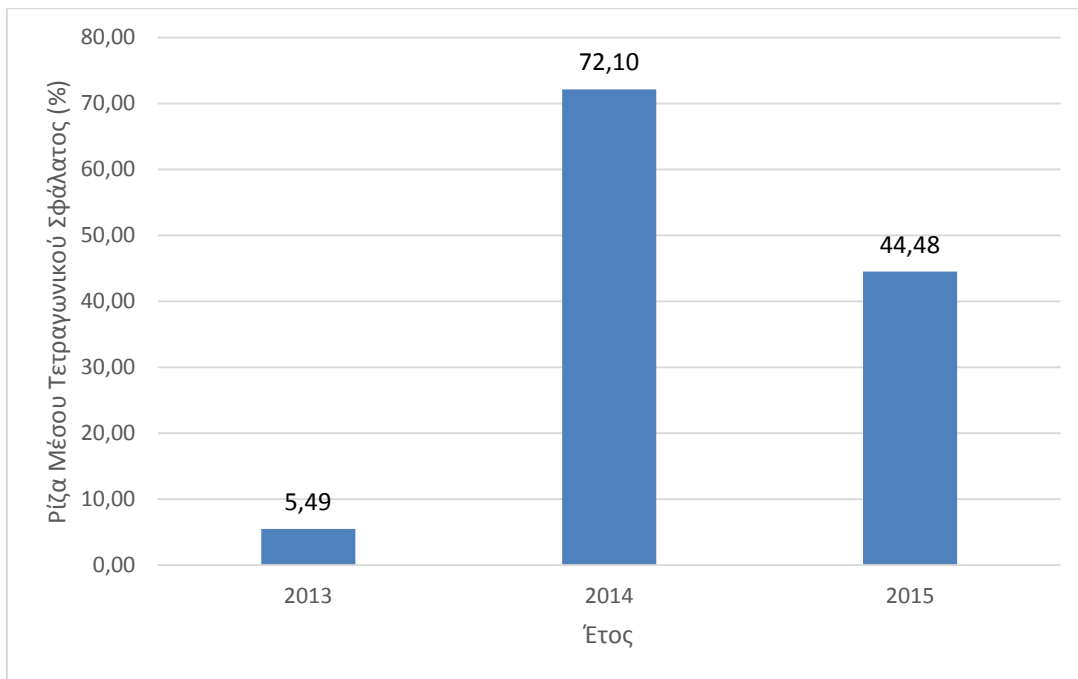
Αντίστοιχα για την ποικιλία κερασιάς Utan Giant στο γράφημα 4.4.3 παρουσιάζεται η προσαρμοστικότητα του φαινολογικού μοντέλου πρόγνωσης του αθροιστικού ποσοστού άνθισης της κερασιάς που δημιουργήθηκε με βάση τα δεδομένα του έτους 2013, για τα τρία διαδοχικά έτη 2015, 2014 και 2015. Για το 2013 η ικανότητα πρόβλεψης του μοντέλου για την ποικιλία Utan Giant φαίνεται πολύ ικανοποιητική ωστόσο όπως παρατηρείται για τα επόμενα έτη 2014 και 2015 παρουσιάζεται μεγάλη απόκλιση από τα πειραματικά δεδομένα παρόλο που η πορεία τους ακολουθεί το ίδιο

μοτίβο. Για το 2014 φαίνεται να είναι πολύ μικρότερη η προσαρμοστικότητα του μοντέλου σε σύγκριση με τα δεδομένα του 2015.



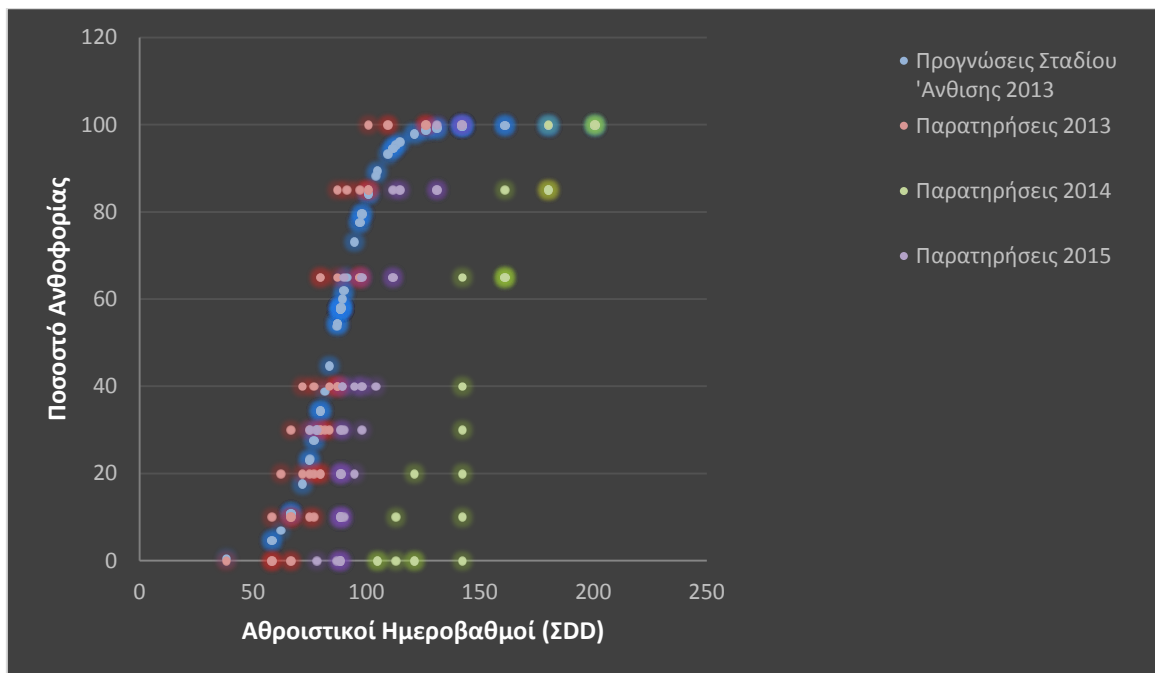
Γράφημα 4.4.3: Προσαρμοστικότητα φαινολογικού μοντέλου πρόγνωσης του αθροιστικού ποσοστού άνθισης της κερασιάς και πειραματικών δεδομένων για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) για την ποικιλία κερασιάς Utah Giant.

Στο γράφημα 4.4.4 παρουσιάζονται οι τιμές του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Square Error-RMSE) για το φαινολογικό μοντέλο πρόγνωσης του αθροιστικού ποσοστού άνθισης της κερασιάς για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) της ποικιλίας Utah Giant. Όπως αναμενόταν για το 2013 η τιμή του μέσου τετραγωνικού σφάλματος είναι 5.49%, τιμή σημαντικά πιο χαμηλή από την αντίστοιχη για τα έτη 2014 και 2015, γεγονός που εξασφαλίζει ικανοποιητική αξιοπιστία πρόγνωσης για το 2013. Αντίθετα για το 2014 και 2015 οι τιμές του RMSE είναι 72.10% και 44.48% γεγονός που υποδεικνύει μικρή προσαρμοστικότητα ιδιαίτερα για τα δεδομένα του 2014 και μικρή ικανότητα πρόγνωσης για τα δεδομένα του 2015.



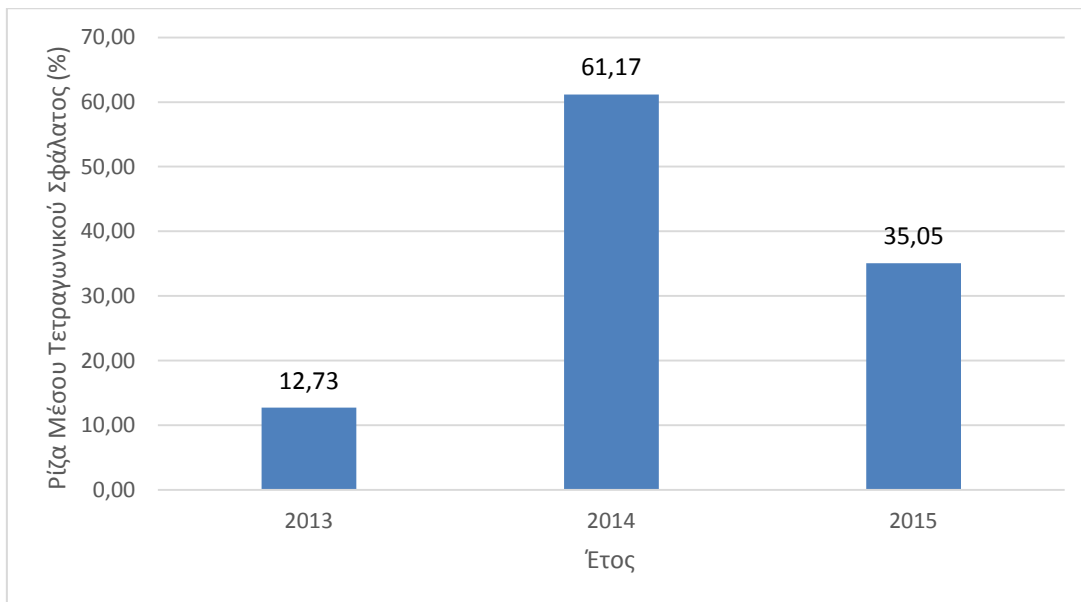
Γράφημα 4.4.4: Ρίζα Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (Root Mean Square Error) για το φαινολογικό μοντέλο πρόγνωσης του αθροιστικού ποσοστού άνθισης της κερασιάς για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) της ποικιλίας Utah Giant.

Παρόμοια αποτελέσματα έχουμε για την περίπτωση της ποικιλίας κερασιάς Bigarreau Ferbolus (Verdel). Στο γράφημα 4.4.5 παρουσιάζεται η προσαρμοστικότητα του φαινολογικού μοντέλου πρόγνωσης του αθροιστικού ποσοστού άνθισης της κερασιάς που δημιουργήθηκε με βάση τα δεδομένα του έτους 2013, για τα τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014 και 2015. Για το 2013 η ικανότητα πρόβλεψης του μοντέλου για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) φαίνεται πολύ ικανοποιητική ωστόσο όπως παρατηρείται για τα επόμενα έτη, 2014 και 2015 παρουσιάζεται μεγάλη απόκλιση από τα πραγματικά δεδομένα παρόλο που η πορεία που ακολουθούν ακολουθεί το ίδιο μοτίβο. Ιδιαίτερα για το 2014 φαίνεται να είναι πολύ μεγαλύτερη η απόκλιση του μοντέλου από τα πραγματικά δεδομένα παρά από το 2015.



Γράφημα 4.4.5: Προσαρμοστικότητα φαινολογικού μοντέλου πρόγνωσης του αθροιστικού ποσοστού άνθισης της κερασιάς και πειραματικών δεδομένων για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) για την ποικιλία κερασιάς Bigarreau Ferbolus (Verdel).

Ανάλογα, στο γράφημα 4.4.6 παρουσιάζονται οι τιμές του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Square Error-RMSE) για το φαινολογικό μοντέλο πρόγνωσης του αθροιστικού ποσοστού άνθισης της κερασιάς για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) της ποικιλίας Bigarreau Ferbolus (Verdel). Όπως αναμενόταν για το 2013 η τιμή του μέσου τετραγωνικού σφάλματος είναι 12.73%, τιμή σημαντικά πιο χαμηλή από την αντίστοιχη για τα έτη 2014 και 2015, γεγονός που εξασφαλίζει ικανοποιητική αξιοπιστία πρόγνωσης για το 2013. Αντίθετα για το 2014 και 2015 οι τιμές του RMSE είναι 61.17% και 35.05% γεγονός που υποδεικνύει πολύ μικρή ικανότητα πρόγνωσης ιδιαίτερα για τα δεδομένα του 2014 και μικρή προσαρμοστικότητα για τα δεδομένα του 2015.



Γράφημα 4.4.6.: Ρίζα Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (Root Mean Square Error) για το φαινολογικό μοντέλο πρόγνωσης του αθροιστικού ποσοστού άνθισης της κερασιάς για τρία διαδοχικά έτη (2013, 204, 2015) της ποικιλίας Bigarreau Ferbolus (Verdel).

Στον πίνακα 4.4.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τον έλεγχο ύπαρξης γραμμικής συσχέτισης σύμφωνα με τον συντελεστή γραμμικής συσχέτισης του Pearson. Σύμφωνα με τον πίνακα υπάρχει στατιστικά σημαντική γραμμική συσχέτιση μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας και των τριών διαδοχικών ετών ιδιαίτερα για τα ζεύγη ετών 2013 και 2015, 2014 και 2015, ενώ ελαφρώς λιγότερη συσχέτιση μεταξύ των ετών 2013 και 2014.

Πίνακας 4.4.1.: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ θερμοκρασιών για την περιοχή Σαϊττά, για τρία διαδοχικά έτη παρατήρησης (2013, 2014, 2015)

Συσχετίσεις				
		Θερμοκρασίες 2013	Θερμοκρασίες 2014	Θερμοκρασίες 2015
Θερμοκρασίες 2013	Συντελεστής Συσχέτισης του Pearson	1	,810**	,850**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000
	N	365	365	365
Θερμοκρασίες 2014	Συντελεστής Συσχέτισης του Pearson	,810**	1	,840**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000
	N	365	365	365

Θερμοκρασίες 2015	Συντελεστής Συσχέτισης του Pearson	,850**	,840**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	N	365	365	365
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).				

Στον πίνακα 4.4.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου ισότητας διακύμανσης μεταξύ των μέσων θερμοκρασιών για τα τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015. Σε επίπεδο σημαντικότητα 1% υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διακυμάνσεων των μέσων θερμοκρασιών των ετών 2013, 2014, 2015.

Πίνακας 4.4.2: Ελέγχου ισότητας διακύμανσης της μέσης θερμοκρασίας για τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015.

Levene Statistic	B. E. 1	B.E. 2	Sig.
7,018	2	1092	,001

Ο πίνακας 4.4.3 απεικονίζει τα αποτελέσματα από την απλή ανάλυση διακύμανσης της μέσης θερμοκρασίας για τα έτη 2013, 2014, 2015. Σε επίπεδο σημαντικότητα 5% απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ($p\text{-value} < 0,047$), επομένως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας για τα διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015.

Πίνακας 4.4.3.: Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης για την μέση θερμοκρασία στην περιοχή Σαϊττά για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015)

Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης για την Μέση θερμοκρασία					
Αιτία Διασποράς	Αθροίσματα Τετραγώνων	B.E.	Μέσα τετραφωνικά Λάθη	Τιμή-F	Σημαντ.
Μεταξύ των επιδράσεων	295,327	2	147,664	3,067	,047
Ανάμεσα στις επιδράσεις	52576,219	1092	48,147		
Σύνολο	52871,546	1094			

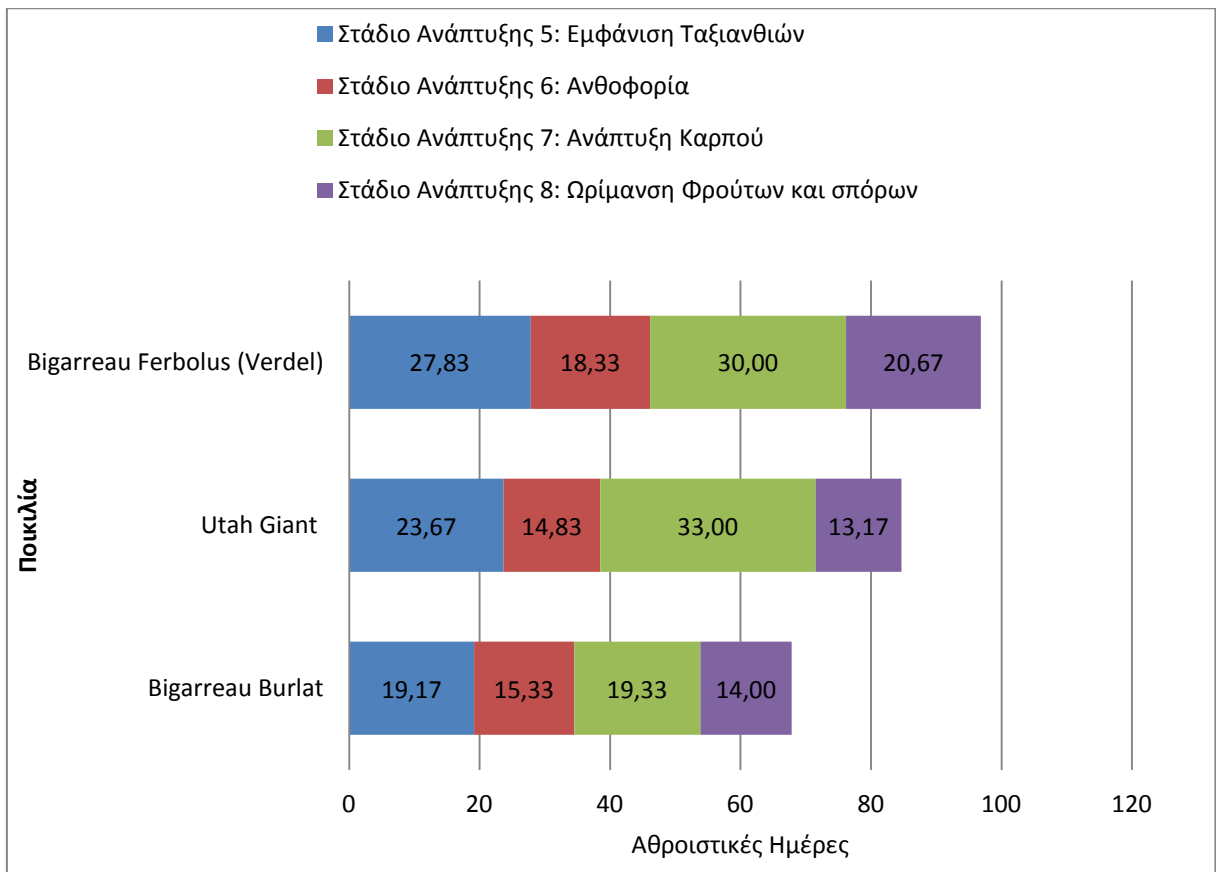
Πίνακας 4.4.5.: Πίνακας Ελέγχου Διαφορών βάση του ελέγχου Duncan της μέση θερμοκρασίας στην περιοχή Σαϊττά για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015).

	Έτος	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan ^a	2013	365	15,5138	
	2015	365	16,5181	16,5181
	2014	365		16,6922
	Sig.		,051	,735
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.				
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 365,000.				

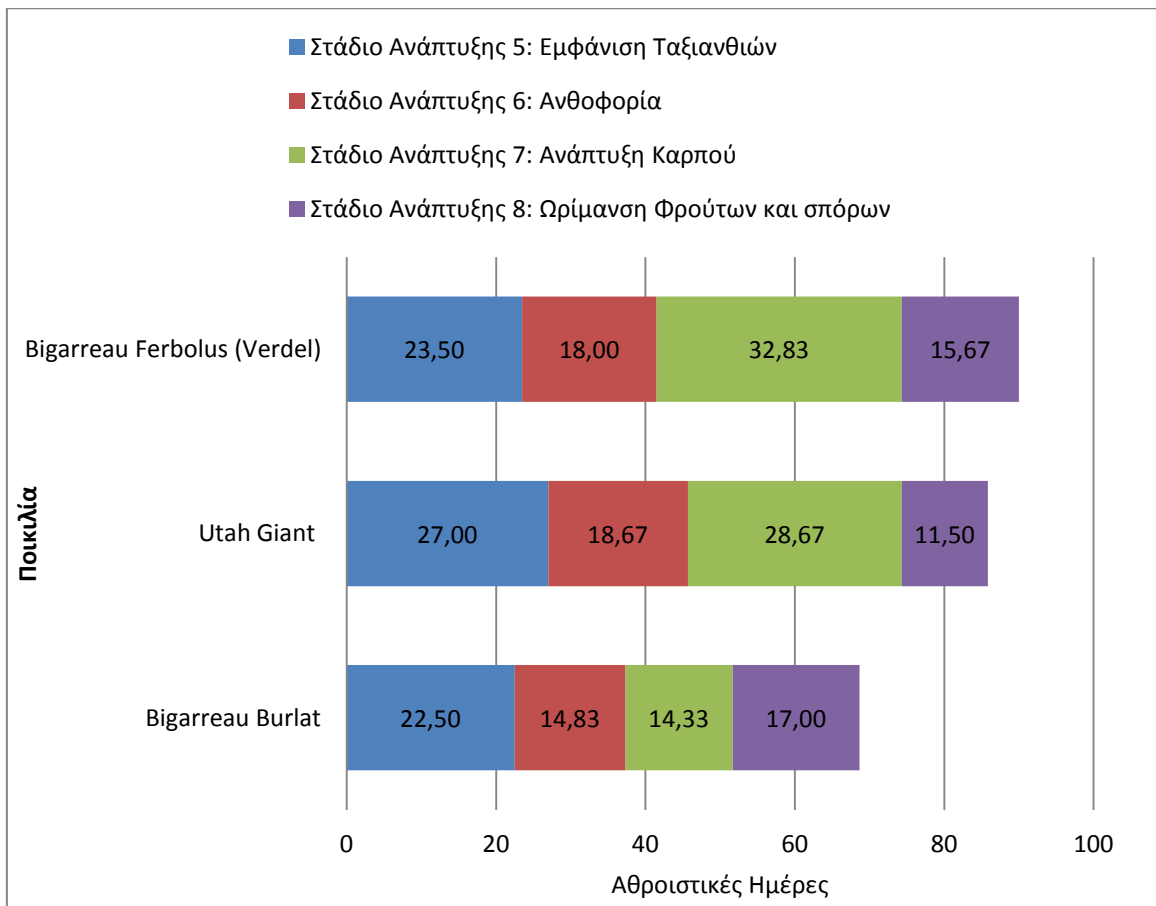
Σύμφωνα με τον πίνακα 4.4.5 όπου εξετάζεται μεταξύ ποιων ετών υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά την μέση θερμοκρασία, φαίνεται ότι υπάρχει σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, στατιστικά σημαντική διαφορά στην μέση ημερήσια θερμοκρασία μεταξύ του έτους 2013 και 2014.

