



Πανεπιστήμιο Πατρών
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Τμήμα Γεωπονίας

Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη της πατάτας σε ανοιξιάτικη καλλιέργεια

Πτυχιακή εργασία του
Αλέξανδρου Παπαζαφείρη

Αμαλιάδα 2020

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Α. Λιόπα-Τσακαλίδη

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εκπονήθηκε στο εργαστήριο Βοτανικής και Ζιζανιολογίας του Τμήματος Γεωπονίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Πατρών.

Ευχαριστώ θερμά την επιβλέπουσα της πτυχιακής μου εργασίας Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Δρ. Α. Λιόπα – Τσακαλίδη για την αδιάκοπη επιστημονική καθοδήγηση, την πολύπλευρη βοήθεια, τις πολύτιμες συμβουλές και το ειλικρινές ενδιαφέρον της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω από καρδιάς τον Δρ. Αναστάσιο Καμπράνη για την άψογη συνεργασία κατά τη διάρκεια του πειράματος και ιδιαίτερα για την καθοδήγησή του και τις πολύτιμες συμβουλές του.

Επιπλέον θα ήθελα να εκφράσω τις βαθύτατες ευχαριστίες στους γονείς μου Δημήτριο και Μαρία για την ηθική υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου καθώς και τα αδέρφια μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
1 Εισαγωγή.....	6
1.2. Βοτανικά χαρακτηριστικά 1.2.1. Βοτανική ταξινόμηση.....	7
1.2.2 Καταγωγή – Ιστορικό.....	8
1.2.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά.....	9
1.2.4 Ποικιλίες πατάτας.....	12
1.2.5 Καλλιέργεια της πατάτας	32
1.2.5.1 Τρόπος πολλαπλασιασμού	43
1.2.5.2 Κλιματολογικές συνθήκες.....	43
1.2.5.3 Προετοιμασία εδάφους.....	44
1.2.5.4 Φύτευση	45
1.2.5.5 Άρδευση	46
1.2.5.6 Συγκομιδή.....	47
1.2.5.7 Χρήσεις της πατάτας	47
1.2.6 Βασικές έννοιες.....	50
1.2.6.1 Εξατμισοδιαπνοή.....	50
1.2.6.2 Απόδοτικότητα χρήσεις νερού Water Use Efficiency.....	62
1.2.6.3 Ηλεκτρική αγωγιμότητα.....	72
1.2.6.3 ANTIΔΡΑΣΤΗΡΙΑ.....	77
1.2.6.4Προσδιορισμός του σχετικού περιεχομένου σε νερό (RWC relative water content).....	80
1.2.6.5 Αλατότητα.....	82
1.2.6.6Φυτική κόμη καλλιέργειας.....	85
Μετρηση της δομής της φυτικής κομής.....	86
1.2.6.7 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index, LAI).....	88
2 Υλικά και Μέθοδοι	92
2.1Πειραματική εγκατάσταση.....	92
2.1.1Γενικά.....	92
Εδαφολογική ανάλυση αγρού.....	93
2.1.2Καλλιεργητικές εργασίες.....	95
2.1.2.1Προετοιμασία του εδάφους.....	95
2.1.2.2Μετεωρολογικά δεδομένα.....	97
2.1.2.3Εξατμισοδιαπνοή.....	98
Διάγραμμα 2.....	100

2.1.2.4 Πειραματικό σχέδιο.....	100
2.2 Στατιστική ανάλυση	102
2.2.1 Αλατότητα	103
2.2.1.1Αποτέλεσματα	103
2.2.1.2Επίδραση της αλατότητας στην περιεκτικότητα σε νερό στα φύλλα (relative water content) RWC%	103
2.2.1.3Αγωγιμότητα νερού άρδευσης	105
2.2.1.4(pH) νερού άρδευσης.....	106
2.2.1.5 Μεταβολή φωσφόρου στο έδαφος.	106
2.2.1.6 Δείκτης φυλικής επιφάνειας Leaf Area Index LAI	107
2.2.1.7 Αριθμός φύλλων.....	108
2.2.1.8 Ρυθμός μεταβολής μεγάλης διαμέτρου πατάτας	110
2.2.1.9 Ρυθμός μεταβολής μικρής διαμέτρου πατάτας.....	111
2.2.1.10Νωπό βάρος κονδύλων πατάτας.....	113
2.2.1.11 Απόδοτικότητα χρήσης νερού water use efficiency (WUE)	115