4.5 Διάρκεια βασικών φαινολογικών σταδίων ποικιλιών κερασιάς εκφρασμένα σε ημέρες και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς

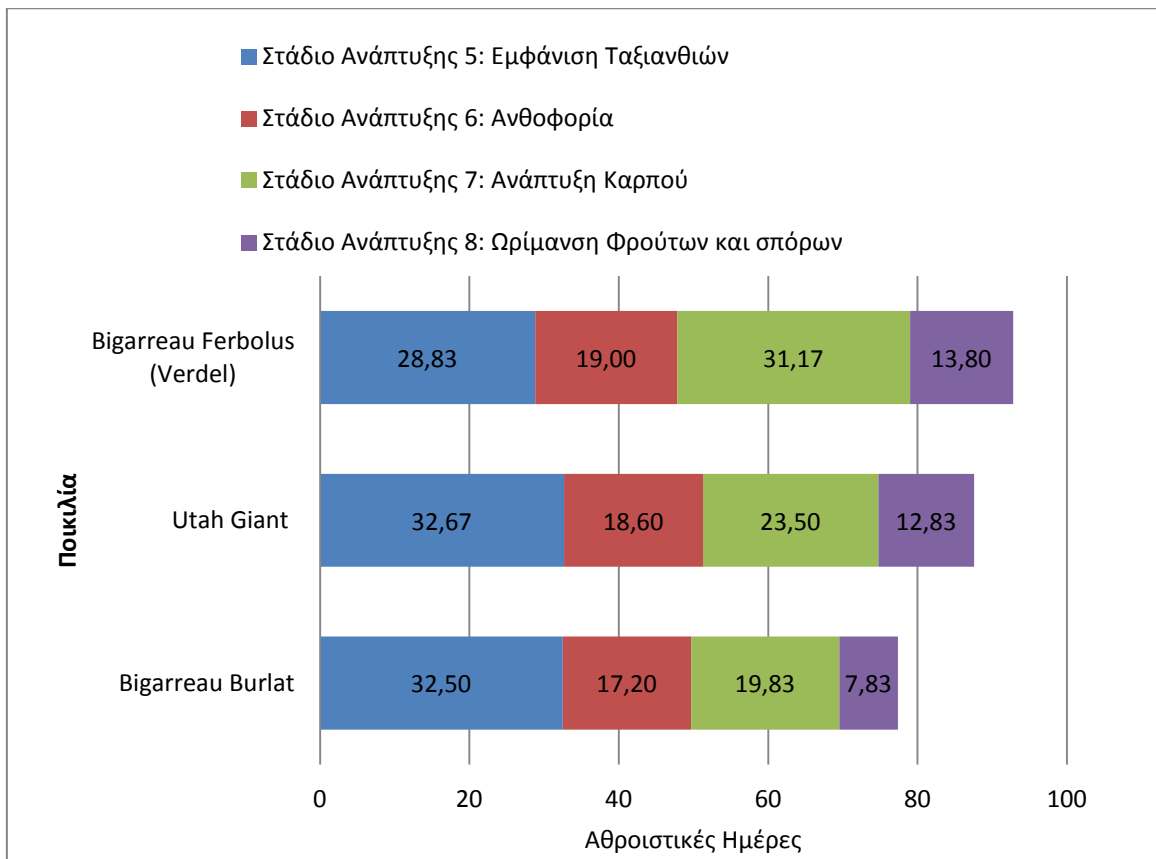
Στα γραφήματα 4.5.1, 4.5.2 και 4.5.3 παρουσιάζεται η διάρκεια (σε αθροιστικές ημέρες) βασικών φαινολογικών σταδίων για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τα έτη 2013, 2014 και 2015 αντίστοιχα. Τα βασικά φαινολογικά στάδια που παρουσιάζονται είναι το στάδιο ανάπτυξης 5: Εμφάνιση ταξιανθιών, το στάδιο ανάπτυξης 6: Ανθοφορίας, το στάδιο ανάπτυξης 7: Ανάπτυξη καρπού και το στάδιο ανάπτυξης 8: Ωρίμανση φρούτων και σπόρων. Το γράφημα 4.5.4. παρουσιάζει την μέση διάρκεια των βασικών φαινολογικών σταδίων (σε αθροιστικές ημέρες) για τις τρεις ποικιλίες κερασιάς όπως προκύπτει από τα τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015.



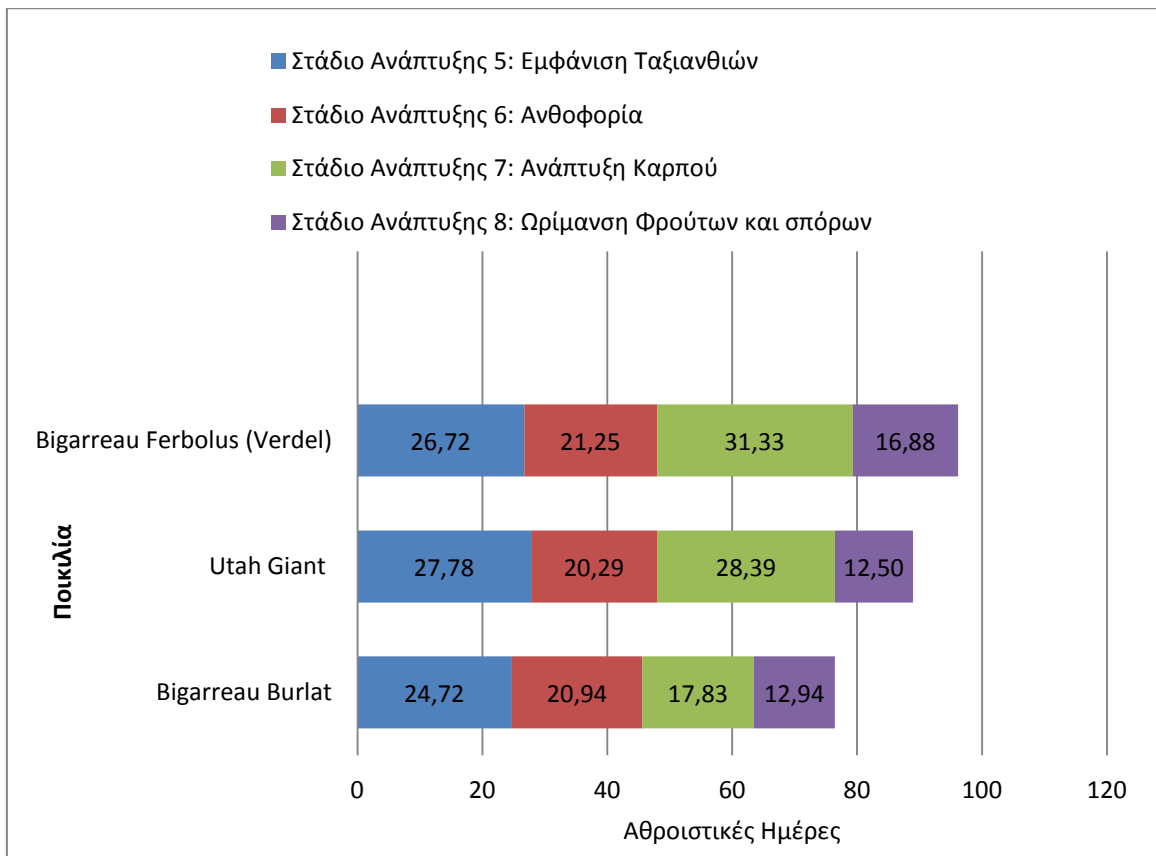
Γράφημα 4.5.1: Διάρκεια σε ημέρες βασικών φαινολογικών σταδίων για τρεις ποικιλίες κερασιάς για το έτος 2013.



Γράφημα 4.5.2: Διάρκεια σε ημέρες βασικών φαινολογικών σταδίων για τρεις ποικιλίες κερασιάς για το έτος 2014.



Γράφημα 4.5.3: Διάρκεια σε ημέρες βασικών φαινολογικών σταδίων για τρεις ποικιλίες κερασιάς για το έτος 2015.



Γράφημα 4.5.4: Διάρκεια σε ημέρες βασικών φαινολογικών σταδίων για τρεις ποικιλίες κερασιάς για τα τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015)

Εξετάζοντας τα γραφήματα 4.5.1, 4.5.2, 4.5.3 και 4.5.4 φαίνεται ξεκάθαρα ότι η ποικιλία Bigarreau Burlat απαιτεί το μικρότερο χρονικό διάστημα σε ημέρες για την ολοκλήρωση των σταδίων από την εμφάνιση των ταξιανθιών μέχρι και την ωρίμανση των φρούτων και σπόρων σε αντίθεση με την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) η οποία απαιτεί το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για την πραγματοποίηση των εν λόγω βασικών φαινολογικών σταδίων.

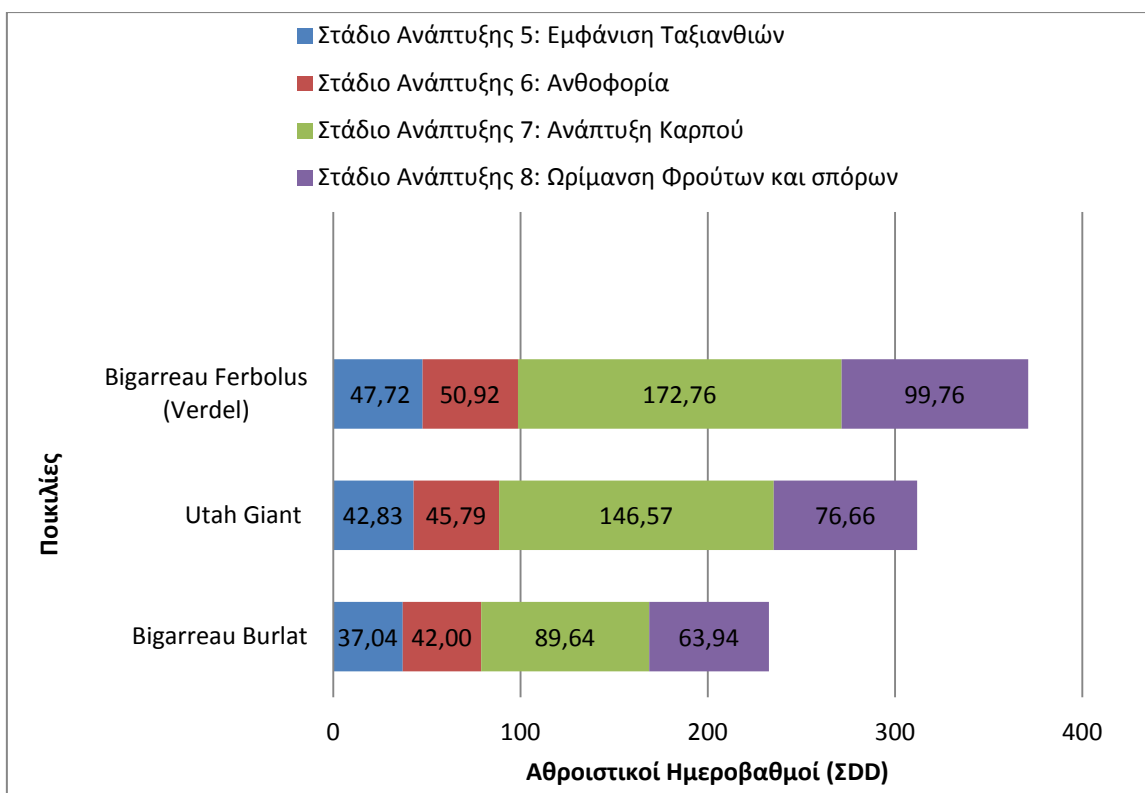
Από την άλλη ενδεχομένως φαίνονται να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών όσον αφορά την διάρκεια σε ημέρες στα βασικά φαινολογικά στάδια που εξετάζονται.

Ανάλογα στα γραφήματα 4.5.5, 4.5.6 και 4.5.7 παρουσιάζεται η διάρκεια (σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς) βασικών φαινολογικών σταδίων για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τα έτη 2013, 2014 και 2015 αντίστοιχα. Το γράφημα 4.5.8. παρουσιάζει την μέση διάρκεια των

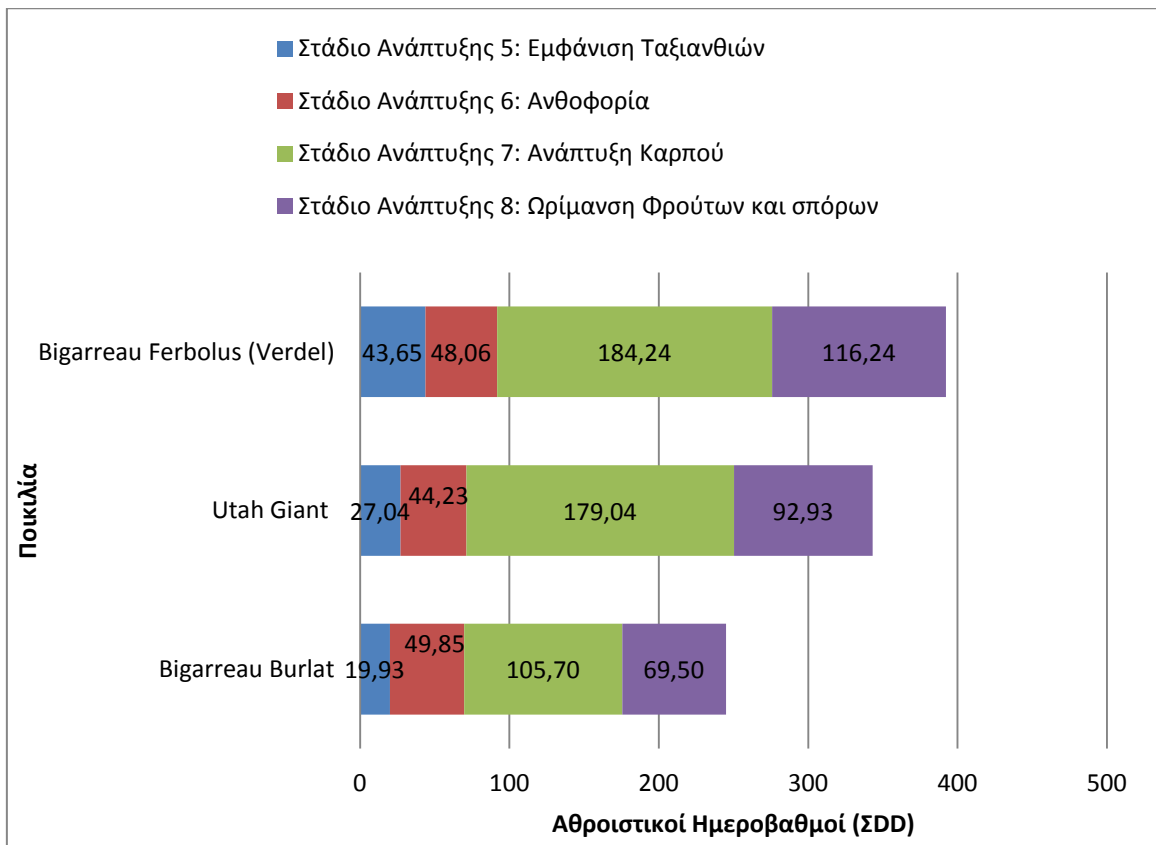
βασικών φαινολογικών σταδίων (σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς) για τις τρεις ποικιλίες κερασιάς όπως προκύπτει από τα τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015.

Αντίστοιχη εικόνα παρουσιάζεται και στα γραφήματα 4.5.5, 4.5.6 και 4.5.7 αφού είναι ξεκάθαρο ότι η ποικιλία Bigarreau Burlat απαιτεί τους λιγότερους αθροιστικούς ημεροβαθμούς για την ολοκλήρωση των σταδίων από την εμφάνιση των ταξιανθιών μέχρι και την ωρίμανση των φρούτων και σπόρων σε αντίθεση με την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) η οποία απαιτεί τους περισσότερους ημεροβαθμούς για την πραγματοποίηση των εν λόγω βασικών φαινολογικών σταδίων.

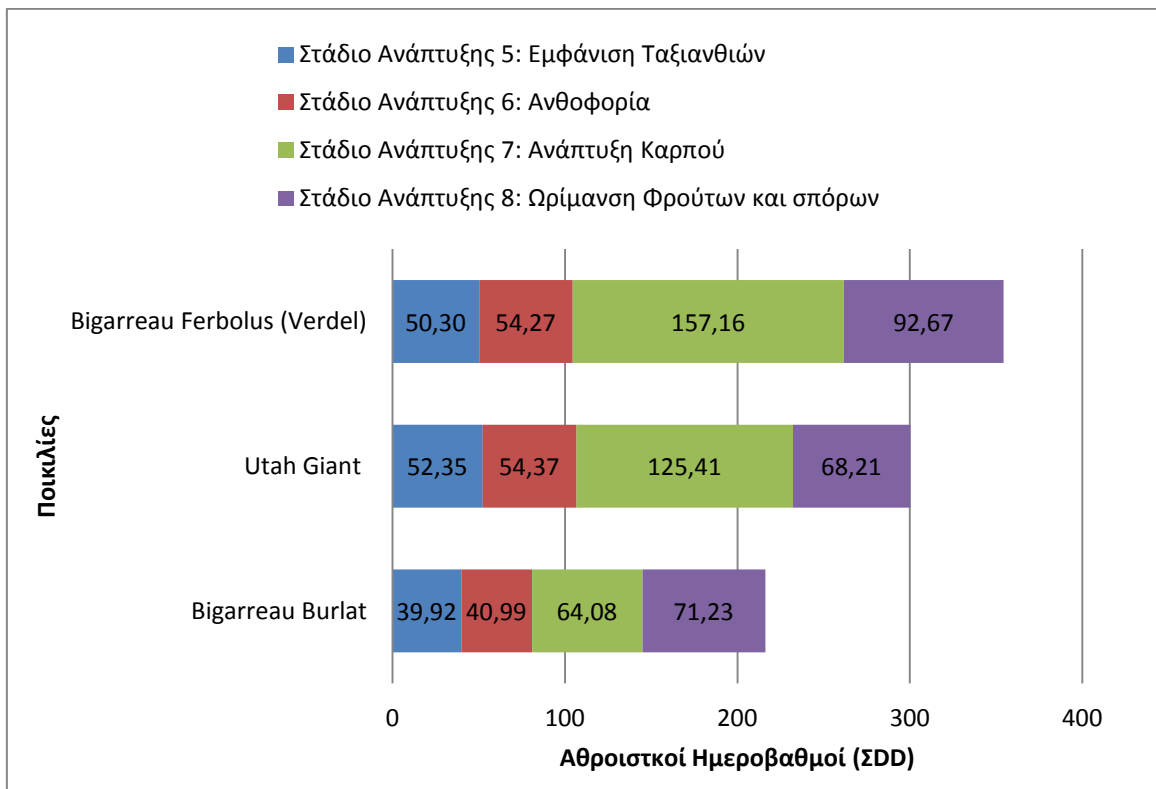
Από την άλλη, το ενδεχόμενο ύπαρξης σημαντικών διαφορών μεταξύ των υπό μελέτη ποικιλιών, όσον αφορά τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς που απαιτούνται στα βασικά φαινολογικά στάδια, είναι πολύ πιθανό.



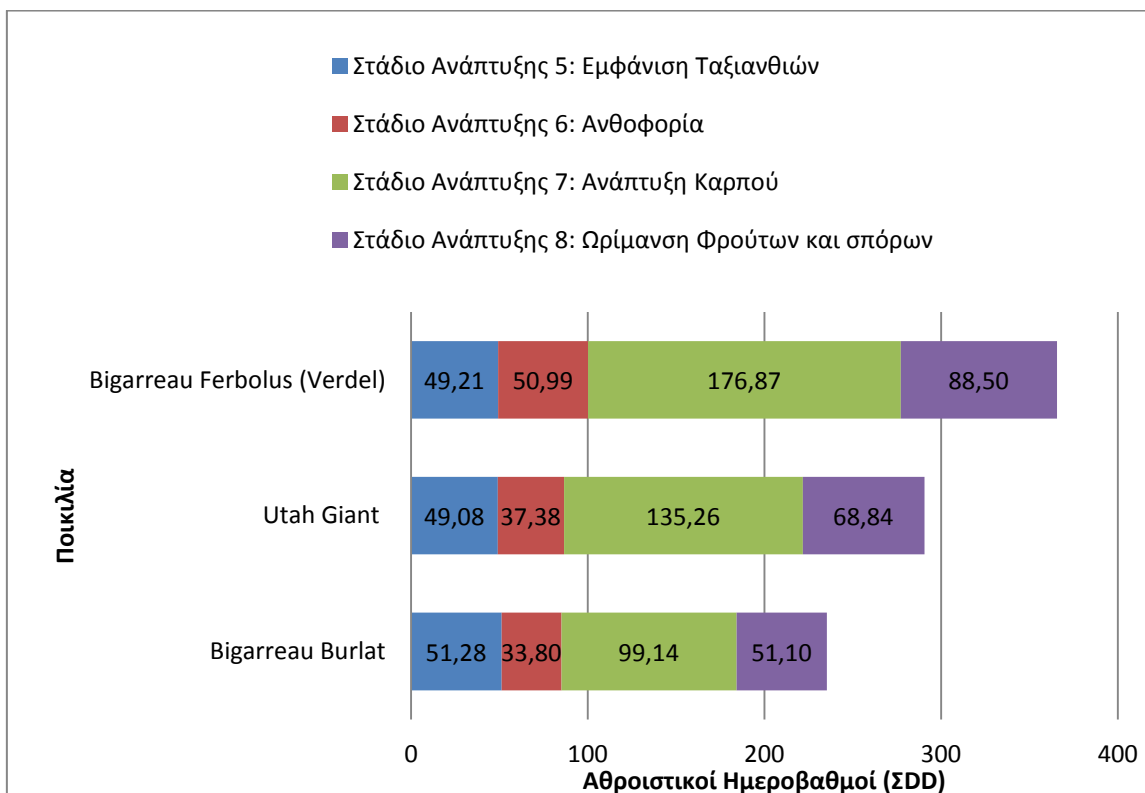
Γράφημα 4.5.5 :Διάρκεια σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) βασικών φαινολογικών σταδίων για τρεις ποικιλίες κερασιάς για το έτος 2013.



Γράφημα 4.5.6: Διάρκεια σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) βασικών φαινολογικών σταδίων για τρεις ποικιλίες κερασιάς για το έτος 2014.



Γράφημα 4.5.7: Διάρκεια σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) βασικών φαινολογικών σταδίων για τρεις ποικιλίες κερασιάς για το έτος 2015.



Γράφημα 4.5.8: Διάρκεια σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) βασικών φαινολογικών σταδίων για τρεις ποικιλίες κερασιάς για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015).

4.6 Έλεγχος για διαφορές στην διάρκεια βασικών φαινολογικών σταδίων μεταξύ ποικιλιών κερασιάς

Ο πίνακας 4.6.1 παρουσιάζει τα αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης για την διάρκεια σε ημέρες βασικών φαινολογικά στάδια ως προς τις ανεξάρτητη μεταβλητή ποικιλία κερασιάς για τα δεδομένα τριών διαδοχικών ετών (2013, 2014, 2015). Τα βασικά φαινολογικά στάδια που εξετάζονται είναι: α) το στάδιο 5 της BBCH κλίμακας: Εμφάνιση ταξιανθιών, β) το στάδιο 6 της BBCH κλίμακας: Ανθοφορίας γ) το στάδιο 7 της BBCH κλίμακας: Ανάπτυξη καρπού δ) το στάδιο 8 της BBCH κλίμακας: Ωρίμανση φρούτων και σπόρων.

Όπως προκύπτει από την ανάλυση διακύμανσης κατά ένα παράγοντα για το στάδιο της εμφάνισης ταξιανθιών δεν φαίνεται να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την διάρκεια του σε ημέρες μεταξύ των τριών υπό εξέταση ποικιλιών κερασιάς (p -value=0.301, $\alpha \leq 5\%$), σε αντίθεση με τα υπόλοιπα στάδια όπου σε επίπεδο

σημαντικότητας 5% φαίνεται να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά την διάρκεια τους σε ημέρες για τις υπό εξέταση ποικιλίες (πίνακας 4.6.1).

Αντίστοιχα ο πίνακας 4.6.2 παρουσιάζει τα αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης για τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς, βασικών φαινολογικά στάδια ως προς τις ανεξάρτητη μεταβλητή ποικιλία κερασιάς για τα δεδομένα τριών διαδοχικών ετών (2013, 2014, 2015). Τα βασικά φαινολογικά στάδια που εξετάζονται είναι: α) το στάδιο 5 της BBCH κλίμακας: Εμφάνιση ταξιανθιών, β) το στάδιο 6 της BBCH κλίμακας: Ανθοφορίας γ) το στάδιο 7 της BBCH κλίμακας: Ανάπτυξη καρπού δ) το στάδιο 8 της BBCH κλίμακας: Ωρίμανση φρούτων και σπόρων.

Παρόμοια αποτελέσματα προκύπτουν και στην περίπτωση των αθροιστικών ημεροβαθμών, κατά την διάρκεια των φαινολογικών σταδίων όπως και στην περίπτωση της διάρκειας των φαινολογικών σταδίων σε ημέρες. Συγκεκριμένα για το στάδιο της εμφάνισης ταξιανθιών δεν φαίνεται να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς μεταξύ των τριών υπό εξέταση ποικιλιών κερασιάς ($p\text{-value}=0.071$). Για τα φαινολογικά στάδια της ανθοφορίας, ανάπτυξης καρπού, ανάπτυξης φρούτου και σπόρων υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών σε επίπεδο σημαντικότητας 5% (πίνακας 4.6.2).

Πίνακας 4.6.1: Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης για την διάρκεια σε ημέρες βασικών φαινολογικών σταδίων για τρεις ποικιλίες κερασιές για πειραματικά δεδομένα τριών διαδοχικών ετών (2013, 2014, 2015).

	Αιτία Διασποράς	Αθροίσματα Τετραγώνων	B.E.	Μέσα τετραφωνικά Λάθη	Τιμή-F	Σημαντ.
Εμφάνιση Ταξιανθιών σε ημέρες	Μεταξύ των επιδράσεων	86,704	2	43,352	1,231	,301
	Ανάμεσα στις επιδράσεις	1796,333	51	35,222		
	Σύνολο	1883,037	53			
Ανθοφορία σε ημέρες	Μεταξύ των επιδράσεων	62,284	2	31,142	4,194	,021
	Ανάμεσα στις επιδράσεις	348,996	47	7,425		
	Σύνολο	411,280	49			
Ανάπτυξη	Μεταξύ των	1814,037	2	907,019	57,911	,000

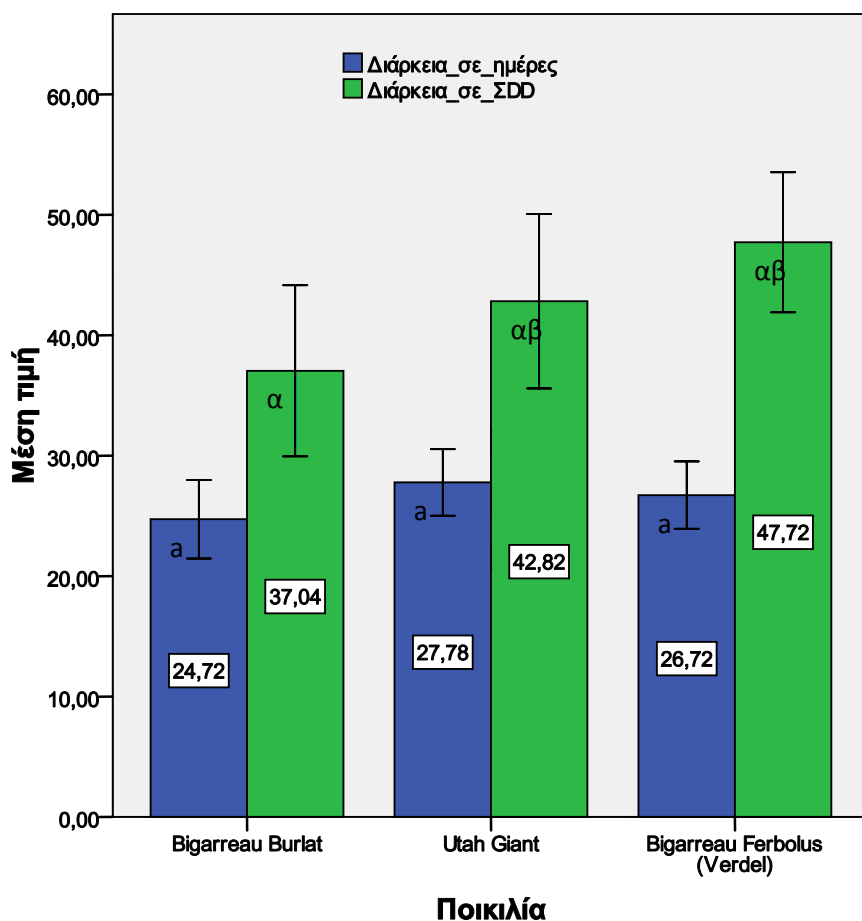
Καρπού σε ημέρες	επιδράσεων					
	Ανάμεσα στις επιδράσεις	798,778	51	15,662		
	Σύνολο	2612,815	53			
Ωρίμανση φρούτων και σπόρων σε ημέρες	Μεταξύ των επιδράσεων	201,621	2	100,811	7,335	,002
	Ανάμεσα στις επιδράσεις	687,209	50	13,744		
	Σύνολο	888,830	52			

Πίνακας 4.6.2: Πίνακας Ανάλυσης Διακύμανσης για την διάρκεια σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) φαινολογικών σταδίων για τρεις ποικιλίες κερασιές για πειραματικά δεδομένα τριών διαδοχικών ετών (2013, 2014, 2015).

	Αιτία Διασποράς	Αθροίσματα Τετραγώνων	B.E.	Μέσα τετραφωνικά Λάθη	Τιμή-F	Σημαντ.
ΣDD Εμφάνιση ταξιανθιών	Μεταξύ των επιδράσεων	1028,505	2	514,252	2,789	,071
	Ανάμεσα στις επιδράσεις	9402,357	51	184,360		
	Σύνολο	10430,862	53			
ΣDD Ανοθοφορία	Μεταξύ των επιδράσεων	658,140	2	329,070	3,368	,043
	Ανάμεσα στις επιδράσεις	4592,290	47	97,708		
	Σύνολο	5250,430	49			
ΣDD Ανάπτυξη Καρπών	Μεταξύ των επιδράσεων	65011,085	2	32505,543	57,570	,000
	Ανάμεσα στις επιδράσεις	28796,085	51	564,629		
	Σύνολο	93807,171	53			
ΣDD Ωρίμανση φρούτου και σπόρων	Μεταξύ των επιδράσεων	11476,425	2	5738,212	17,644	,000
	Ανάμεσα στις επιδράσεις	16260,819	50	325,216		
	Σύνολο	27737,244	52			

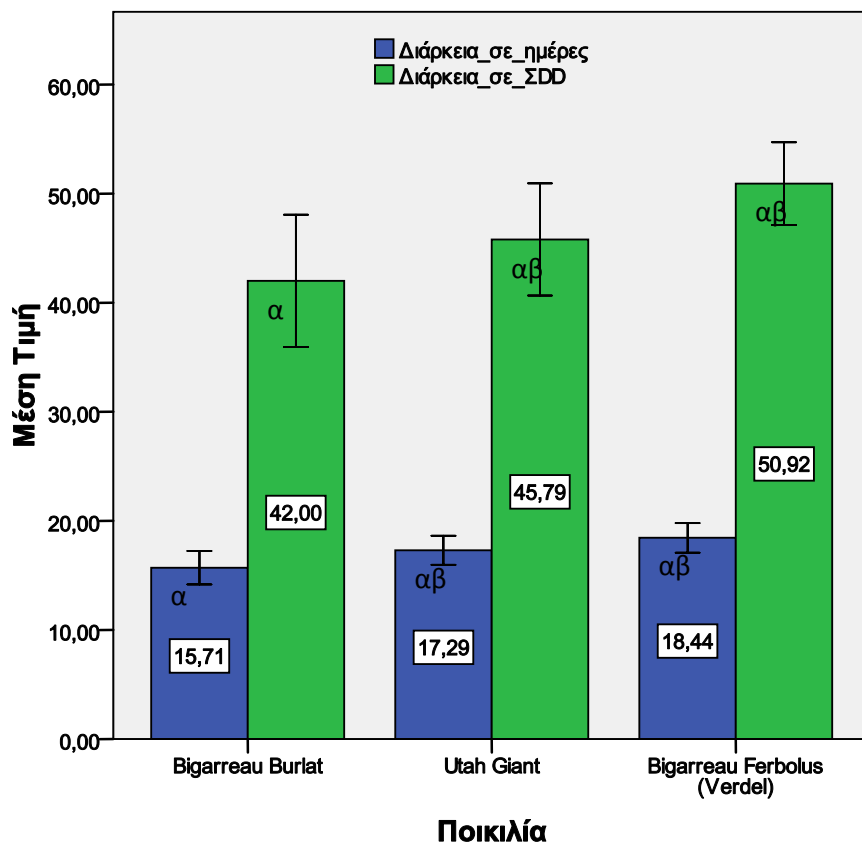
Στο γράφημα 4.6.1 φαίνεται η μέση διάρκεια σε ημέρες και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) του φαινολογικού σταδίου 5 (εμφάνιση Ταξιανθιών) για τις ποικιλίες κερασιές Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) για

τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015). Η διάρκεια σε ημέρες του φαινολογικού σταδίου της εμφάνισης ταξιανθιών (στάδιο 5-BBCH κλίμακα) για την ποικιλία κερασιάς Bigarreau Burlat ήταν κατά μέσο όρο για τα τρία έτη 25 ημέρες, αντίστοιχα για την ποικιλία Utah Giant ήταν 28 ημέρες και για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) ήταν 27 ημέρες. Οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με τον έλεγχο Duncan's σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Οι αθροιστικοί ημεροβαθμοί κατά την διάρκεια του φαινολογικού σταδίου της εμφάνισης ταξιανθιών ήταν για την ποικιλία Bigarreau Burlat, 37.04 και για τις ποικιλίες Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) 42.82 και 47.72 αντίστοιχα. Η ποικιλία Bigarreau Burlat παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά με τις ποικιλίες Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) σε επίπεδο σημαντικότητας 5% σύμφωνα με τον έλεγχο Duncan's, ενώ οι ποικιλίες Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) δεν είχαν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά (Duncan's Test, $\alpha \leq 5\%$) (γράφημα 4.6.1).



Γράφημα 4.6.1: Μέση διάρκεια σε ημέρες και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) του φαινολογικού σταδίου 5: Εμφάνιση Ταξιανθιών για τρεις ποικιλίες κερασιάς για τρία

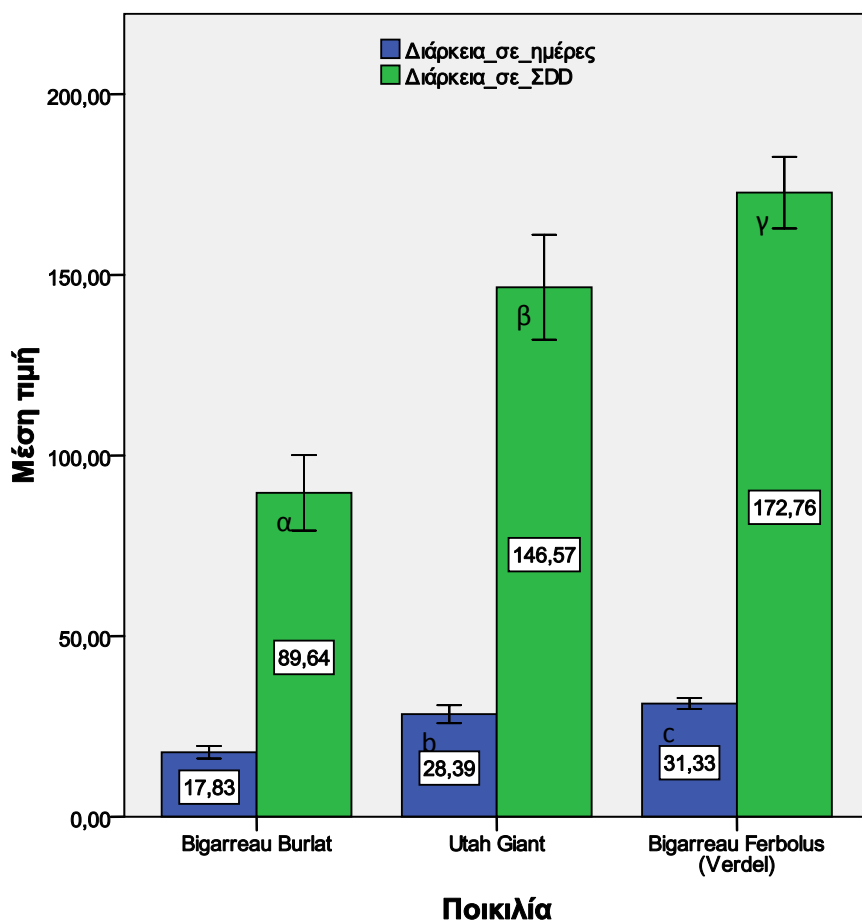
διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) με 5% διάστημα σφάλματος. Στήλες που ακολουθούνται με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας 5% (Duncans test).



Γράφημα 4.6.2 : Μέση διάρκεια σε ημέρες και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) του φαινολογικού σταδίου 6: Ανθοφορίας για τρεις ποικιλίες κερασιάς για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) με 5% διάστημα σφάλματος. Στήλες που ακολουθούνται με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας 5% (Duncans test).

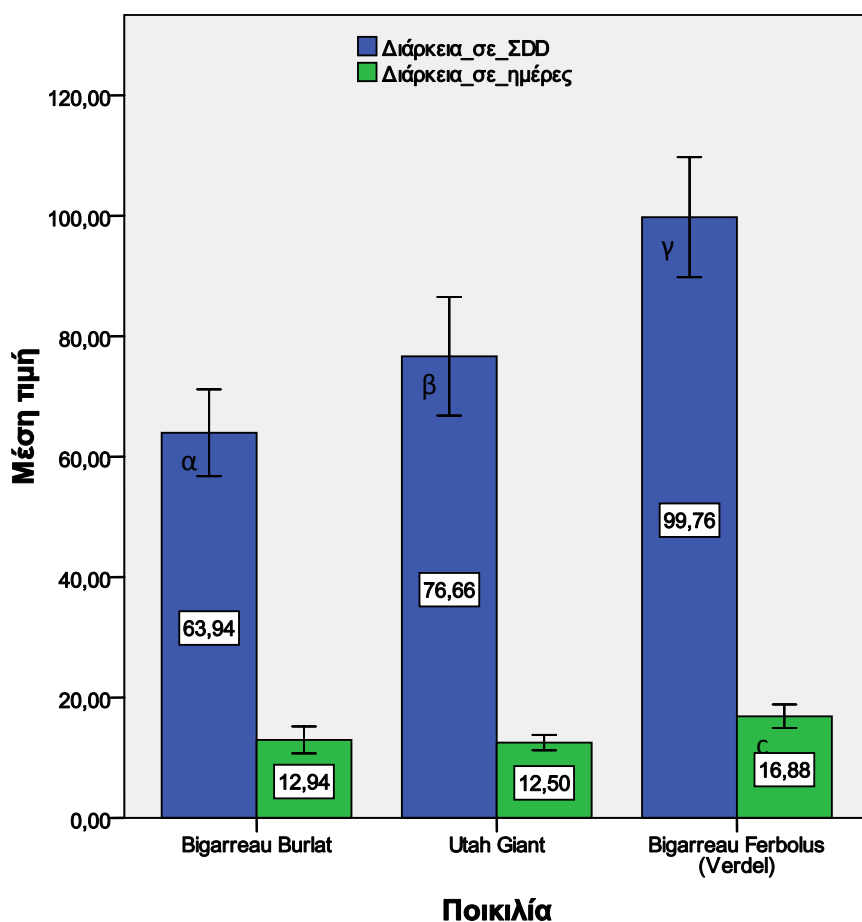
Στο γράφημα 4.6.2 φαίνεται η μέση διάρκεια σε ημέρες και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) του φαινολογικού σταδίου 6: Ανθοφορίας για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015). Η διάρκεια σε ημέρες του φαινολογικού σταδίου της ανθοφορίας (στάδιο 6-BBCH κλίμακα) για την ποικιλία κερασιάς Bigarreau Burlat ήταν κατά μέσο όρο για τα τρία έτη: 16 ημέρες για την ποικιλία Utah Giant 17 ημέρες και για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) 18 ημέρες. Οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) δεν ήταν στατιστικά σημαντικές μεταξύ

τους, αλλά η ποικιλία Bigarreau Burlat διέφερε στατιστικά σημαντικά (έλεγχος Duncan's σε επίπεδο σημαντικότητας 5%). Οι αθροιστικοί ημεροβαθμοί κατά την διάρκεια του φαινολογικού σταδίου της ανθοφορίας ήταν για την ποικιλία Bigarreau Burlat, 42 και για τις ποικιλίες Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) 45.79 και 50.92, αντίστοιχα. Η ποικιλία Bigarreau Burlat παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά με τις ποικιλίες Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) σε επίπεδο σημαντικότητας 5% σύμφωνα με τον έλεγχο Duncan's, ενώ οι ποικιλίες Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) δεν είχαν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά (Duncan's Test, $\alpha \leq 5\%$) (γράφημα 4.6.2.).



Γράφημα 4.6.3: Μέση διάρκεια σε ημέρες και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) του φαινολογικού σταδίου 7: Ανάπτυξης Καρπού για τρεις ποικιλίες κερασιάς για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) με 5% διάστημα σφάλματος. Στήλες που ακολουθούνται με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας 5% (Duncans test).

Στο γράφημα 4.6.3 φαίνεται η μέση διάρκεια σε ημέρες και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) του φαινολογικού σταδίου 7 (ανάπτυξη καρπού) για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015). Η διάρκεια σε ημέρες του φαινολογικού σταδίου της Ανάπτυξη καρπού (στάδιο 7-BBCH κλίμακα) για την ποικιλία κερασιάς Bigarreau Burlat ήταν κατά μέσο όρο για τα τρία έτη 18 ημέρες, αντίστοιχα για την ποικιλία Utah Giant ήταν 28 ημέρες και για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) ήταν 31 ημέρες. Οι διαφορές μεταξύ όλων των ποικιλιών κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές (έλεγχος Duncan's σε επίπεδο σημαντικότητας 5%). Οι αθροιστικοί ημεροβαθμοί κατά την διάρκεια του φαινολογικού σταδίου της ανάπτυξης καρπού ήταν για την ποικιλία Bigarreau Burlat, 89.64 και για τις ποικιλίες Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) 146.57 και 172.76 αντίστοιχα, ενώ οι διαφορές μεταξύ τους, κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές (έλεγχος Duncan's σε επίπεδο σημαντικότητας 5%) (γράφημα 4.6.3).



Γράφημα 4.6.4: Μέση διάρκεια σε ημέρες και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) του φαινολογικού σταδίου 8: Ανάπτυξη φρούτου και σπόρων για τρεις ποικιλίες κερασιάς για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015) με 5% διάστημα σφάλματος. Στήλες που ακολουθούνται με διαφορετικά γράμματα διαφέρουν σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας 5% (Duncans test).

Στο γράφημα 4.6.4 φαίνεται η μέση διάρκεια σε ημέρες και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς (ΣDD) του φαινολογικού σταδίου 8: Ανάπτυξη φρούτου και σπόρων για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τρία διαδοχικά έτη (2013, 2014, 2015). Η διάρκεια σε ημέρες του φαινολογικού σταδίου της ανάπτυξης φρούτου και σπόρων (στάδιο 8-BBCH κλίμακα) για την ποικιλία κερασιάς Bigarreau Burlat ήταν κατά μέσο όρο για τα τρία έτη 13 ημέρες, αντίστοιχα για την ποικιλία Utah Giant ήταν 13 ημέρες και για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) ήταν 17 ημέρες. Οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών Bigarreau Burlat και Utah Giant δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές αλλά η ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (έλεγχος Duncan's σε επίπεδο σημαντικότητας 5%). Οι αθροιστικοί ημεροβαθμοί κατά την διάρκεια του φαινολογικού σταδίου της ανάπτυξης φρούτου και σπόρων ήταν για την ποικιλία Bigarreau Burlat, 63.94 και για τις ποικιλίες Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) 76.66 και 99.76 αντίστοιχα. Οι διαφορές μεταξύ όλων των ποικιλιών κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές (έλεγχος Duncan's σε επίπεδο σημαντικότητας 5%) (γράφημα 4.6.4).

4.7 Έλεγχος διαφορών μεταξύ των ποικιλιών στην εμφάνιση του 50% της άνθισης

Στον πίνακα 4.7.1 παρουσιάζεται η ανάλυση διακύμανσης για την εξαρτημένη μεταβλητή, ημέρα του έτους όπου συμβαίνει η πλήρης ανθοφορία, ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές ποικιλία κερασιάς και έτος. Η ημέρα αυτή αντίστοιχη στην εμφάνιση του σταδίου 65 της κλίμακας BBCH. Ο παράγοντας ποικιλία κερασιάς αντιστοιχεί σε τρία επίπεδα τα οποία είναι οι ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel). Αντίστοιχα ο παράγοντας έτος αντιστοιχεί σε τρία επίπεδα, όπου είναι τα τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015.

Όπως προκύπτει από τα δεδομένα του πίνακα 4.7.1 είναι στατιστικά σημαντική η κύρια επίδραση της ποικιλία και του έτους ως προς την εξαρτημένη μεταβλητή ημέρα του έτους πλήρης άνθισης, αλλά δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της ποικιλίας και του έτους ($p\text{-value} \leq 0.792$).

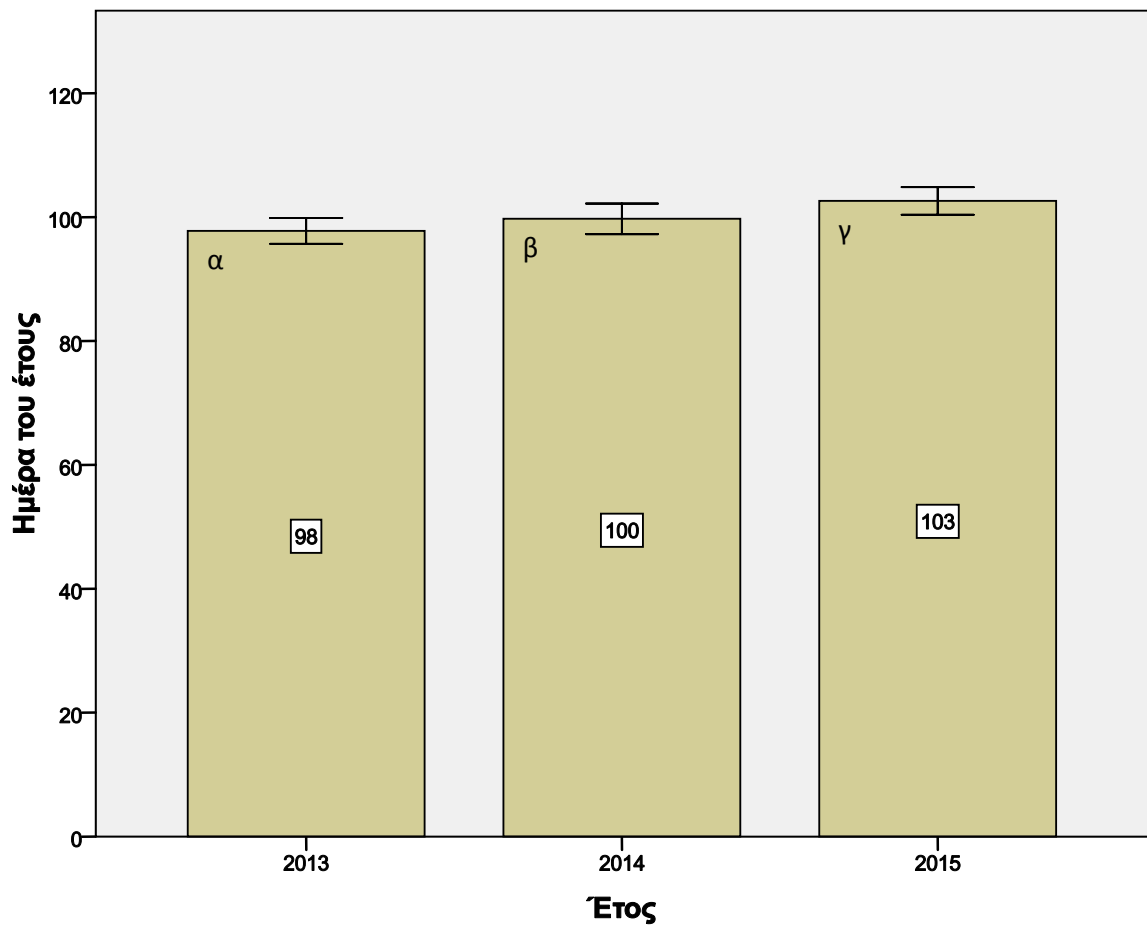
Για το 2013 η πλήρης άνθιση πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο την 98η ημέρα του έτους, για το 2014 πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο την 100^η ημέρα του έτους και για το 2015 στην 103^η ημέρα του έτους και οι διαφορές μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ήταν στατιστικά σημαντικές (γράφημα 4.7.1).