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελείται από δύο κεφάλαια. Θεωρητικό μέρος και το πειραματικό μέρος. Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται γενικές πληροφορίες για την καλλιέργεια της πατάτας και ιστορικά στοιχεία καθώς και επίσης έννοιες για το πειραματικό μέρος. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται: η διεξαγωγή του πειράματος, οι μέθοδοι καθώς και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Η καλλιέργεια της πατάτας αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές καλλιέργειες στον ελλαδικό χώρο καθώς και στην Ευρώπη. Είναι γεγονός πλέον πως σε συγκεκριμένες περιοχές της Ελλάδας υπάρχουν προβλήματα όσον αφορά το νερό της άρδευσης που χρησιμοποιείται και τα εδάφη στα οποία καλλιεργούνται οι συγκεκριμένες καλλιέργειες, ως προς την αλατότητα. Ο αριθμός των ποικιλιών πατάτας που καλλιεργούνται στη χώρα μας είναι πραγματικά μεγάλος. Γι' αυτό το λόγο εμείς επιλέξαμε η μία ποικιλία από αυτές (FARIDA) για την διεξαγωγή του πειράματός μας. Η πτυχιακή εργασία απόσκοπει στην μελέτη των φυσιολογικών αντιδράσεων του φυτού της πατάτας μετά από χρήση NaCl σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (0 TDS, 1.5 TDS, 2.5 TDS, 3.5 TDS). Στην περιοχή του Αράξου το πρόβλημα της υφαλμύρωσης έχει γίνει πιο έντονο με αποτέλεσμα οι τιμές των χλωριώντων να φτάνουν μέχρι και 2000 ppm. Έτσι επιλέξαμε ένα πειραματικό τεμάχιο στην περιοχή του Αράξου με τοπωνύμιο Σκιαδέϊκα για την διεξαγωγή της εργασίας μας χωρίζοντας το συγκεκριμένο τεμάχιο σε 4 ομάδες όπου εφαρμόσαμε στην καλλιέργεια 4 διαφορετικές συγκεντρώσεις με αλατούχα διαλύματα.

Λέξεις – κλειδιά: Αλατότητα, δείκτης φυλλικής επιφάνειας (leaf area index), ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), απόδοτικότητα χρήσης νερού (water use efficiency)

1 Εισαγωγή

Ένα σοβαρό πρόβλημα που παρατηρείται στα εδάφη των καλλιεργειών είναι η αλατότητα. Η αλατότητα προέρχεται από την άρδευση με νερό με υψηλή αγωγιμότητα που στην επιφάνεια του εδάφους δημιουργούν συσσωματώματα. Επίσης από την υπερβολική χρήση λιπασμάτων όπου δημιουργούν άλατα. Η αλατότητα εμφανίζεται και σε εδάφη που βρίσκονται κοντά σε παραθαλάσσιες περιοχές ή σε περιοχές που συχνά συσσωρεύονται απόρροοντα ύδατα που έχουν εκκλύση διάφορα πετρώματα.

Η αλατότητα είναι ένας παράγοντας που δημιουργεί ανισορροπία τις φυσιολογικές διεργασίες των φυτών. Επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγικότητα ειδικά σε ημι-άνυδρες περιοχές. Η συσσώρευση ιοντων Na^+ και Cl^- στα κύτταρα είναι πολύ τοξική και επηρεάζει όλους τους μηχανισμούς του φυτού καθώς και τις ενζυματικές δράσεις των φυτών (Hussein Abdullah Ahmed Ahmed, et.all. 2020). Παρατηρείται στα φυτά να αναπτύσσουν πιο μικρό βλαστό να απόρριπτουν το φύλλωμα παρα πολύ γρήγορα και να μειώνεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητά τους με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγικότητας που έχει ως επακόλουθο την μειωμένη απόδοση σε παραγωγή. Η μειωμένη απόδοση της παραγωγής σημαίνει ότι μια γεωργική επιχείρηση επιβαρύνεται οικονομικά και μπορεί να γίνει μη βιώσιμη. Αυτό είναι ένα από τα σημαντικά προβλήματα της αλατότητας. Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι ότι όταν έχουμε σταδιακή αύξηση της αλατότητας στα εδάφη. Τα εδάφη σταδιακά επιβαρύνονται και γίνονται μη παραγωγικά με αποτέλεσμα την σταδιακά αυξανόμενα υποβάθμιση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Έχουν γίνει αρκετές μελέτες από επιστήμονες για να δουν κατά πόσο τα φυτά αντέχουν την αλατότητα.

Επίσης έχουν μελετηθεί η μηχανισμοί που αναπτύσσουν τα φυτά προκειμένου να ανταπεξέλθουν στην ανάπτυξη τους σε αλατούχα εδάφη. Αντίστοιχες μελέτες έχουν γίνει για να δουν αν η προσθήκη οργανικών ουσιών στο έδαφος μειώνουν το στρες της αλατότητας ή και κατά πόσο βελτιώνουν τις εδαφολογικές συνθήκες όπου αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα του φυτού.