Για την ποικιλία Bigarreau Buralt η πλήρης άνθιση πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο στα τρία διαδοχικά έτη την 95^η ημέρα του έτους, για την ποικιλία Utah Giant πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο την 100^η ημέρα του έτους και για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) πραγματοποιήθηκε 105^η ημέρα του έτους για τα δεδομένα των τριών διαδοχικών ετών. Οι διαφορές μεταξύ τους, κρίθηκαν σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% (γράφημα 4.7.2).

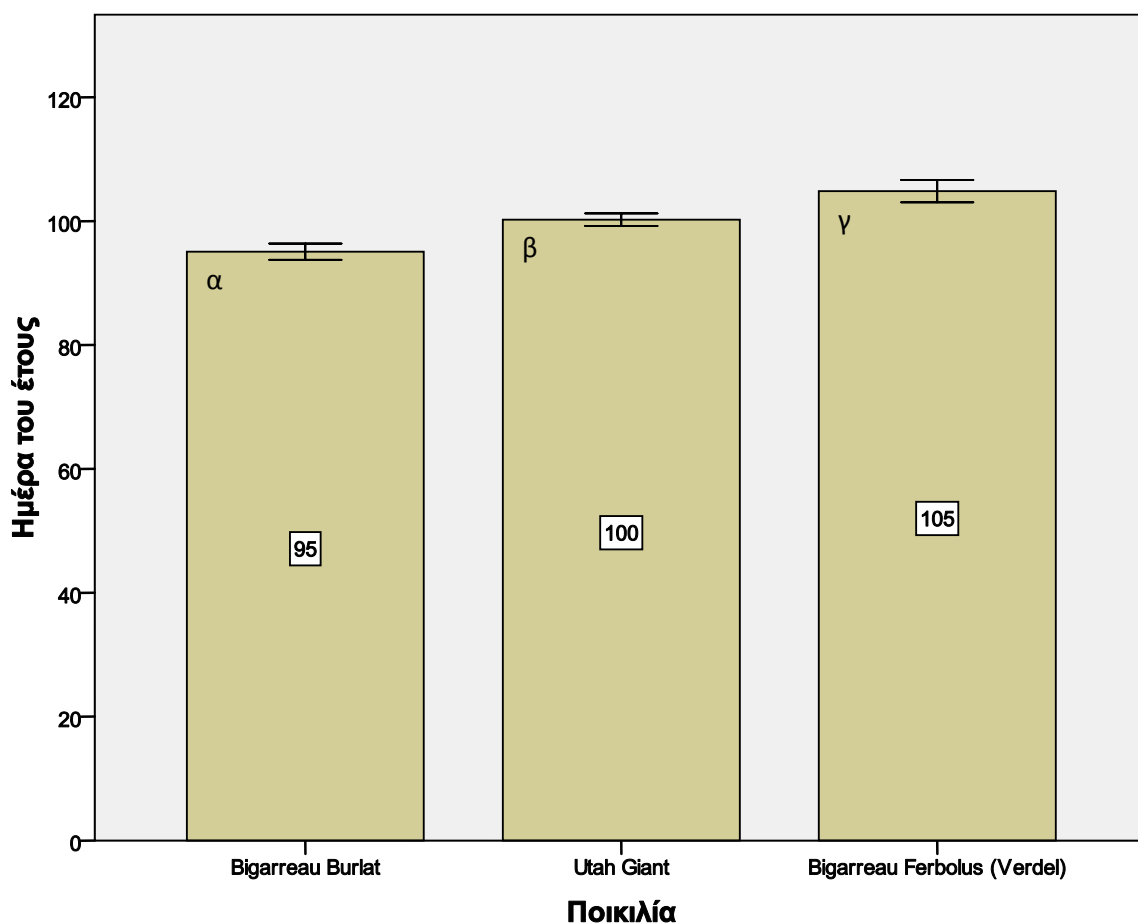
Πίνακας 4.7.1: Ανάλυση διακύμανσης για την ημέρα του έτους εμφάνισης του σταδίου 65 της κλίμακας BBCH : Πλήρης ανθοφορία, τουλάχιστον 50% των ανθέων έχουν ανοίξει ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές έτος και ποικιλία κερασιάς.

Εξαρτημένη Μεταβλητή: Ημέρα του έτους					
Πηγή	Άθροισα τετραγώνων (τύπου III)	B.E.	Μέσο Τετραγωνικό Λάθος	Τιμή-F	Σημαντ.
Διορθωμένο μοντέλο	1081,593 ^a	8	135,199	31,307	,000
Σταθερά	540400,074	1	540400,074	125135,523	,000
Ποικιλία	861,370	2	430,685	99,730	,000
Έτος	212,926	2	106,463	24,653	,000
ποικιλία * έτος	7,296	4	1,824	,422	,792
Σφάλμα	194,333	45	4,319		
Σύνολο	541676,000	54			
Σύνολο (διορθωμένο)	1275,926	53			

a. R Squared = ,848 (Adjusted R Squared = ,821)



Γράφημα 4.7.1: Ημέρα του έτους όπου συμβαίνει τουλάχιστο 50% ανθοφορία (στάδιο 65-κλίμακας BBCH) για τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015 για τρεις ποικιλίες κερασιάς. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα και με διαφορετικό γράμμα σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Γράφημα 4.7.2: Ημέρα του έτους όπου συμβαίνει τουλάχιστο 50% ανθοφορία (στάδιο 65-κλίμακας BBCH) για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) σε τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα και με διαφορετικό γράμμα σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

4.8 Αθροιστικοί ημεροβαθμοί στην πλήρη άνθηση

Στον πίνακα 4.8.1 παρουσιάζεται η ανάλυση διακύμανσης για την εξαρτημένη μεταβλητή, αθροιστικοί ημεροβαθμοί στην πλήρης ανθοφορία, ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές ποικιλία κερασιάς και έτος. Ο παράγοντας ποικιλία κερασιάς αντιστοιχεί σε τρία επίπεδα τα οποία είναι οι ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel). Αντίστοιχα ο παράγοντας έτος αντιστοιχεί σε τρία επίπεδα, όπου είναι τα τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015.

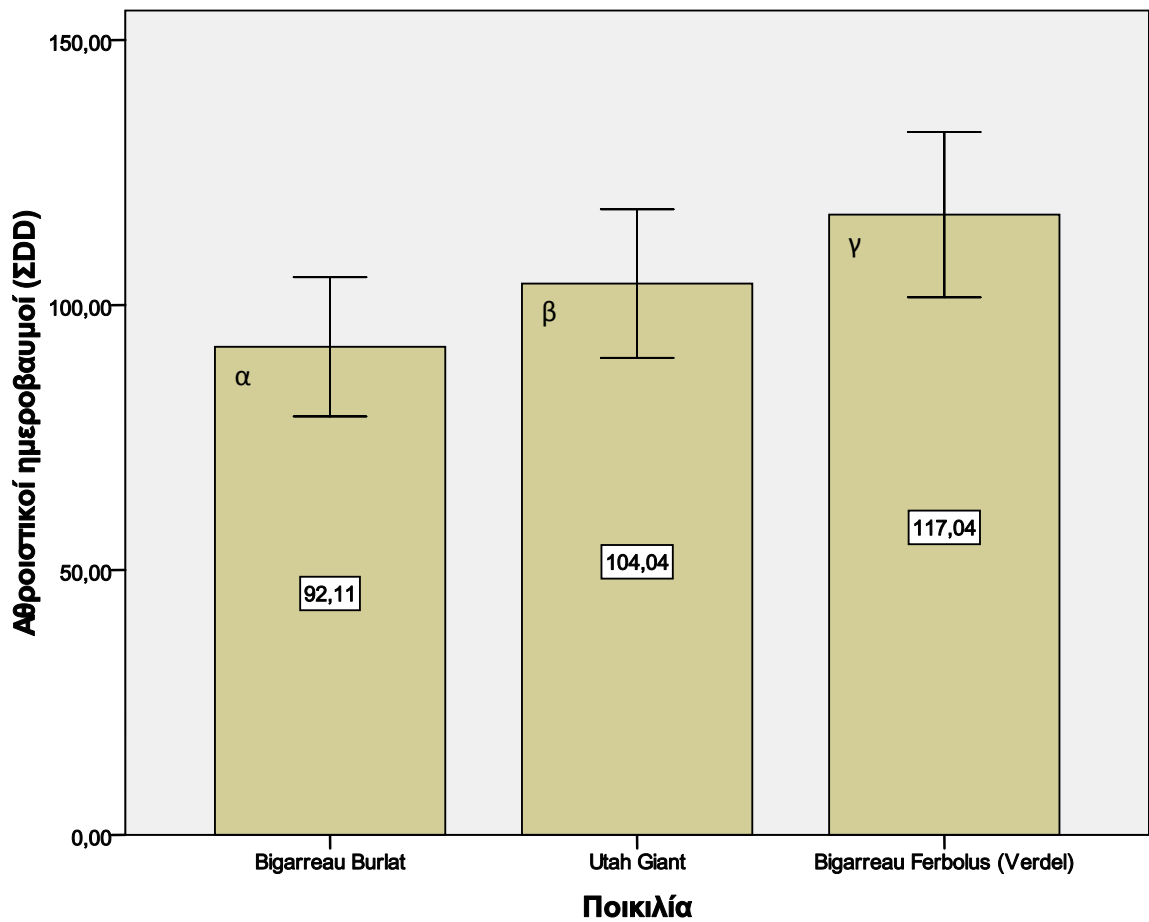
Όπως προκύπτει από τα δεδομένα του πίνακα 4.8.1 είναι στατιστικά σημαντική η κύρια επίδραση της ποικιλία και του έτους ως προς την εξαρτημένη μεταβλητή ημέρα του έτους πλήρης άνθισης, και υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της ποικιλίας και του έτους ($p\text{-value}\leq 0.006$).

Για την ποικιλία Bigarreau Buralt η πλήρης άνθιση πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο στα τρία διαδοχικά έτη στους 92.11 αθροιστικούς ημεροβαθμούς, για την ποικιλία Utah Giant πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο στους 104.04 αθροιστικούς ημεροβαθμούς και για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) πραγματοποιήθηκε στους 117.04 αθροιστικούς ημεροβαθμούς, για τα δεδομένα των τριών διαδοχικών ετών. Οι διαφορές μεταξύ τους, κρίθηκαν σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% (γράφημα 4.8.1).

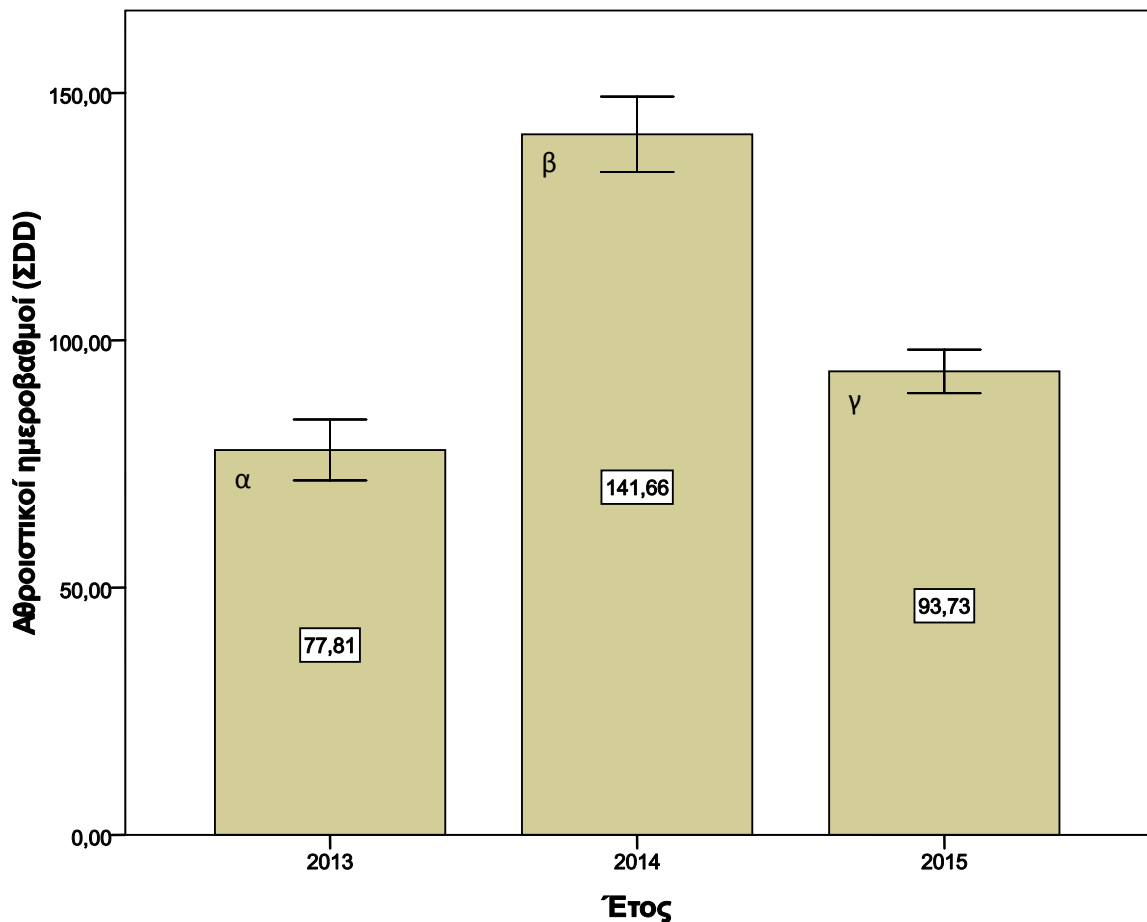
Για το 2013 η πλήρης άνθιση πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο στους 77.81 ημεροβαθμούς, για το 2014 πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο στους 93.73 αθροιστικούς ημεροβαθμούς και για το 2015 στους 141.66 αθροιστικούς ημεροβαθμούς. Οι διαφορές μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5% κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές (γράφημα 4.8.2).

Πίνακας 4.8.1: Ανάλυση διακύμανσης για τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς κατά το στάδιο 65 της κλίμακας BBCH: Πλήρης ανθοφορία, τουλάχιστον 50% των ανθέων έχουν ανοίξει ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές έτος και ποικιλία κερασιάς.

Εξαρτημένη Μεταβλητή: ΣDD στην εμφάνιση του 50% την άνθισης					
Πηγή	Άθροισα τετραγώνων (τύπου III)	B.E.	Μέσο Τετραγωνικό Λάθος	Τιμή-F	Σημαντ.
Πηγή	45988,391 ^a	8	5748,549	151,395	,000
Διορθωμένο μοντέλο	588544,560	1	588544,560	15500,044	,000
Σταθερά	5599,718	2	2799,859	73,738	,000
Ποικιλία	39757,560	2	19878,780	523,532	,000
Έτος	631,113	4	157,778	4,155	,006
ποικιλία * έτος	1708,673	45	37,971		
Σφάλμα	636241,624	54			
Σύνολο (διορθωμένο)	47697,064	53			
a. R Squared = ,964 (Adjusted R Squared = ,958)					



Γράφημα 4.8.1: Αθροιστικοί ημεροβαθμοί όπου συμβαίνει τουλάχιστο 50% ανθοφορία (στάδιο 65- κλίμακας BBCH) για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel) σε τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα και με διαφορετικό γράμμα σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Γράφημα 4.8.2: Αθροιστικοί ημεροβαθμοί όπου συμβαίνει τουλάχιστο 50% ανθοφορία (στάδιο 65- κλίμακας BBCH) για τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015 για τρεις ποικιλίες κερασιάς. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα και με διαφορετικό γράμμα σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

4.9 Έλεγχος ύπαρξης διαφορών σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς για την έναρξη της άνθισης μεταξύ ποικιλιών

Ο πίνακας 4.9.1 παρουσιάζει την ανάλυση διακύμανσης για τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς κατά την έναρξη της άνθισης (τουλάχιστον 10% των ανθέων έχουν ανοίξει) ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές έτος και ποικιλία κερασιάς. Αντίστοιχα στον πίνακα 4.9.2 παρουσιάζεται η ανάλυση διακύμανσης για την ημέρα του έτους κατά την έναρξη της άνθισης ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές έτος και ποικιλία κερασιάς. Όπως προκύπτει οι κύριες επιδράσεις των παραγόντων έτος και ποικιλία είναι στατιστικά σημαντικές και στις δύο περιπτώσεις, ενώ όσον αφορά την

αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων κρίνεται μη στατιστικά σημαντικά τόσο ως προς τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς κατά την έναρξη της άνθισης ($p\text{-value}\leq 0.428$), όσο και στην περίπτωση της ημέρα τους έτους ($p\text{-value}\leq 0.690$).

Για το 2013 η έναρξη της άνθισης πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο στους 44.36 ημεροβαθμούς, για το 2014 πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο στους 77.44 αθροιστικούς ημεροβαθμούς και για το 2015 στους 105.19 αθροιστικούς ημεροβαθμούς. Οι διαφορές μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5% κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές (γράφημα 4.9.1). Αντίστοιχη εικόνα εμφανίζεται και στην περίπτωση όπου εξαρτημένη μεταβλητή είναι η ημέρα του έτους κατά την έναρξη της άνθισης. Συγκεκριμένα για το 2013 η έναρξη της άνθισης πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο την 85^η ημέρα του έτους, για το 2014 πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο την 88^η ημέρα του έτους και για το 2015 την 93^η ημέρα του έτους. Οι διαφορές μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5% κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές (γράφημα 4.9.4).

Για την ποικιλία Bigarreau Buralt η έναρξη της άνθισης πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο στα τρία διαδοχικά έτη στους 65.16 αθροιστικούς ημεροβαθμούς, για την ποικιλία Utah Giant πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο στους 74.14 αθροιστικούς ημεροβαθμούς και για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) πραγματοποιήθηκε στους 86.29 αθροιστικούς ημεροβαθμούς, για τα δεδομένα των τριών διαδοχικών ετών. Οι διαφορές μεταξύ τους, κρίθηκαν σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 5% (γράφημα 4.9.2).

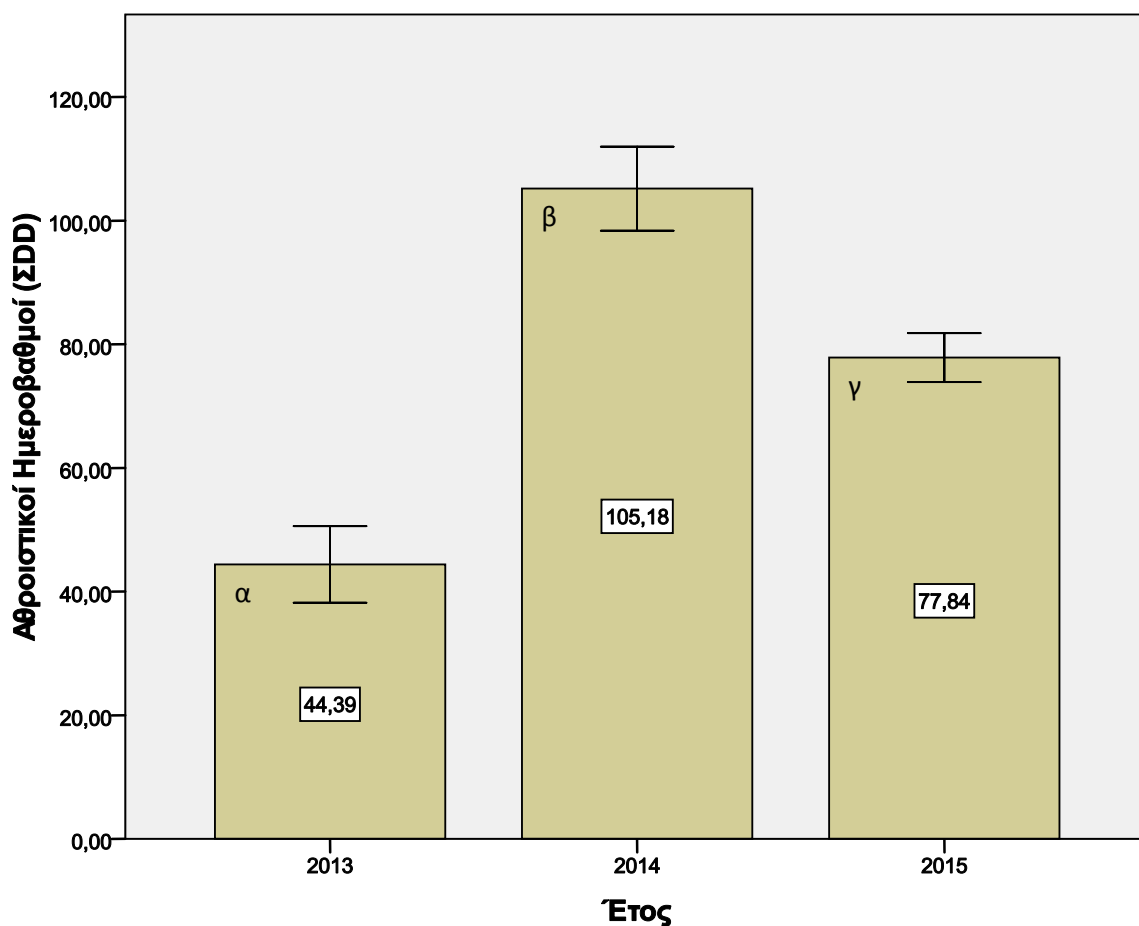
Ανάλογα και στην περίπτωση όπου εξαρτημένη μεταβλητή ήταν η ημέρα του έτους η έναρξη της άνθισης για την ποικιλία Bigarreau Buralt πραγματοποιήθηκε την 84^η ημέρα του έτους, για την ποικιλία Utah Giant πραγματοποιήθηκε κατά μέσο όρο την 88^η ημέρα του έτους και για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) πραγματοποιήθηκε την 94^η ημέρα του έτους. Οι διαφορές μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5% κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές (γράφημα 4.10.3).

Πίνακας 4.9.1.: Ανάλυση διακύμανσης για τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς κατά την έναρξη της άνθισης (στάδιο 61 της κλίμακας BBCH: τουλάχιστον 10% των ανθέων έχουν ανοίξει) ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές έτος και ποικιλία κερασιάς.

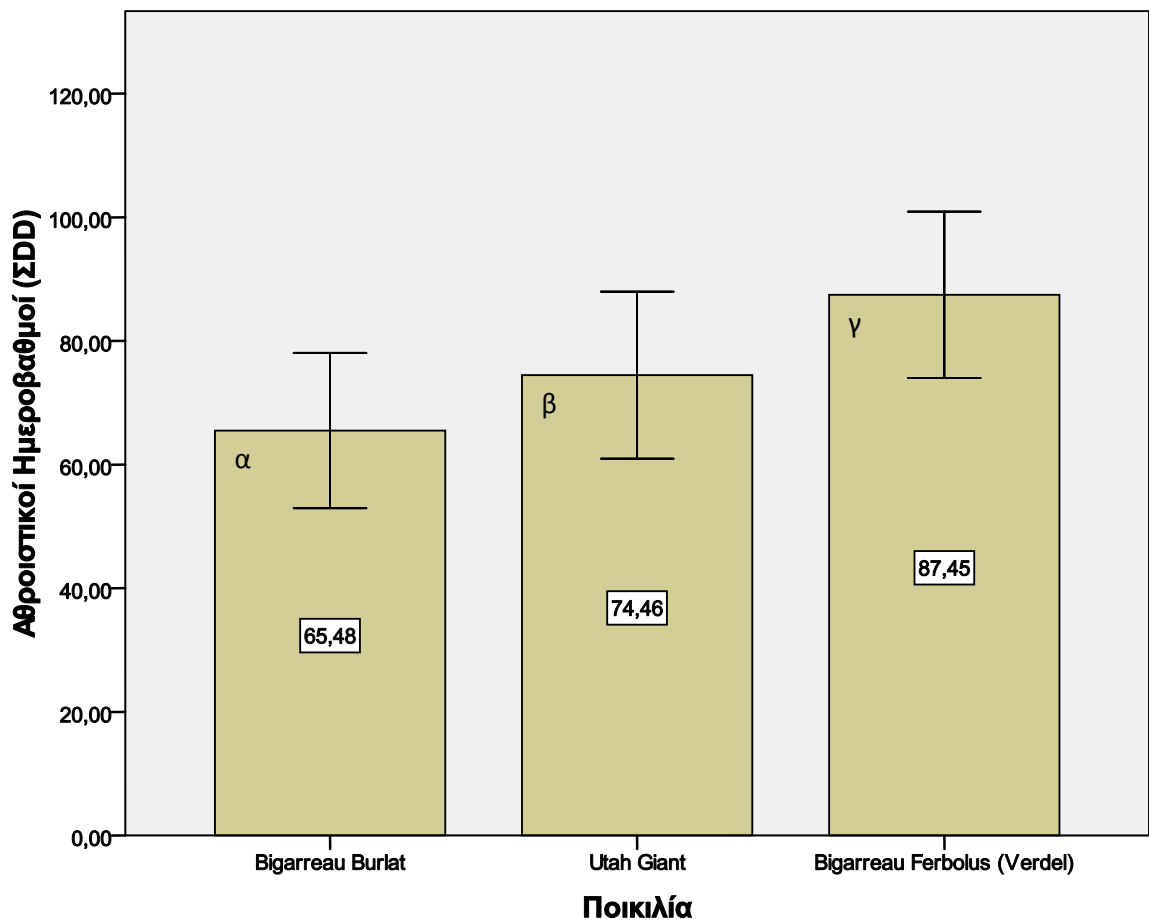
Εξαρτημένη Μεταβλητή: ΣDD κατά την έναρξη της άνθισης

Πηγή	Άθροισα τετραγώνων (τύπου III)	B.E.	Μέσο Τετραγωνικό Λάθος	Τιμή-F	Σημαντ.
Διορθωμένο Μοντέλο	37061,843 ^a	8	4632,730	90,393	,000
Σταθερά	286092,181	1	286092,181	5582,188	,000
Έτος	33215,937	2	16607,968	324,052	,000
Ποικιλία	4299,429	2	2149,715	41,945	,000
Έτος * ποικιλία	201,180	4	50,295	,981	,428
Σφάλμα	2101,287	41	51,251		
Σύνολο	320207,668	50			
Σύνολο (διορθωμένο)	39163,130	49			

a. R Squared = ,946 (Adjusted R Squared = ,936)



Γράφημα 4.9.1 Αθροιστικοί ημεροβαθμοί κατά την έναρξη της άνθισης (στάδιο 61- κλίμακας BBCH) για τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015 για τρεις ποικιλίες κερασιάς. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα και με διαφορετικό γράμμα σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

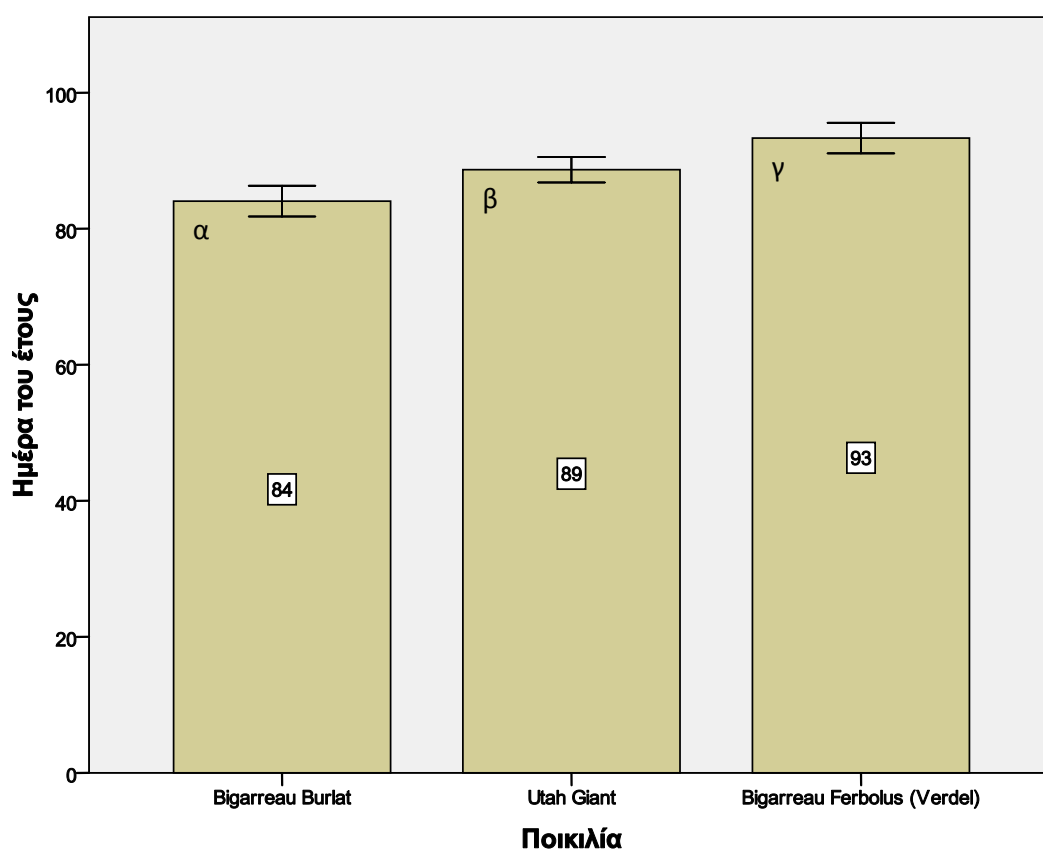


Γράφημα 4.9.2: Αθροιστικοί ημεροβαθμοί κατά την έναρξη της άνθισης (στάδιο 61- κλίμακας BBCH) για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant, Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα και με διαφορετικό γράμμα σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

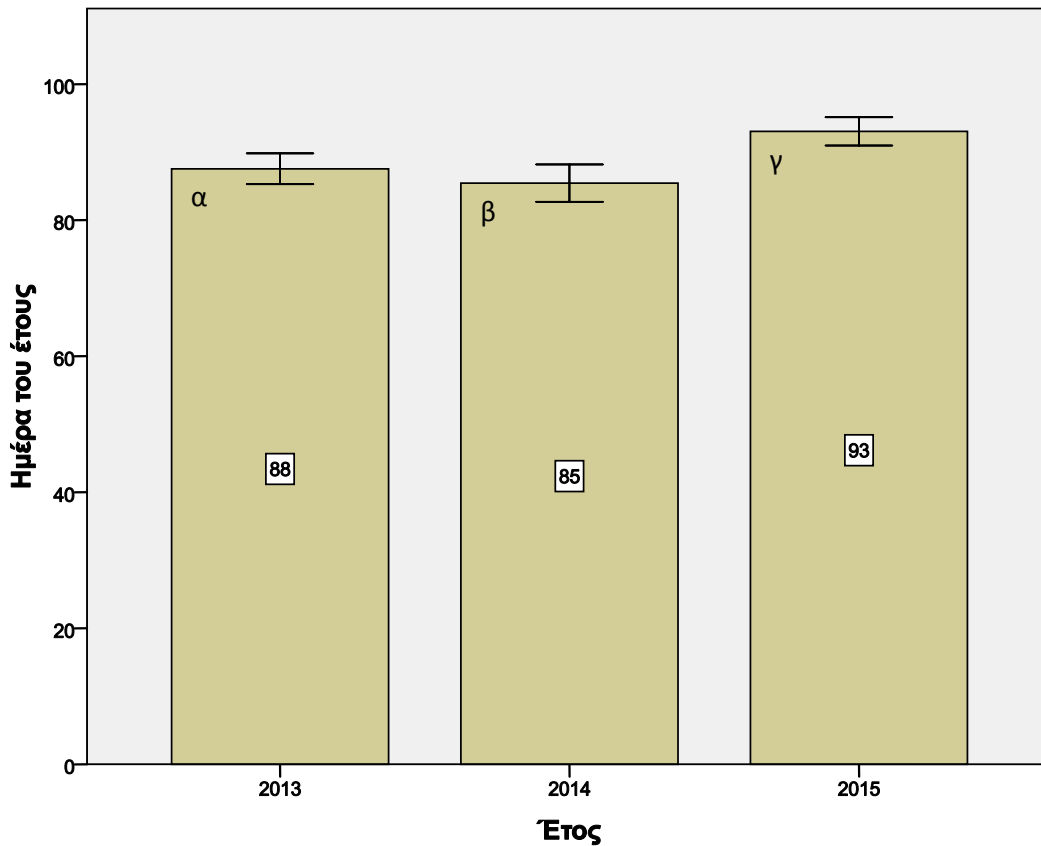
Πίνακας 4.9.2: Ανάλυση διακύμανσης για την ημέρα του έτους κατά την έναρξη της άνθισης (στάδιο 61 της κλίμακας BBCH: τουλάχιστον 10% των ανθέων έχουν ανοίξει) ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές έτος και ποικιλία κερασιάς.

Εξαρτημένη μεταβλητή: Ημέρα του έτους κατά την έναρξη της άνθισης					
Πηγή	Άθροισμα τετραγώνων (τύπου III)	Β.Ε.	Μέσο Τετραγωνικό Λάθος	Τιμή-F	Σημαντ.
Διορθωμένο Μοντέλο	1239,820 ^a	8	154,978	18,771	,000
Σταθερά	390629,503	1	390629,503	47314,061	,000
Έτος	421,827	2	210,913	25,546	,000

Ποικιλία	763,033	2	381,517	46,210	,000
Έτος * ποικιλία	18,650	4	4,662	,565	,690
Σφάλμα	338,500	41	8,256		
Σύνολο	392660,000	50			
Σύνολο (Διορθωμένο)	1578,320	49			
a. R Squared = ,786 (Adjusted R Squared = ,744)					



Γράφημα 4.9.3: Ημέρα του έτους κατά την έναρξη της άνθισης (στάδιο 61- κλίμακας BBCH) για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant, Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα και με διαφορετικό γράμμα σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Γράφημα 4.9.4: Ημέρα του έτους κατά την έναρξη της άνθισης (στάδιο 61- κλίμακας BBCH) για τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015 για τρεις ποικιλίες κερασιάς. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα και με διαφορετικό γράμμα σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

4.10 Έλεγχος ύπαρξης διαφορών μεταξύ ποικιλιών στο μέσο βάρος καρπού

Στον πίνακα 4.10.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης για την εξαρτημένη μεταβλητή μέσο βάρος καρπού ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές ποικιλία και έτος. Οι ανεξάρτητη μεταβλητή ποικιλία έχει τρία επίπεδα (Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel)). Αντίστοιχα ο παράγοντας έτος έχει τρία επίπεδα τα διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015.

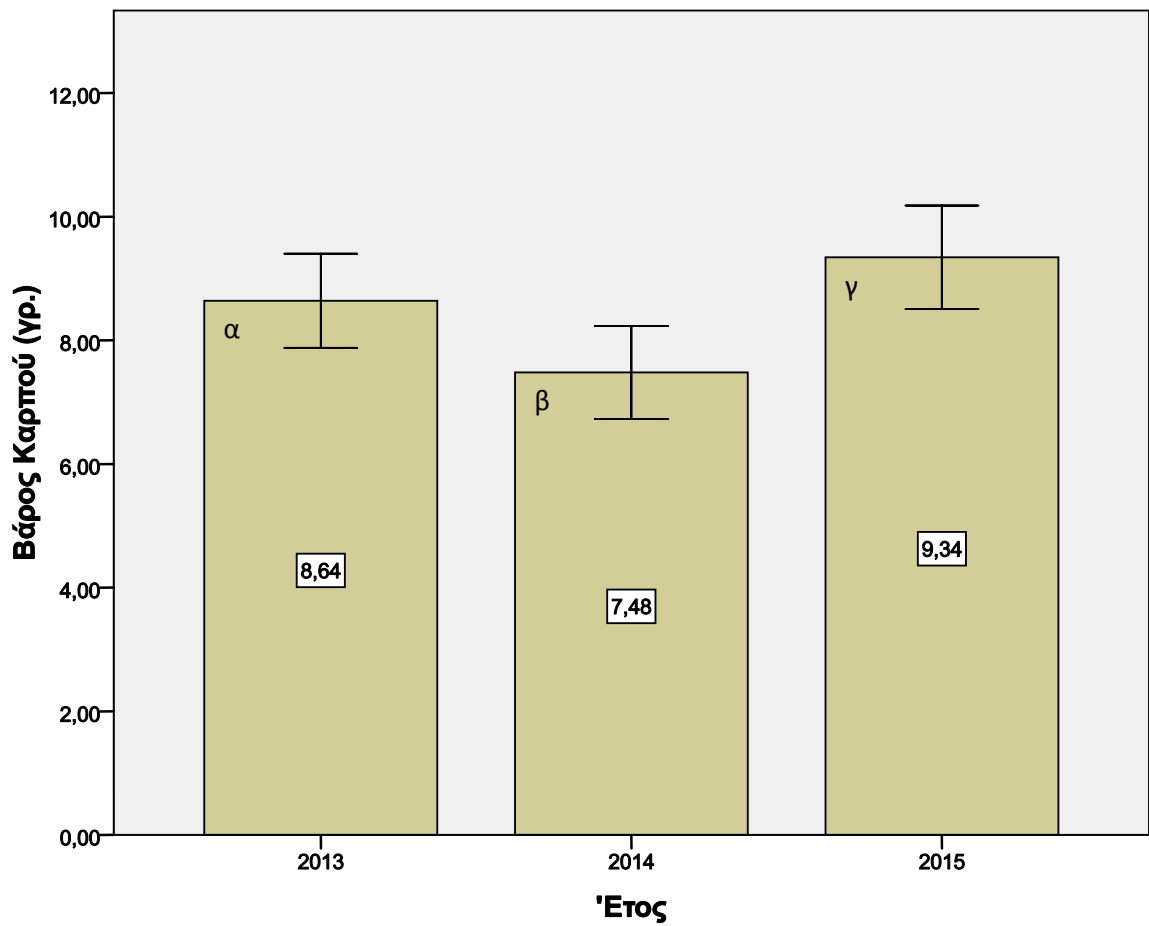
Όπως προκύπτει από τον πίνακα 4.10.1 οι κύριες επιδράσεις του παράγοντα ποικιλία και έτος είναι εξίσου σημαντικές ($p\text{-value} \leq 0$). Η αλληλεπίδραση των παραγόντων έτος

και ποικιλία ως προς το μέσο βάρος καρπού κρίνεται στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητα 5%, αλλά αν είμαστε πιο αυστηροί σε επίπεδο σημαντικότητας 1% δεν φαίνεται να είναι στατιστικά σημαντική.

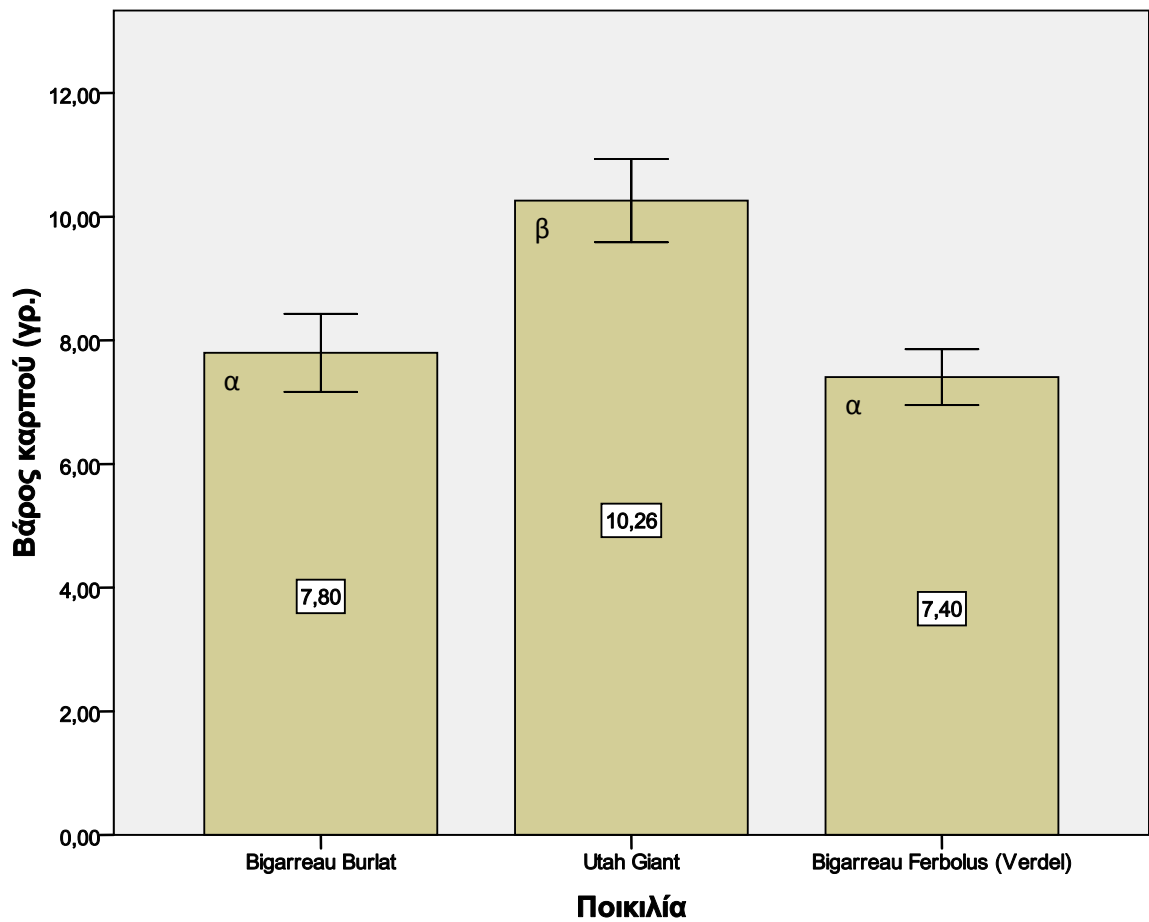
Το γράφημα 4.10.2 παρουσιάζεται το μέσο βάρος καρπού κερασιάς για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant, Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τα τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015. Το μέσο βάρος καρπού για την ποικιλία Bigarreau Burlat ήταν 7.8 (γρ.), για την ποικιλία Utah Giant ήταν 10.28 (γρ.) και για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) ήταν 7.4 (γρ.). Σε επίπεδο σημαντικότητα 5% η ποικιλία Utah Giant είχε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς το μέσο βάρος καρπού μεταξύ των δύο άλλων ποικιλιών.

Πίνακας 4.10.1: Ανάλυση διακύμανσης για το μέσο βάρος καρπού μεταξύ ποικιλιών κερασιάς ως προς το έτος και την ποικιλία

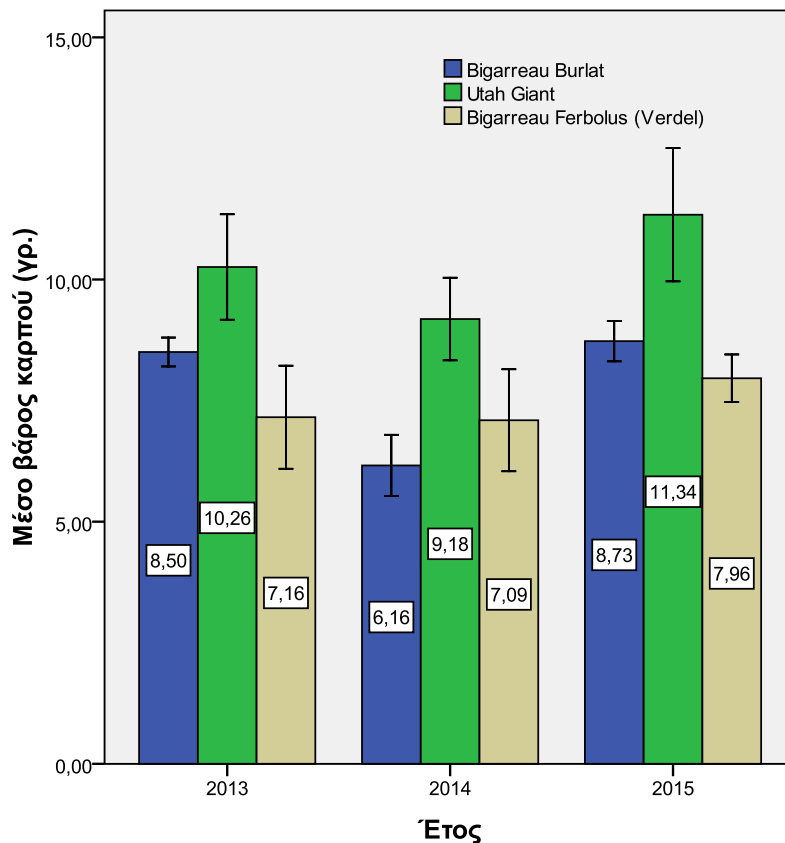
Εξαρτημένη Μεταβλητή: Βάρος Καρπού					
Πηγή	Άθροισα τετραγώνων (τύπου III)	B.E.	Μέσο Τετραγωνικό Λάθος	Τιμή-F	Σημαντ.
Διορθωμένο Μοντέλο	127,234 ^a	8	15,904	22,677	,000
Σταθερά	3889,656	1	3889,656	5546,048	,000
Έτος	31,843	2	15,921	22,701	,000
Ποικιλία	86,267	2	43,134	61,502	,000
Έτος * ποικιλία	9,124	4	2,281	3,252	,020
Σφάλμα	31,560	45	,701		
Σύνολο	4048,449	54			
Σύνολο (Διορθωμένο)	158,794	53			
a. R Squared = ,801 (Adjusted R Squared = ,766)					



Γράφημα 4.10.1: Μέσο βάρος καρπού κερασιάς για τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015 για τρεις ποικιλίες κερασιάς. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα και με διαφορετικό γράμμα σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Γράφημα 4.10.2: Μέσο βάρος καρπού κερασιάς για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant, Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα και με διαφορετικό γράμμα σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Γράφημα 4.10.3: Μέσο βάρος καρπού κερασιάς για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant, Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τα έτη 2013, 2014, 2015. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα.

Στο γράφημα 4.10.3 παρουσιάζεται το μέσο βάρος καρπού (γρ.) ανά έτος για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant, Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τα έτη 2013, 2014, 2015. Διαπιστώνεται ότι υπάρχει μεγάλη διακύμανση από έτος σε έτος στις ίδιες ποικιλίες ως αποτέλεσμα της στατιστικά σημαντικής αλληλεπίδρασης του έτους και της ποικιλία ως προς την εξαρτημένη μεταβλητή μέσο βάρος καρπού.

4.11 Έλεγχος ύπαρξης διαφορών μεταξύ ποικιλιών στην μέση παραγωγή ανά δέντρο

Στον πίνακα 4.11.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης για την εξαρτημένη μεταβλητή παραγωγή ανά δέντρο ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές ποικιλία και έτος. Οι ανεξάρτητη μεταβλητή ποικιλία έχει τρία επίπεδα (Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus (Verdel)). Αντίστοιχα ο παράγοντας έτος έχει τρία επίπεδα τα διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015.

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 4.11.1 η κύρια επίδραση του παράγοντα έτος παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική ($p\text{-value}\leq 0$). Από την άλλη η κύρια επίδραση του παράγοντα ποικιλία δεν κρίνεται σημαντική ως προς την εξαρτημένη μεταβλητή παραγωγική ανά δέντρο ($p\text{-value}\leq 0.353$). Η αλληλεπίδραση των παραγόντων έτος και ποικιλία ως προς την παραγωγή ανά δέντρο κρίνεται στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p\text{-value}\leq 0$).

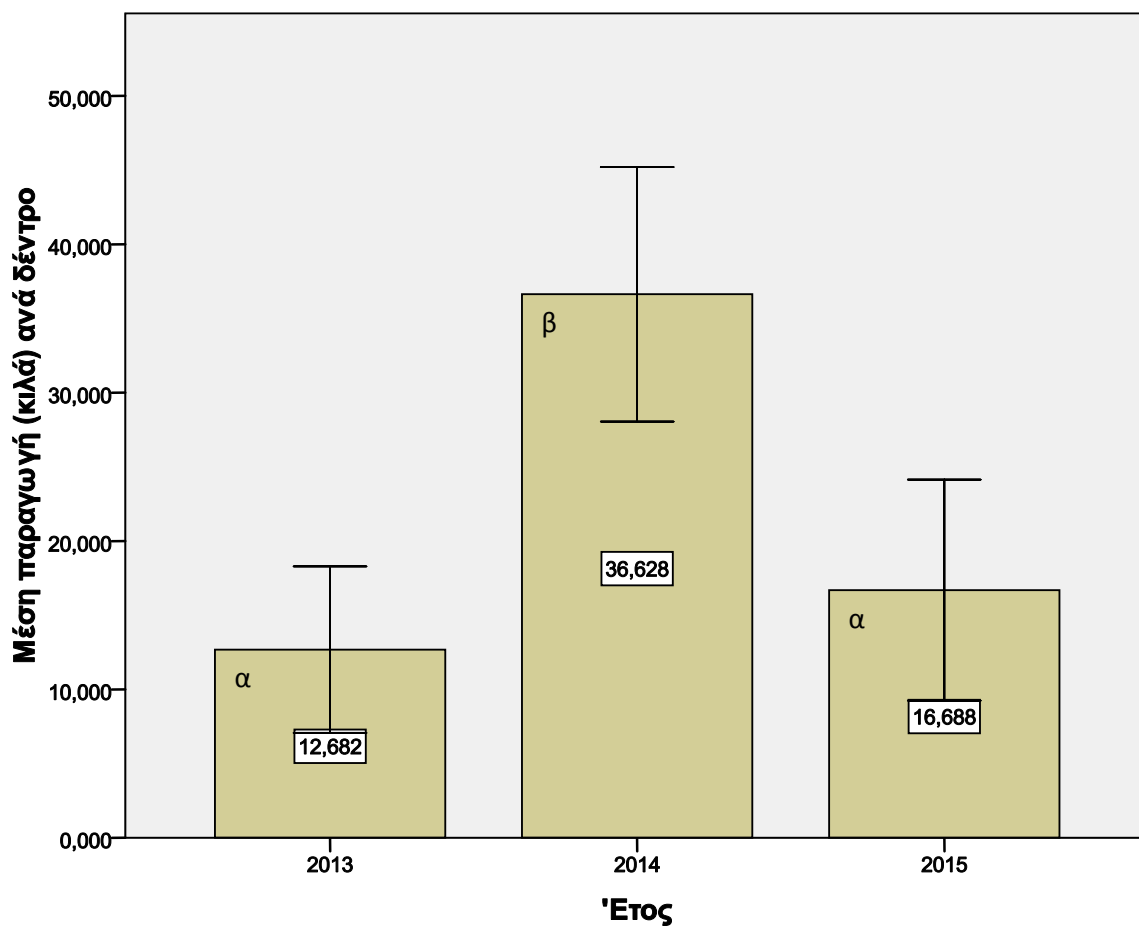
Το γράφημα 4.11.1 παρουσιάζεται η μέση παραγωγή ανά δέντρο κερασιάς για τα τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015. Η μέση παραγωγή ανά δέντρο για το 2013 ήταν 12.682 κιλά, για το 2014 ήταν 36.628 κιλά και για το 2015 ήταν 16.688 κιλά. Η μέση παραγωγή ανά δέντρο για το 2014 διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των άλλων δυο ετών 2013 και 2015, ενώ μεταξύ των ετών 2013 και 2015 δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στην μέση παραγωγή ανά δέντρο.

Η μέση παραγωγή ανά δέντρο για τις τρεις ποικιλίες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Η μέση παραγωγή ανά δέντρο για την ποικιλία Bigarreau Burlat, για τα έτη 2013, 2014, 2015 ήταν 22.504 κιλά, αντίστοιχα για την ποικιλία κερασιάς Utah Giant ήταν 20,932 κιλά και για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) ήταν 24.069 κιλά (γράφημα 4.11.2).

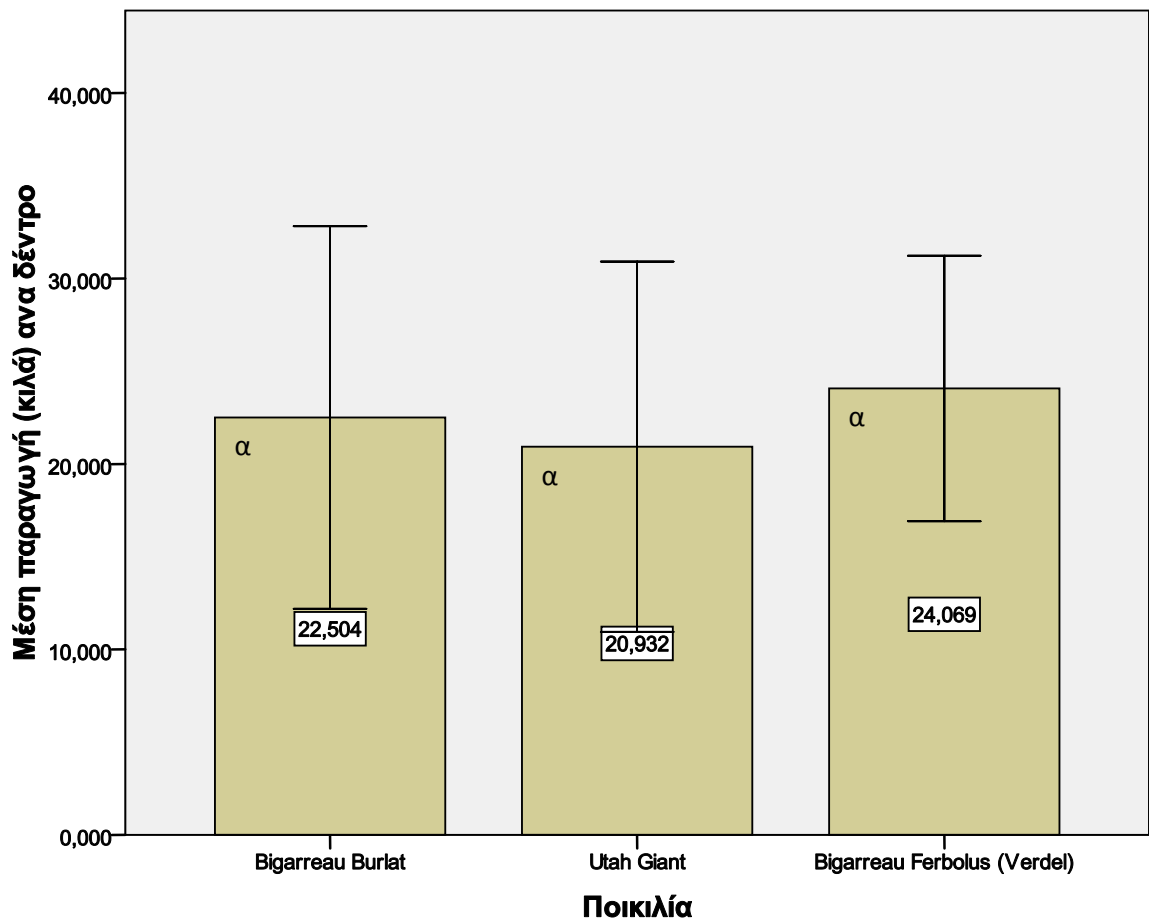
Πίνακας 4.11.1.: Ανάλυση διακύμανσης για το μέσο βάρος καρπού μεταξύ ποικιλιών κερασιάς ως προς το έτος και την ποικιλία.

Εξαρτημένη Μεταβλητή: Παραγωγή					
Πηγή	Άθροισμα τετραγώνων (τύπου III)	B.E.	Μέσο Τετραγωνικό Λάθος	Τιμή-F	Σημαντ.
Διορθωμένο Μοντέλο	10617,352 ^a	8	1327,169	15,912	,000
Σταθερά	19970,251	1	19970,251	239,431	,000
Έτος	5645,573	2	2822,786	33,843	,000
Ποικιλία	178,645	2	89,322	1,071	,353
Έτος * ποικιλία	5486,518	4	1371,630	16,445	,000
Σφάλμα	3169,473	38	83,407		
Πηγή	37302,528	47			
Διορθωμένο Μοντέλο	13786,826	46			

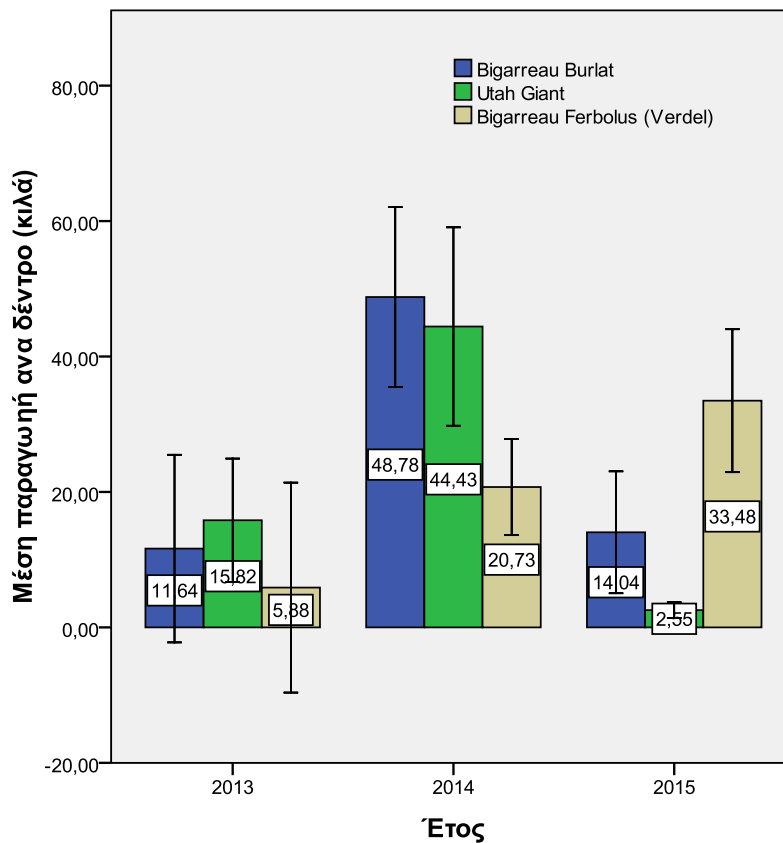
a. R Squared = ,770 (Adjusted R Squared = ,722)



Γράφημα 4.11.1: Μέση παραγωγή σε κιλά ανά δέντρο για τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015 για τρεις ποικιλίες κερασιάς. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα και με διαφορετικό γράμμα σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Γράφημα 4.11.2: Μέση παραγωγή (κιλά) ανά δέντρο για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant, Bigarreau Ferbolus (Verdel) στα τρία διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα και με διαφορετικό γράμμα σημειώνονται οι τιμές που διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Γράφημα 4.11.3: Μέση παραγωγή (κιλά) ανά δέντρο για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant, Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τα έτη 2013, 2014, 2015. Στο γράφημα εμφανίζεται το 5% τυπικό σφάλμα .

Στο γράφημα 4.11.3 παρουσιάζεται η μέση παραγωγή (κιλά) ανά δέντρο για τις ποικιλίες κερασιάς Bigarreau Burlat, Utah Giant, Bigarreau Ferbolus (Verdel) για τα έτη 2013, 2014, 2015. Διαπιστώνεται ότι υπάρχει μεγάλη διακύμανση από έτος σε έτος στις ίδιες ποικιλίες ως αποτέλεσμα της στατιστικά σημαντικής αλληλεπίδρασης του έτους και της ποικιλία ως προς την εξαρτημένη μεταβλητή μέση παραγωγή ανά δέντρο. Παρόλα αυτά για το 2014 οι ποικιλίες Bigarreau Burlat και Utah Giant είχαν σημαντικά μεγαλύτερη μέση παραγωγή ανά δέντρο συγκριτικά με τα έτη 2013 και 2015. Από την άλλη η ποικιλία Bigarreau Ferbolus (Verdel) είχε σημαντικά μεγαλύτερη παραγωγή το 2015 σε σχέση με τα δυο προηγούμενα έτη 2013 και 2014 (γράφημα 4.11.3).

Κεφάλαιο 5

Συζήτηση - Συμπεράσματα - Εισηγήσεις

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά γίνεται μια σύντομη ανασκόπηση των σκοπών της διατριβής και ακολούθως γίνεται σύνοψη των συμπερασμάτων που προκύπτουν μέσα από τα ευρήματα και τι προσθέτουν στην ευρύτερη βιβλιογραφία. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στους περιορισμούς της μελέτης που προκύπτουν από την υιοθέτηση και εφαρμογή της μεθοδολογίας και των παραδοχών που ακολουθήθηκαν. Εν κατακλείδι δίνονται εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα και εφαρμογές των ευρημάτων στην πράξη.

5.1 Συζήτηση -Συμπεράσματα

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή σκοπό είχε την διερεύνηση της επίδρασης της θερμοκρασίας του αέρα στα φαινολογικά στάδια σε τρεις ποικιλίες κερασιάς, καθώς και την σύγκριση και εύρεση διαφορών μεταξύ τριών υπό μελέτη ποικιλιών κερασιάς σε βασικά φαινολογικά στάδια αλλά και σε ποιοτικές παραμέτρους των ποικιλιών όπως το μέσο βάρος καρπού και η μέση παραγωγή ανά δέντρο. Επιμέρους στόχος της μεταπτυχιακής ήταν η ανάπτυξη, προσαρμογή και αξιολόγηση μοντέλων πρόβλεψης του φαινολογικού σταδίου της άνθισης με βάση τις αθροιστικές βαθμομημέρες για την κάθε υπό μελέτη ποικιλία.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής προκύπτουν τα εξής:

- Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες για τα διαδοχικά έτη 2013, 2014, 2015 στην περιοχή μελέτης παρόλο που κατέγραψαν ίδια πορεία κατά την διάρκεια του έτους παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις μεταξύ τους. Παράλληλα η μέση ημερήσια θερμοκρασία για το έτος 2014 ήταν στατιστικά υψηλότερη και διέφερε σημαντικά από την μέση ημερήσια θερμοκρασία του έτους 2013. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία του έτους 2015 δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις αντίστοιχες τιμές των ετών 2013 και 2014. Οι αθροιστικές ώρες ψύχους που υπολογίστηκαν για το 2014 ήταν 482

ενώ για το 2015 ήταν 690 και δεν θεωρούνται ικανοποιητικές για την ομαλή περάτωση του ληθάργου.

- Το φαινολογικό μοντέλο πρόβλεψης της άνθισης με την χρήση δεδομένων του έτους 2013 παρουσίασε μεγάλη προσαρμοστικότητα για τα δεδομένα του 2013 και για τις τρεις υπό μελέτη ποικιλίες κερασιάς (Bigarreau Burlat, Utah Giant και Bigarreau Ferbolus). Το γεγονός επιβεβαιώθηκε με τις αντίστοιχες εκτιμήσεις του RMSE (Root Mean Square Error) για το έτος 2013. Σε αντίθεση με τα επόμενα έτη 2014 και 2015 όπου η προσαρμοστικότητα του μοντέλου δεν ήταν αρκετά ικανοποιητική ιδιαίτερα για το έτος 2014 όπου για κάθε ποικιλία οι αντίστοιχες τιμές του RMSE ήταν πολύ υψηλές υποδεικνύοντας μη ικανοποιητική αξιοπιστία στην πρόγνωση. Το γεγονός αυτό για τα δεδομένα του 2014 δικαιολογείται αφού όπως διαπιστώθηκε η μέση ημερήσια θερμοκρασία για το 2014 διέφερε στατιστικά σημαντικά από την μέση ημερήσια θερμοκρασία του έτους 2013 όπου χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα για την προσαρμογή του μοντέλου πρόβλεψης. Σύμφωνα με το μη γραμμικό μοντέλο σύμμεταβολής που προσαρμόστηκε για τις τρεις ποικιλίες, η πλήρης άνθιση παρουσιάζεται κοντά στους 100 ημεροβαθμούς. Συγκεκριμένα για την ποικιλία Bigarreau Burlat, η πλήρης άνθιση εμφανίζεται γύρω στους 98 ημεροβαθμούς, για την ποικιλία Utah Giant γύρω στους 100 ημεροβαθμούς και για την ποικιλία Bigarreau Ferbolus γύρω στους 110 ημεροβαθμούς. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συνάφεια με εργασίες του εξωτερικού και με αντίστοιχα αποτελέσματα για την ποικιλία 'Montmorency' (*Prunus cerasus* L.) όπου η πλήρης άνθιση εμφανίζεται στους 123 ημεροβαθμούς (θερμοκρασία βάσης 4 °C) (Zavalloni, Andresen and Flore, 2006).
- Από τα αποτελέσματα της διάρκειας των βασικών φαινολογικών σταδίων εκφρασμένα σε ημέρες και όπως ήταν αναμενόμενο, το φαινολογικό στάδιο το οποίο παρουσίασε την μεγαλύτερη διάρκεια σε ημέρες, αλλά και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς, είναι το στάδιο ανάπτυξης καρπού. Ωστόσο, εξετάζοντας την διάρκεια των βασικών φαινολογικών σταδίων ως προς τους αθροιστικούς ημεροβαθμούς η εικόνα διαφοροποιείται. Τα στάδια εμφάνισης ταξιανθιών και ανθοφορίας εκφρασμένα σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς είναι μικρά παρόλο που η διάρκεια τους σε ημέρες είναι συγκριτικά μεγάλη. Το στάδιο εμφάνισης ταξιανθιών δεν παρουσίασε διαφορές στην διάρκεια σε ημέρες αλλά ούτε και σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς μεταξύ των ποικιλιών. Η συντόμευση του χρόνου από την άνθιση μέχρι την ωρίμανση για κάποιες ημέρες, έχει ως συνέπεια για το

καρπό της κερασιάς να έχει λιγότερο χρόνο για την διαίρεση των κυττάρων, την σκλήρυνση των πυρήνων και την ανάπτυξη του μεσοκαρπίου. Αν θεωρήσουμε την συντόμευση της διαδικασίας ανάπτυξης του κερασιού αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την χαμηλότερη ποιότητα καρπού εξαιτίας της επιτάχυνσης στην πρόοδο των γεγονότων ανάπτυξης του. Κάτω από την κλιματική αλλαγή και την εμφάνιση υψηλότερων μέσων θερμοκρασιών τα φαινολογικά στάδια ανάπτυξης εμφανίζονται αρκετά νωρίτερα με πιθανή συνέπεια την μειωμένη απόδοση συγκεκριμένων ποικιλιών (Craufurd and Wheeler, 2009).

- Όσον αφορά το στάδιο της ανθοφορίας δεν βρέθηκαν διαφορές ως προς την διάρκεια σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς, ενώ βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την διάρκεια του σταδίου σε ημέρες. Στα στάδια ανάπτυξης του καρπού και το στάδιο ωρίμανσης των φρούτων και σπόρων, οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ήταν σημαντικές τόσο εξετάζοντας την διάρκεια σε ημέρες αλλά και την αντίστοιχη διάρκεια σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς.
- Η ημέρα του έτους όπου πραγματοποιείται τουλάχιστον το 50% της ανθοφορίας μεταξύ των ποικιλιών διαφέρει σημαντικά μεταξύ των ποικιλιών, με την ποικιλία Bigarreau Burlat να είναι κατά μέσο όρο σε πλήρη ανθοφορία νωρίτερα από την ποικιλία Utah Giant κατά 5 ημέρες και από την ποικιλία Bigarreau Ferbolus κατά 9 ημέρες. Αντίστοιχα διαμορφώνονται και οι αθροιστικοί ημεροβαθμοί όπου η ποικιλία Bigarreau Burlat συμπληρώνει τους 92,11 ημεροβαθμούς κατά την πλήρη άνθιση της, ενώ η ποικιλία Utah Giant στους 104,64 και η ποικιλία Bigarreau Ferbolus στους 117,04. Αυτό επιβεβαιώνει και τις βιβλιογραφικές περιγραφές των ποικιλιών όπου η ποικιλία Bigarreau Burlat παρουσιάζεται η πιο πρόωμη ποικιλία με την Utah Giant να ακολουθεί και έπειτα την Bigarreau Ferbolus.
- Το μέσο βάρος καρπού διέφερε σημαντικά μεταξύ των ποικιλιών με την ποικιλία Utah Giant να εμφανίζεται η πιο μεγαλόκαρπη μεταξύ των τριών και να διαφέρει σημαντικά από τις ποικιλίες Bigarreau Burlat και Bigarreau Ferbolus οι οποίες δεν διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά. Το γεγονός επιβεβαιώνουν και βιβλιογραφικές περιγραφές των ποικιλιών που παρουσιάζουν την ποικιλία Utah Giant την πιο μεγαλόκαρπη ποικιλία συγκριτικά τις Bigarreau Burlat και Bigarreau Ferbolus. Τα μέσα βάρη καρπών για τις τρεις ποικιλίες για το 2014 ήταν σημαντικά μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο του 2013 και αυτό του 2015, αλλά διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους και για τα τρία έτη παρατήρησης.

- Η μέση παραγωγή ανά δέντρο, για το σύνολο των ποικιλιών, ήταν σημαντικά υψηλότερη για το έτος 2014 σε σχέση με τα έτη 2013 και 2015 που δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Η μέση παραγωγή ανά δέντρο μεταξύ των ποικιλιών για το σύνολο των ετών 2013, 2014, 2015 δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά. Παρόλα αυτά, η μέση παραγωγή ανά δέντρο δεν παρουσιάζεται ικανοποιητική και αυτό πιθανό να οφείλεται στην μη συμπλήρωση των απαιτήσεων ψύχους του είδους της κερασιάς που είναι προϋπόθεση για την ομαλή περάτωση του λήθαργου και έναρξη μιας κανονικής άνθισης.
- Για το 2014 υπήρξαν σημαντικά μικρότεροι καρποί (χαμηλότερο μέσο βάρος καρπού) και αντίστοιχα σημαντικά μεγαλύτερη μέση παραγωγή ανά δέντρο. Αυτό φαίνεται φυσιολογικό ως προς την βιολογική απόκριση των δέντρων αφού λιγότερη παραγωγή θα δώσει μεγαλύτερους καρπούς και αντίστροφα.

5.2 Περιορισμοί της μελέτης

Τα αποτελέσματα της μεταπτυχιακής διατριβής παρέχουν μια πρώτη εικόνα της συμπεριφοράς των υπό μελέτη ποικιλιών κερασιάς στα φαινολογικά στάδια, όσο και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν (μέσο βάρος καρπού και μέση παραγωγή ανά δέντρο) σε συνάρτηση με την θερμοκρασία του αέρα εκφρασμένη σε αθροιστικούς ημεροβαθμούς. Είναι σαφές ότι τόσο τα αποτελέσματα όσο και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε μπορεί να αποτελέσει την βάση για επέκταση της έρευνας στο πεδίο σε όλες τις ποικιλίες του πειραματικού κερασιώνα, παρόλα αυτά υπεισέρχονται κάποιοι περιορισμοί που πρέπει να αναφέρουμε.

Καταρχήν ως προς την προσαρμοστικότητα του μοντέλου άνθισης, χρειάζεται η εισαγωγή περισσότερων δεδομένων για το φαινολογικό στάδιο της άνθισης, αυτό μεταφράζεται ως συχνότερη καταγραφή του ποσοστού εμφάνισης της άνθισης σε μικρότερα χρονικά διαστήματα, διότι η διάρκεια της άνθισης διαρκεί μικρό σχετικά διάστημα (15-20 ημέρες περίπου) ανάλογα με την ποικιλία και τις κλιματικές συνθήκες στην περιοχή μελέτης.

Σημαντικό είναι επίσης τα κλιματικά δεδομένα να προέρχονται από την περιοχή μελέτης ή αν δεν είναι δυνατόν, τουλάχιστον, να προέρχονται από κοντινή περιοχή και να είναι εξίσου αντιπροσωπευτικά για την περιοχή μελέτης. Στην παρούσα διατριβή, όπως έχει αναφερθεί, μέρος των κλιματικών δεδομένων λήφθηκε από την κοντινότερη

περιοχή που βρέθηκαν διαθέσιμα ελεύθερα μετεωρολογικά δεδομένα, όμως δεν παύει να είναι περιοριστικός παράγοντας σε κάποιο βαθμό, αφού πιθανόν να υπάρχουν αποκλίσεις από τις πραγματικές θερμοκρασίες που σημειώθηκαν στην περιοχή του πειράματος. Ταυτόχρονα η μη διαθεσιμότητα των μέσων θερμοκρασιών ανά ώρα ήταν ακόμα ένας περιοριστικός παράγοντας για το έτος 2013, αφού δεν ήταν δυνατός ο υπολογισμός των ωρών ψύχους και οι αντίστοιχες μονάδες ψύχους.

Εν κατακλείδι, όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών, όπως το μέσο βάρος καρπού και η μέση παραγωγή ανά δέντρο, χρειάζεται συλλογή δεδομένων από περισσότερες καλλιεργητικές περιόδους (περισσότερες επαναλήψεις) για την εξαγωγή αξιόπιστων και ασφαλέστερων αποτελεσμάτων.

5.3 Εισηγήσεις

Η καλλιέργεια της κερασιάς παρουσιάζεται ιδιαίτερα ευαίσθητη στις μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών. Το πρόβλημα στην Κύπρο εκτιμάται ακόμη πιο μεγάλο λόγω του ιδιαίτερα ζεστού καλοκαιριού και των ήπιων σχετικά χειμώνων. Οι μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες σε συνάρτηση με τα προβλήματα ανταγωνιστικότητας που υπάρχουν στον κλάδο προδιαγράφουν αρνητικές εξελίξεις για το μέλλον της συγκεκριμένης καλλιέργειας στην Κύπρο.

Σημαντική είναι η κατανόηση της βιολογικής απόκρισης των ποικιλιών κερασιάς στις κλιματικές συνθήκες μέσα από την μελέτη της φαινολογίας τους, αφού μπορεί να καθοριστεί η περίοδος και ο χρόνος ανάπτυξης κάθε φαινολογικού σταδίου και ακολούθως με βάση τους διαθέσιμους χρόνους μπορεί να αναπτυχθεί πρόγραμμα συγκομιδής διαφόρων ποικιλιών καθώς και η οργάνωση και διαχείριση των απαιτούμενων καλλιεργητικών φροντίδων.

Είναι σαφές ότι τα αποτελέσματα της μεταπτυχιακής διατριβής, αποτελούν μια βάση για περαιτέρω μελέτη και έρευνα στο πεδίο, τόσο για βελτίωση και εξέλιξη των φαινολογικών μοντέλων της άνθισης αλλά και προσαρμογή άλλων βασικών φαινοφάσεων, όπως και της απόκρισης των βασικών φαινολογικών σταδίων των ποικιλιών συνάρτηση των κλιματολογικών μεταβολών ώστε να εξαχθούν επαρκή αποτελέσματα που να μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα στον γεωργικό τομέα.

Ειδικότερα η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα συνοψίζεται στα εξής:

- Διερεύνηση και εισαγωγή άλλων παραγόντων πέρα από την θερμοκρασία που πιθανόν να επηρεάζουν την φαινολογία των φυτών, (π.χ. φωτοπερίοδος) και πως επιδρούν στην βιολογική απόκριση – φαινολογία όλων των ποικιλιών κερασιάς που βρίσκονται στο πειραματικό σχέδιο.
- Διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ κλιματικών παραμέτρων και ποιοτικών παραμέτρων των ποικιλιών κερασιάς, όπως το χρώμα του καρπού, το ποσοστό σχισίματος καρπών και το ποσοστό διπλών καρπών.
- Μελέτη και ανάπτυξη σεναρίων πιθανής αύξησης της μέσης θερμοκρασίας (π.χ. μέση αύξηση κατά 0.5°C) και πως αυτές οι μεταβολές μπορούν να μεταβάλουν την εμφάνιση και την διάρκεια βασικών φαινολογικών σταδίων (π.χ. άνθισης) για όλες τις ποικιλίες του πειραματικού σχεδίου.
- Σε μακροπρόθεσμη βάση και με την καταγραφή μακροχρόνιων σετ δεδομένων, μπορεί να μελετηθεί η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στα φαινολογικά στάδια των ποικιλιών κερασιάς και πως αυτή θα επηρεάσει την παραγωγή και την ποιότητα των καρπών των ποικιλιών κερασιάς.

Βιβλιογραφία

Abbott, D.L. (1962) The Effects of Four Controlled Winter Temperatures on the Flowering and Fruiting of Apple. *Journal of Horticultural Science*, 37, pp.272–284.

Alonso, J. M., & Socias i Company, R. (2009). Chill and Heat Requirements for Blooming of the CITA Almond Cultivars. *Paper presented at the ISHS*.

Anderson, D.P., Nordheim, E.V., Moermond, T.C., Gone Bi, Z.B. & Boesch, C. (2005) Factors Influencing Tree Phenology in Taï National Park, Cote d'Ivoire. *Biotropica* 37(4), pp. 631–640.

Anderson, J. L., Kesner, C. D., & Richardson, E. A. (1986). Validation of chill unit and flower bud phenology models for “Montmorency” sour cherry. *Acta Horticulturae*, 184, pp.71-77.

Anderson, J. V., Chao, W. S., & Horvath, D. P. (2001). A current review on the regulation of dormancy in vegetative buds. *Weed Science*, 49, 581-589.

Ashton, P.S., Givinish, T.J. & Appanah, S. (1988). Staggered Flowering in the Dipterocarpaceae: new insights into floral induction and the evolution of mast fruiting in the aseasonal tropics. *American Naturalist*, 132, pp.44-66.

Atkinson, C.J. , Brennan, R.M. & Jones, H.G.(2013) Declining Chilling and its Impact on Temperate Perennial Crops. *Environ. Exp. Bot.*, 91, pp.48–62.

Badeck, F.W., Bondeau, A., Böttcher, K. , Doktor, D., Lucht, W., Schaber, J. & Sitch, S. (2004) Responses of Spring Phenology to Climate Change. *New Phytol.*, 162, pp.295–309.

Baggiolini, M. (1952) Les stades repérés des arbres fruitiers à noyau Rev. Rom. *Ōagric*

Vitc. Daboric, 8, pp.3–4

Baldocchi, D. & Wong, S.(2008) Accumulated Winter Chill is Decreasing in the Fruit Growing Regions of California. *Clim. Change*, 87 , pp. S153–S166.

Barros, P.M., Goncalves, N., Saibo, N.J.M. &Oliveira, M.M.(2012) Cold acclimation and floral development in almond bud break: insights into the regulatory pathways *J. Exp. Bot.*, 63, pp.4585–4596.

Baskerville, G. L., & Emin., P. (1969). Rapid Estimation of Heat Accumulation from Maximum and Minimum temperatures. *Ecology*, 50(3), pp. 514-517.

Bassi, D., Bartolini, S. & Viti, R. (2006) Recent Advances on Environmental and Physiological Challenges in Apricot Growing. *Acta Hortic.*, 717, pp.23–31.

Bellocci, G., Rivington, M., Donatelli, M.& Matthews, K. (2010) Validation of Biophysical Models: Issues and Methodologies. A Review. *Agron. Sustain. Dev.*, 30, pp.109–130.

Bland, J.M. & Altman, D.G.(1986) Statistical Methods for Assessing Agreement Between two Methods of Clinical Measurement. *Lancet*, 1(8476), pp. 307–310.

Bleiholder, H., Van den Boom, T., Langelüddeke, P.& Stauss R. (1989) Einheitliche Codierung der Phänologischen Stadien bei Kultur und Schadpflanzen. *Gesunde Pflanz*, 41, pp.381–384.

Bleiholder, H., Frau, E., Feller, C., Hess, M., Wicke, H., Meier, U., Van den Boom, T., Lancashire, P. D., Buhr, F. L., Hack, H., Klose, F.R. & Stauss, R., (2001) Growth Stages of Mono-and Dicotyledonous Plants. Meier, U. (eds) *BBCH Monograph*, Berlin and Braunschweig: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.

Bonhomme,M., Regeau,R., Lacointe, A.,. (2005) Gendraud Influences of cold deprivation during dormancy on carbohydrate contents of vegetative and floral primordia and nearby structures of peach buds (*Prunus persica* L. Batch). *Scientia Horticulturae*, 105 ,

pp.223–240.

Borchert, R. (1983). Phenology and Control of Flowering in Tropical Trees.*Biotropica*,15 pp. 81–89.

Brown, D.S. &Kotob, F.A., 1957. Growth of Flower Buds of Apricot, Peach, and Pear during the Rest Period. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science*, 69, pp.158–164.

Bruns, E., Chmielewski, F.-M., VanVliet, A.J.H. (2003) The Global Phenological Monitoring Concept Towards International Standardization of Phenological Networks.*Phenology: An Integrative Environmental Science, Volume 39 of the series Tasks for Vegetation Science* pp. 93-104.

Byrne, D. H., & Bacon, T. (1992). Chilling Estimation: its importance and estimation. *The Texas Horticulturist*, 18(8), 5, pp.8-9.

Cai, Y., Bandara, J.S.& Newth, D. (2015) A Framework for Integrated Assessment of Food Production Economics in South Asia under Climate Change. *Enviromental modeling and software* 75, pp.459-457.

Campoy, J.A., Ruiz, D. & Egea, J.(2011) Dormancy in Temperate Fruit Trees in a Global Warming. *Scientia Horticulturae*, 130, pp.357–372.

Cannell, M.G.R. &Smith, R.I. (1983) Thermal Time, Chill Days and Prediction of Budburst in *Picea Sitchensis*. *J. Appl. Ecol*, 20, pp.951–963.

Cannell, M.G.R. ,Smith, R.I. (1983) Thermal Time, Chill Days and Prediction of Budburst in *Picea Sitchensis*. *J. Appl. Ecol*, 20, pp.951–963.

Cappiello, P.E.& Littlefield, L.E. Woody (1994) Landscape Plant cold-hardiness Ratings, 41. Orono: University of Maine/Maine, Agricultural and Forest Experiment Station.

Cathey, H.M. (1990) USDA Plant Hardiness Zone Map. Washington, D.C.: USDA, (Web version of USDA. Miscellaneous Publication, 1475). Available at: <http://www.usna.usda.gov/Hardzone/>. [Accessed 23 Oct. 2015]

Cesaraccio, C., Spano, D., Duce, P., & Snyder, R. L. (2001). An improved method for Determining Degree-Day Values from Daily Temperature Data. *International Journal of Biometeorology*, 45, pp.161-169

Chandler, W. H., & Tufts, W. P. (1934). Influence of the rest period on opening of buds of fruit trees in spring and on development of flower buds of peach trees. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 30, 180-186.

Chandler, W.H. (1942) *Deciduous Orchards*. Lea & Febiger, Philadelphia, USA.

Chapman, C.A.; Chapman, L.J.; Struhsaker, T.T.; Zanne, A.E.; Clark, C.J.; Poulsen, J.R. 2005. A long-term evaluation of fruiting phenology: importance of climate change. *Journal of Tropical Ecology*, 21:31-45

Chapman, C.A.; Wrangham, R.W.; Chapman, L.J.; Kennard, D.K.; Zanne, A.E. 1999. Fruit and flower phenology at two sites in Kibale National Park, Uganda. *Journal of Tropical Ecology*, 15:189-211.

Chmielewski F., Müller, A. & Bruns, E. (2004) Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961–2000. *Agricultural and Forest Meteorology* 121, pp.69–78.

Chmielewski, F. & Rötzer, T. (2001) Response of Tree Phenology to Climate Change Across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology* 108, pp.101–112.

Chmielewski, F.M. & Rötzer, T. (2001) Response of Tree Phenology to Climate Change Across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology* 108, pp.101–112.

Citadin, M.C.B., Raseira, F.G., Herter, J. & Baptista da Silva (2001) Heat Requirement for

Blooming and Leafing in Peach. *HortScience*, 36, pp.305–307.

Cleland, E.E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H.A. & Schwartz, M.D. (2007) Shifting Plant Phenology in Response to Global Change Trends. *Ecol. Evol.*, 22, pp.357–365.

Cleland, E.E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H.A. & Schwartz, M.D. (2007) Shifting plant phenology in response to global change. *Trends Ecol. Evol.*, 22, pp. 357–365.

Cole, S.T., Grundström, T., Jaurin, B., Robinson, J.J., & Weiner, J.H. (1982). Location and Nucleotide Sequence of *frdB*, the Gene Coding for the Iron-Sulphur Protein Subunit of the Fumarate Reductase of *Escherichia Coli*. *Eur J Biochem.* 126(1), pp.211–216.

Craufurt, P.Q. & Wheeler, T.R. (2009) Climate change and the flowering time of annual crops. *J. Exp. Bot.* 60, pp.2529-2539.

Damos, P. & Savopoulou-Soultani, M. (2010) Population Dynamics of *Anarsia lineatella* in relation to Crop Damage and the Development of Economic Injury Levels. *Journal of Applied Entomology*, 134, (2), pp.105–115.

Damos, P. & Savopoulou-Soultani, M. (2011) Microlepidoptera of Economic Significance in Fruit Production: Challenges, Constraints and Future Perspectives for Integrated Pest Management. *Moths: Types, Ecological Significance and Control Methods*, Nova Science Publications.

Damos, P. (2009) Bioecology of Microlepidopterous Pests of Peach Trees and their Management According to the Principles of Integrated Fruit Production, *Ph.D. thesis*, Aristotle University of Thessaloniki, Greece.

Damos, P. T. & Savopoulou-Soultani, M. (2010) Development and Statistical Evaluation of Models in Forecasting Moth Phenology of Major Lepidopterous Peach Pest Complex for Integrated Pest Management Programs. *Crop Protection*, vol. 29(10), 1190–1199.

Damos, P. T. & Savopoulou-Soultani, M. (2008) Temperature Dependent Bionomics and

Modeling of *Anarsia lineatella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in the Laboratory. *Journal of Economic Entomology*, 101,(5),1557–1567.

Damos, P. T. & Savopoulou-Soultani, M. (2010) Synchronized Diapause Termination of the Peach Twig Borer *Anarsia lineatella* (Lepidoptera: Gelechiidae): Brownian Motion with Drift. *Physiological Entomology*, 35, (1), pp.64–75.

Davison, R. M., & Young, H. (1973). Seasonal Changes in the Level of Abscisic Acid in Xylem Sap of Peach. *Plant Science Letters*, 2(2), pp. 79-82.

Dodge, Y., (2008) *The Concise Encyclopedia of Statistics*. New York: Springer.

Egea, J., & Burgos, L. (1995). Double Kernelled Fruits in Almond (*Prunus dulcis* Mill.) as Related to Pre-Blossom Temperatures. *Annals of Applied Biology*, 126, pp. 163-168.

Else, M. & Atkinson, C. (2010) Climate Change Impacts on UK Top and Soft Fruit Production. *Outlook Agric.*, 39 , pp. 257–262.

Erez, A. (2000). Bud Dormancy, Phenomenon, Problems and Solutions in the Tropics and Subtropics. In A. Erez (Ed.), *Temperate Fruit Crops in Warm Climates*. Boston: Kluwar Academic Publishers

Evans, A.M., Timothy, A.E. & Gregoire, G. (2007) A geographically Variable Model of Hemlock Woolly adelgid Spread. *Biological Invasions*, 9, pp.369-382.

Fadón, E., Herreroa, M. & Rodrigo, J. (2015) Flower Development in Sweet Cherry Framed in the BBCH Scale. *Scientia Horticulturae* 192, pp.141–147 .

Felker, F. C. & Robitaille, H. A. (1985) Chilling Accumulation and Rest of Sour Cherry Flower Buds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110, pp.227-232.

Fishman, S., Erez, A., & Couvillon, G. A. (1987). The temperature Dependence of Dormancy Breaking in Plants: Two-step model involving a co-operation transition.

Journal of Theoretical Biology, 124, pp.437-483.

Fleckinger, J., (1948) The Stages of Development of Fruit Trees in Relation to Disease and Pest Control. *Rap. Gen. Congr. Pomol. Fr. Angers.*, pp. 81–93.

Flenley JR. (1998) Tropical Forests Under the Climates of the Last 30 000 Years. *Climatic Change*, Volume 39, Issue 2, pp. 177-197.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) [online] <http://faostat.fao.org/>

Fuchigami, L.H. & Nee, C. (1987) Degree Growth Stage Model and Rest-Breaking Mechanism in Temperate Woody Perennials. *HortScience*, 22 (5), pp.836–845.

Fuchigami, L.H., Weiser, C.J., Kobayashi, K., Timmis, R.& Gusta, L.V., (1982) A Degree Growth Stage (°GS) Model and Cold Acclimation in Temperate Woody Plants. Li, P.H., Sakai, A. (Eds.), *Plant Cold Hardiness and Freezing Stress. Mechanism and Crop Implications*. Academic Press, New York, pp.93–116.

Glozer, K., & Grant, J. A. (2005). Use of the Dynamic Model and Chill Portions to time chemical rest-breaking treatments in 'Bing' sweet cherry. In C. C. A. Board (Ed.): University of California Cooperative Extension.

Goldwin, G. K. (1992). Environmental and Internal Regulation of Fruiting, With particular reference to Cox's Orange Pippin Apple. In C. Marshall & J. Grace (Eds.), *Fruit and seed production: Aspects of development, environment physiology and ecology*, pp. 75-100. Cambridge, UK: Cambridge University Press

Guédon, Y. & Legave, J.M. (2008) Analyzing the Time-Course Variation of Apple and Pear Tree Dates of Flowering Stages in the Global Warming Context. *Ecol. Model*, 219 , pp. 189–199.

Guerrero, R., Viti, R., Iacona, C. & Bartolini, S. (2010) Is Apricot Germplasm Capable of Withstanding Warmer Winters? This is What we Learned From Last Winter. *Acta Hortic.*, 862 , pp. 265–272.

Hack, H., Bleiholder, H., Buhr, L., Meier, U., Schnock-Fricke, U., Weber, E. & Witzemberger, A. (1992) Einheitliche Codierung der Phänologischen Entwicklungsstadien Mono- und Dikotyler Pflanzen–Erweiterte BBCH-Skala. *Allg. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz*, 44, pp.265–270.

Hänninen, H. (1987) Effects of Temperature on Dormancy Release in Woody Plants: Implications of Prevailing Models. *Silva Fenn*, 21, pp.279–299.

Hänninen, H. (1990) Modelling Bud Dormancy Release in Trees from Cool and Temperate Regions. *Acta For. Fenn*, 213, pp.1–47.

Hansen, J., Sato, M. & Ruedy R. (2013) Global Temperature Update Through 2012. http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2013/20130115_Temperature2012.pdf [Accessed: Jan. 2016].

Hartmann, C. (1989) Ethylene and Ripening of a Non-Climateric Fruit: The Cherry. *Acta Hortic.* 258, pp.89–96.

Hedhly, A., Hormaza, J.I. & Herrero, M. (2007) Warm Temperatures at Bloom Reduce Fruit set in Sweet Cherry. *J. Appl. Bot. Food Qual.*, 81, pp.158–164.

Hedhly, A., Hormaza, J.I. & Herrero, M. (2009) Global Warming and Sexual Plant Reproduction. *Trends Plant Sci.*, 14, pp.30–36.

Hedhly, A., Hormaza, J.I. & Herrero, M. (1994) The effect of temperature on stigmatic receptivity in sweet cherry (*Prunus avium* L.).

http://digital.csic.es/bitstream/10261/5206/3/HedhlyA_PlantCell%20Environment_2003.pdf [Accessed: 17.12.2015]

Hedhly, A., (2011) Sensitivity of Flowering Plant Gametophytes to Temperature Fluctuations. *Environ. Exp. Bot.* 74, pp.9–16.

Hedhly, A., Hormaza, J.I.& Herrero, M. (2007) Warm Temperatures at Bloom Reduce Fruit Set in Sweet Cherry. *J. Appl. Bot. Food Qual*, 81, pp.158–164.

Hedhly, A., Hormaza, J.I.& Herrero, M. (2009) Global Warming and Sexual Plant Reproduction. *Trends Plant Sci.* 14, pp.30–36.

Hess, M., Barralis, G., Bleiholder, H., Buhr, L., Eggers, T., Hack, H., Strauss, R. (1997). Use of the Extended BBCH Scale - General for the descriptions of the growth stages of mono- and dicotyledonous weed species. *Weed Research*, 37, 433-441.

Horvath, D.P., Anderson, J.V., Chao, W.S.& Foley, M.E. (2003) Knowing when to grow: Signals Regulating Bud Dormancy Trends. *Plant Science*, 8, pp.534–540.

Houghton, J.T., Meiro-Fillao, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenburg, A.& Maskell, K. (1996) Second assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *IPCC Second Assessment Climate change 1995*. Cambridge, UK: Cambridge University Press

Hudson, M.R.,& Keatley, I.L (Eds). (2010) *Phenological Research, Methods for Environmental and Climate Change Analysis*. Springer Science and Business Media.

Hudson, I.L. & Keatley, M.R. (2010) (eds.) *Phenological Research, Methods for Environmental and Climate Change Analysis*. New York: Springer.

Idso, S. B., Jackson, R. D., Pinter, P. J., Reginato, R. J., & Hatfield, J. L. (1981). Normalizing the Stress-Degree Day Parameter for Environmental Variability. *Agricultural Meteorology*, 24, pp.45-55.

IPCC, (2007) Climate change 2007. Synthesis Report. Contributions of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.

IPCC, (2012) Summary for Policymakers. Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.-K., Allen, S.K., Tignor, M. & Midgley P.M. (eds.) Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Group I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp.1-19. United Kingdom and New York: Cambridge University Press.

IPCC, (2013) Summary for Policymakers. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P.M. (eds.) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jackson, D. (1999). Almond. Jackson, D. & McNeil, D. (Eds.), *Temperate and Subtropical Fruit Production*. UK, Wallingford: CAB International.

Jackson, J. E., Hamer, P. J. C., & Wickenden, M. F. (1983). Effects of early temperatures on the set of fruits of Cox's Orange Pippin apple and year to year variation in its yields. *Acta Horticulturae*, 139, 75-83.

Jackson, J., E., & Hamer, P. J. C. (1980). The causes of year to year variation in the average yield of Cox's Orange Pippin apple in England. *Journal of Horticultural Science*, 55, pp.149-156.

Jacobson G. & Dieffenbacher-Krall, A. (1995) White Pine and Climate Change. Insights From the Past. *Journal of Forestry* 93, pp.39-42.

Jefferson, L., Havens, K. & Ault, J.(2004) Implementing Invasive Screening Procedures: The Chicago Botanic Garden model. *Weed Technology*, 18, pp.1434-1440.

Jones, H.G., Hillis, R.M., Gordon, S.L.& Brennan, R.M. (2013) An Approach to the Determination of Winter Chill Requirements for Different Ribes Cultivars.

Plant Biology, 15, pp.18–27.

Kappel, F., Granger, A., Hrotkó, K., Schuster, M. & Badenes, M.L. (2012) Fruit Breeding. Byrne, D.H. (Eds.) *Handbook of Plant Breeding 8*, pp.459–504 New York, USA:Springer.

Kattenberg, A., Giorgi, F., Grassl, H., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Stoufer, R.J., Tokioka, T., Weaver, A.J., Wigley, T.M.L. (1996) *Climate Models–Projections of Future Climate*. Houghton JT, Meira-Filho LG, Callander BA, Harris N, Kattenberg A, Maskell K, (eds). *Climate change 1995: the Science of Climate Change*. Cambridge. UK: Cambridge University Press, pp.285–358.

Kester, D. E., & Gradziel, T. M. (1996). Almonds. In J. Janick & J. N. Moore (Eds.), New York: John Wiley and Sons, Inc. *Fruit Breeding, Vol. III: Nuts Vol. 3*, pp. 700-710.

Kester, D. E., Gradziel, T. M., & Grasselly, C. (1991). Almonds (Prunus). *Paper presented at the Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops, The Netherlands*.

Kester, D. E., Raddi, P., & Asay, R. (1977). Correlations of Chilling Requirements for Germination, Blooming and Leafing Within and Among Seedling Populations of Almond. *Journal of American Society of Horticultural Sciences*, 102(2), pp.45-148.

Koch, E., Bruns, E., Chmielewski, F.M., Defila, C., Lipa, W. & Menzel, A. (2007) *Guidelines For Plant Phenological Observations*. Germany: HU Berlin.

Koch, E., H. Scheifinger (2004) Phenology as biological indicator for a warming Europe. *World Resource Review Vol 16, No 2*, pp. 173 –182.

Kramer, K., Leinonen, I. & Loustau, D., (2000) The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: an overview. *Int J Biometeorol*, 44, 67-75.

Lactin, D. J., Holliday, N. J., Johnson, D. L. & Craigen, R. (1995) Improved Rate Model of Temperature-Dependent Development by Arthropods. *Environmental Entomology*, 24, (1), pp.68–75.

Lancashire, P.D. Bleiholder, H. Van Den Boom, T. Langelüddeke, P., Stauss, R., Weber, E., Witzemberger, A. (1991) A Uniform Decimal Code for Growth Stages of Crops and Weeds. *Ann. Appl. Biol.*, 119, 561–601.

Landsberg, J.J. (1974) Apple Fruit Bud Development and Growth; Analysis and an Empirical Model. *Ann. Bot.*, 38, pp.1013–1023.

Lang, G.A., Early, J.D., Martin, G.C. & Darnell, R.L. (1985) Endo-, Para-, and Ecodormancy: Physiological Terminology and Classification for Dormancy Research. *HortScience*, 22 (3) pp.371–377.

Larcher, W. (2005). Climatic Constraints Drive the Evolution of Low Temperature Resistance in Woody Plants. *Journal of Agricultural Meteorology*, 61(4), pp.189-202.

Legave, J.M., Giovannini, D., Christen, D., Oger, R. (2009) Global Warming in Europe and its Impacts on Floral Bud Phenology in Fruit Species. *Acta Hort.*, 838, pp. 21–26.

Leida, C., Romeu, J.F., García-Brunton, J., Ríos, G. & Badenes, M.L. (2012) Gene Expression Analysis of Chilling Requirements for Flower Bud Break in Peach Plant Breed. *Molecular Breeding*, 131, pp.329–334.

Lezzoni, A.F. (2008) Cherries. In: Hancock, J.F., Jim, F. (Eds.), *Temperate Fruit Crop Breeding*. Springer, pp.151–175.

Lieth, H. (Ed), (1974): *Phenology and seasonality modelling*. Chapman and Hall, London, pp. 444.

Linkosalo, T. (2000) Mutual Regularity of Spring Phenology of Some Boreal Tree Species: Predicting with Other Species and Phenological models. *Canadian Journal of Forest Research*, 30(5), pp.667-673.

Linsley-Noakes, G.C., Lou, M. & Allan, P. (1995) Estimating Daily Positive Utah chill Units from Maximum and Minimum Temperatures. *J. S. Afr. Soc. Hort. Sci.*, 5 (1), pp.19–24.

- Logan, J. A., Wollkind, D. J., Hoyt, S. C. & Tanigoshi, L. K. (1976) An Analytical Model for Description of Temperature Dependent Rate Phenomena in Arthropods. *Environmental Entomology*, 5, pp.1133–1140.
- Luedeling, E., Zhang, M., Luedeling, V. & Girvetz, E.H. (2009) Sensitivity of winter chill models for fruit and nut trees to climatic changes expected in California's Central Valley. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 133, 23–31.
- Luedeling, E., & Brown, P. H. (2011). A Global Analysis of the Comparability of Winter Chill Models for Fruit and Nut Trees. *International Journal of Biometeorology*, 55, pp.411-421.
- Luedeling, E., Girvetz, E.H., Semenov, M.A. & Brown, P.H (2011) Climate Change Affects Winter Chill for Temperate Fruit and Nut Trees. *PLoS ONE*, 6 p. e20155.
- Luedeling, E., Zhang, M., Luedeling, V., & Givetz, E. H. (2009). Sensitivity of Winter Chill Models for Fruit and Nut Trees to Climatic Changes Expected in California's Central Valley. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 133, pp.23-31.
- Magarey I.R.D., Borchert II, D.M., Schlegel II, J.W. (2008) Global Plant Hardiness Zones for Phytosanitary Risk Analysis. *Scientica Agricola. (Piracicaba, Braz.)* vol.65 no.spe Piracicaba.
- Martínez-Gómez, P., G.O., S., Sánchez-Pérez, R., R., M., & Gradziel, T. M. (2003). New Approaches to Prunus Tree Crop Breeding. *Food, Agriculture and Environment*, 1(1), pp.52-63.
- Mayer, D.G.& Butler, D.G. (1993) Statitital validation. *Ecol. Model.*, 68, pp.21–32.
- McKenney, D.W.; Hutchinson, M.F.; Papadopol, P.; Campbell, K. & Lawrence, K. (2006). The Generation of USDA-Equivalent Extreme Minimum Temperature Models and a Comparison with Canada's Plant Hardiness Zones. *Canadian Journal of Plant Science*, v.86, pp. 511-523.

Meier, U., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., Heí, M., Lancashire, P.D., Schnock, U., Stauí, R., Van den Boom, Th., Weber, E. & Zwerger, P. (2009) The BBCH System to Coding the Phenological Growth Stages of Plants – History and Publications. *Journal fur Kulturpflanzen*, 61 (2), pp.41–52.

Meier, U., Bleiholder, H., Buhr, H., Feller, C., Hack, H., Heí, M., Lancashire, P.D., Schnock, U., Stauí, R., Theo van den Boom, Weber, E. & Zwerger, P. (2009) The BBCH System to Coding the Phenological Growth Stages of Plants – History and Publications. *Journal fur kulturpflanzen*, 61 /2, pp.41–52.

Menzel, A. & Fabian, P. (1999) Growing Season Extended in Europe. *Nature*, 397, 659.

Menzel, A., Sparks, T.H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kübler, K., Bissoli, P., Braslavská, O., Briede, A., Chmielewski, F.-M., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, Å., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatczak, K., Måge, F., Mestre, A., Nordli, O., Peñuelas, J., Pirinen, P., Remišová, V., Scheifinger, H., Striz, M., Susnik, A., J.H. van Vliet, A., Wielgolaski, F.E., Zach, S. & Züst, A. (2006) European Phenological Response to Climate Change Matches the Warming Pattern. *Glob. Change Biol.*, 12, pp.1969–1976.

Morellato, P.C., Alberti, L.F. & Hudson, L. (2009) Applications of Circular Statistics in Plant Phenology a Case Studies Approach. *Phenological Research*, pp. 339-359.

Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D. & Veith, T.L. (2007) Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *ASABE*, 50, (3), p.p.885-900.

Nooden, L. D., & Weber, J. A. (1978). Environmental and Hormonal Control of Dormancy in Terminal Buds of Plants. In M. E. Cutter (Ed.), *Dormancy and Developmental Arrest*. New York: Academic Press.

Okie, W.R. & Blackburn, B. (2011) Increasing Chilling Reduces Heat Requirement for Floral Budbreak in Peach. *Hortic. Sci.*, 46, pp.245–252.

Olden, E.J. & Nybom, N. (2009) On the Origin of *Prunus Cerasus* L. *Hereditas*, 59, 2-3.

Opik, H., & Rolfe, S. (2005). *The Physiology of Flowering Plants* (4th ed.). Cambridge:University Press.

Opler, P.A.; Frankie, G.W.; Baker, H.G. (1976). Rainfall as a Factor in the Release, Timing, and Synchronization of Anthesis by Tropical Trees and Shrubs. *Journal of Biogeography*, 3, pp.231-236.

Orlandi, F., Sgromo, C., Bonofiglio, T., Ruga, L., Romano, B. & Fornagiari, M. (2009) A Comparison Among Olive Flowering trends in different Mediterranean areas (south-central Italy) in Relation to Meteorological Variations. *Theor. Appl. Climatol.* 97, pp.339-347.

Parmesan, C. & Yohe, G. (2003) A Globally Coherent Fingerprint of Climate Change Impacts Across Natural Systems. *Nature*, 421, pp.37-42.

Perry, T.O. (1971) Dormancy of Trees in Winter. *Science*, 171, pp.29-36.

Powell, L. E. (1987). Hormonal Aspects of Bud and Seed Dormancy in Temperate-Zone Woody Plants. *HortScience*, 22, pp.845-850.

Power, M. (1993) The Predictive Validation of Ecological and Environmental Models. *Ecol. Model.*, 68, pp.33-50.

Proebsting, E. L., & Mills, H. H. (1978). Low Temperature Resistance of Developing Flower Buds of Six Deciduous Species. *Journal of American Society of Horticultural Sciences*, 103, pp.192-198.

Rea, R. & Eccel, E. (2006) Phenological Models for Blooming of Apple in a Mountainous Region. *Int. J. Biometeorol.*, 51, pp.1-16.

Richardson, E.A., Seeley, S.D. & Walker, D.R. (1974) A Model for Estimating the Completion of Rest for Redhaven and Elberta Peach Trees. *HortScience*, 9 (4), pp.331-332.

- Rinne, P., Tuominen, H., & Junttila, O. (1993). Seasonal Changes in Bud Dormancy in Relation to Bud Morphology, Water and Starch Content, and Abscisic Acid Concentration in Adult Trees of *Betula Pubescens*. *Tree Physiology*, 14, pp. 549-561.
- Rodrigo, J. & Herrero, M. (2002) Effects of pre-blossom Temperatures on Flower Development and Fruit set in Apricot. *Scientia Horticulturae*, 92, pp.125–135.
- Rohde, A. & Bhalerao, R.P. (2007) Plant Dormancy in the Perennial Context. *Trends Plant Sci.* 12(5), pp.217-223.
- Roltsch, W. J., Zalom, F. G., Stawn., A. J., Strand, J. F., & Pitcairn, M. J. (1999). Evaluation of Several Degree-Day Estimation Methods in California Climates. *International Journal of Biometeorology*, 42(169-176).
- Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig, C. & Pounds, A.J. (2003) Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421, pp.57–60.
- Roper, T.R., and Kennedy, R.A. (1986) Photosynthetic Characteristics During Leaf Development in Bing Sweet Cherry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111, pp.938-941.
- Rosenzweig, C., Karoly, D., Vicarelli, M., Neofotis, P., Wu, Q., Casassa, G., Menzel, A., Root, T.L., Estrella, N., Seguin, B., Tryjanowski, P., Liu, C., Rawlins, S. & Imeson, A. (2008) Attributing Physical and Biological Impacts to Anthropogenic Climate Change. *Nature*, 453, pp.353–357.
- Ruiz, D., Campoy, J. & Egea, J. (2008) Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. *Environmental and Experimental Botany*, 61, pp.254-263.
- Rumayor-Rodriguez, A. (1995) Multiple-Regression Models for the Analysis of Potential Cultivation Areas for Japanese Plums. *HortScience*, 30, pp. 605–610.
- Ruml, M. & Vulić, T. (2005) Importance of Phenological Observations and Predictions in Agriculture. *Journal of Agricultural Sciences*, Vol. 50, 2, pp. 217-225.

Ruml, M., Vukovic, A., & Milatovic, D. (2010). Evaluation of Different Methods for Determining Growing Degree-Day Thresholds in Apricot Cultivars. *International Journal of Biometeorology*, 54, pp.411-422.

Russel, K., (2003), *EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservations and Use For Wild Cherry (Prunus Avium)*. Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute.

Russelle, M. P., Olson, R. A., Wilhelm, W., & Power, J. F. (1984) Growth Analysis Based on Degree Days. Vol. 24. Lincoln, Nebraska.

Samish, R.M. (1954) Dormancy in Woody Plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 5, pp.183–204.

Sanzol, J. M. Herrero (2001)The efective pollination period in fruit trees.*Sci. Hortic.*, 90, pp.1–17.

Sarvas, R. (1972) Investigations on the Annual Cycle of Development of Forest trees. I. Active Period. *Commun. Inst. For. Fenn*, 76, pp.1–110.

Sarvas, R. (1974) Investigations on the Annual Cycle of Development of Forest Trees. II. Autumn dormancy and winter dormancy. *Commun. Inst. For. Fenn*, 84, pp.1–101.

Saure, M.C. (1985) Dormancy release in Deciduous Fruit Trees. *Hortic. Rev.*, 7 , pp. 239–300.

Saxe, H., Cannell, M.G.R., Johnsen, B., Ryan, M.G. & Vourlitis, G., (2001) Tree and Forest Functioning in Response to Global Warming. *New Phytologist*, 149: pp.369–399.

Schelling, K., (2000). Aufbau eines operationellen fernerkundungs-und GIS-gestützten Systems zur Zustandsbeschreibung, Ertrags-und Qualitätsabschätzung von Braugerstenbeständen. Dissertation. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Univ., Bonn.

Schnelle, F. (1955) Pflanzen-Phanologie. *Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig: Leipzig*.

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

Sedgley, M. & Griffin, A.R. (1989). *Sexual Reproduction of Tree Crops*. Academic Press, London.

Shirazi A.M., (2003) Standardizing Methods for Evaluating the Chilling Requirements to Break Dormancy in Seeds and Buds (including geophytes). *Introduction to the Workshop HortScience*, 38, 334–335.

Smeeckens, S. (2000) Sugar-induced Signal Transduction in Plants *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 51, pp.49–81.

Snyder, R. L. (1985). Hand Calculating Degree Days. *Agriculture and Forest Meteorology*, 35, pp.353-358.

Snyder, R. L., Spano, D., Cesaraccio, C., & Duce, P. (1999). Determining Degree-Day Thresholds from Field Observations. *International Journal of Biometeorology*, 42, pp.117-182.

Somerville, W. (1996). Pruning and training fruit trees: *Elsevier*

Sparks, T.H. & Carey, P.D. (1995) The Responses of Species to Climate over two Centuries: an analysis of the Marsham Phenological Record, pp.1736–1947. *J. Ecol.*, 83, pp.321–329.

Suttle, J. C., & Hulstrand, J. F. (1994). Role of Endogenous Abscisic Acid in Potato Microtuber Dormancy. *Plant Physiology*, 105, pp.891-896.

Swartz, H.J., Powell, L.E. (1981) The Effects of Long Chilling Requirements on Time of Bud Break in Apple. *Acta Horticulturae*, 120, pp.173–178.

Tabuenca, M. (1972). Necesidades de frio invernal en almendro. *An. Estac. Exp. Aula Dei*, 11, pp.325-329.

Thompson, M. (1996) Flowering, Pollination and Fruit Set. A. Webster, N. Looney (Eds.), *Cherries: Crop Physiology, Production and Uses*, pp.223–241. UK, Wallingford: CAB International.

Tutin, C. E. G. & Fernandez, M. (1993) Relationships Between minimum temperature and fruit production in some Tropical Forest trees in Gabon. *Journal of Tropical Ecology* 9, pp.241-248.

UC I.P.M. (1990) DDU, Degree-Day Utility User's Guide (Version 2.0). *Publication 9. Division of Agriculture and Natural Resources*. California, Berkeley: University of California.

Van der Schoot, C. (1996) Dormancy and Symplasmic Networking at the Shoot Apical Meristem. Lang, G.A. (Ed.) *Plant Dormancy: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*, pp. 59–81. UK, Wallington: CAB International.

Vargas, F. J., & Romero, M. A. (2001). Blooming Time in Almond Progenies. *Paper presented at the 11th GREMPA Seminar on pistachios and almonds. Blooming time in almond progenies.*

Vegis, A. (1964) Dormancy in Higher Plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 15 , pp. 185–224.

Venette, R.C & Gould, J.R. (2006) A Pest Risk Assessment for *Copitarsia* spp.: insects associated with importation of commodities into the United States. *Euphytica*, 148, pp.165-183.

Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. (2002) Ecological Responses to Recent Climate Change. *Nature*, 416, 389–395.

Wareing, P. F. & Saunders, P. F. (1971). Hormones and Dormancy. *Annual Review of Plant Physiology*, Vol. 22: pp.261 -288

Webster., A.D & Looney, N.E. (1996) *Cherries: Crop Physiology, Production and Uses*. UK: CAP International.

Weinberger, J.H. (1954). Effects of High Temperatures During the Breaking of the Rest of Sullivan Elberta Peach Buds. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 63, pp.157-162.

Weiser, C. J. (1970). Cold Resistance and Injury in Woody plants. *Science*, 169, pp. 1269-1278.

Westwood, M.N. (1993) *Temperate-Zone Pomology, Physiology And Culture*, (third ed.). Portland:Timber Press.

White, M.A., Running, S.W. & Thornton, P.E. (1999) The Impact of Growing -Season Length variability on carbon assimilation and evapotranspiration over 88 years in the easter US Deciduous forest. *Int. J. Biometeorology*, 42, pp. 139-145.

Wilson, L. T., & Barnett, W. W. (1983). Degree-days: an aid in crop and pest management. *California Agriculture*, 37(1-2), pp.4-7.

Woodward, F.I. & Willimas, B.G.,(1987) Climate and Plant Distribution at Global and Local Scales. *Vegetatio*, 69, pp.189-197.

Xiaoqiu, C., (2003) Phenological observation and research in China. Chapter 2.1, 11 – 25. In: SCHWARZ, M.D. (Ed.): *Phenology: An integrative science*. Kluver Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London, pp 564.

Zalom, F. G., Goodell, P. B., Wilson, L. T., Barnett, W. W., & Bentley, W. J. (1983). Degree-days: The Calculation and Use of Heat Units in Pest Management. *Berkeley, CA: University of California Division of Agriculture and Natural Resources*, Vol. Leaflet 21373, pp. 1-10.

Zavalloni, C., Andresen, A. & Flore, J.A. (2006) Phenological Models of Flower Bud Stages and Fruit Growth of 'Montmorency' Sour Cherry Based on Growing Degree-day Accumulation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131(5), pp. 601-607.

Βασιλακάκης, Μ. (2004) Γενική και Ειδική Δενδροκομία. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γαρταγάνη.

Βασιλακάκης, Μ. και Θέριος, Ι., (2001) *Μαθήματα Ειδικής Δενδρομοκομίας-Φυλλοβόλα Οπωροφόρα Δέντρα*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων.

ΕΘΙΑΓΕ (2011) Εγχειρίδιο Καλλιέργειας Κερασιάς. Ναουσα: Ινστιτούτο Φυλλοβόλων Δένδρων.

Ι.Φ.Δ., Ινστιτούτο Φυλλοβόλων Δένδρων Νάουσας. Συνοπτική Περιγραφή Κυριότερων Καλλιεργούμενων και Διαδιδόμενων Ποικιλιών Κερασιάς.
<http://www.nagref.gr/journals/ethg/images/41/ethg41p9-15.pdf>

Στατιστική Υπηρεσία (2014) *Απογραφή Γεωργίας 2010*.

Στατιστική Υπηρεσία (2015) *Γεωργικές Στατιστικές 2013*.

Σφακιωτάκης, Ε., (1998) *Δενδρώδεις Καλλιέργειες*. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.

Τμήμα Γεωργίας (2013) *Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης. Διαχειριστική Αρχή Προγράμματος Αγροτικής Ανάπτυξης*.