1.2. Βοτανικά χαρακτηριστικά

1.2.1. Βοτανική ταξινόμηση

Η πατάτα (*Solanum tuberosum* L.) ανήκει στην οικογένεια Solanaceae (στρυχνοειδών). Η οικογένεια Solanaceae περιλαμβάνει πάνω από 2000 είδη, από τα οποία μόνο τα 8 πλέον καλλιεργούνται.

- *Solanum stenotomum*
- *Solanum phureja*
- *Solanum ajanhuiri*
- *Solanum goniocalyx*
- *Solanum chaucha*
- *Solanum juzepczukii*
- *Solanum curtilobum*
- *Solanum tuberosum*

Το τελευταίο είδος *Solanum tuberosum* είναι το πιο ευρέως γνωστό και καλλιεργούμενο είδος καθότι ευδοκίμει σε όλες τις κλιματικές ζώνες (Μουζάκης, 2011).

Συστηματική ταξινόμηση

Βασίλειο: Φυτά (Plantae)

Συνομοταξία: Αγγειόσπερμα
(Angiosperms)

Ομοταξία: Δικοτυλήδονα
(Magnoliopsida)

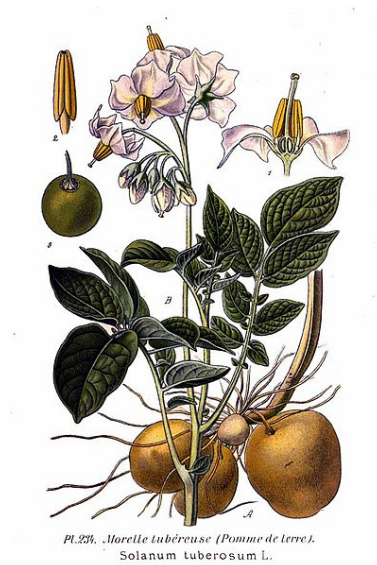
Τάξη: Στρυχνώδη (Solanales)

Οικογένεια: Στρυχνοειδή (Solanaceae)

Γένος: Στρύχνον (*Solanum*)

Είδος: *Στρύχνον το κονδυλόρριζον*

(*Solanum tuberosum*) L.



Εικόνα 1

Στην οικογένεια Solanaceae εκτός από την καλλιεργούμενη πατάτα (*Solanum tuberosum* L.) ανήκουν τα κυριότερα καλλιεργούμενα κηπευτικά είδη (τομάτα, μελιτζάνα, πιπεριά, καπνός κ.α.).

1.2.2 Καταγωγή – Ιστορικό

Τα στοιχεία που αφορούν την καταγωγή της πατάτας είναι πολλά και διαφέρουν μεταξύ τους. Από αναφορές που έχουν βρεθεί καθώς και από αρχαιολογικά ευρήματα, η καλλιέργεια της πατάτας ξεκίνησε από τους ιθαγενείς της Ν. Αμερικής, στα υψίπεδα των Άνδεων, δηλαδή στις σημερινές περιοχές όπου λαμβάνουν χώρα η Βολιβία, το Περού, η Χιλή, η Κολομβία και ο Ισημερινός. Εκείνα τα χρόνια γνωστά και ως «προ-Κολομβιανά» η πατάτα αποτέλούσε βασικό τρόφιμο της Ν. Αμερικής και στη συνέχεια εξαπλώθηκε σε όλη την ήπειρο.



Εικόνα 2

Το όνομά της προέρχεται από την λέξη batatas που την χρησιμοποιούσαν οι Ινδιάνοι για προσδιορισμό των κονδυλώδων εδώδιμων ριζών του φυτού *Ipomoea batatas* (γλυκοπατάτα).

Η διάδοση της πατάτας προς τον υπόλοιπο κόσμο και κυρίως στην Ευρώπη, ξεκίνησε με την προσέλευση των Ισπανών στην Ν. Αμερική. Οι Ισπανοί εξερευνητές μετέφεραν αυτήν την τροφή και εξαπλώθηκε γρήγορα σε όλη την Ευρώπη. Ο κύριος παράγοντας που βοήθησε σε αυτήν την ταχύτατη διάδοση είναι η λύση που βρέθηκε στα προβλήματα διατροφής κατά την περίοδο των λιμών.

Η πατάτα εισήχθη στην Ελλάδα από τον τότε κυβερνήτη Ιωάννη Καπόδίστρια τον 19^ο αιώνα, όπου καλλιεργήθηκε πρώτα στην Αίγινα και ύστερα εξαπλώθηκε σε ολόκληρη την χώρα. Το προϊόν αυτό θεωρείτο πως ήταν το καταλληλότερο για τα οικονομικά δεδομένα εκείνης της εποχής στην χώρα μας αλλά και επειδή ήταν μία εύκολη καλλιέργεια με μεγάλη παραγωγή. Ο λαός έδειξε εξαιρετικό ενδιαφέρον στην καλλιέργεια της και πολλοί από τους γεωργούς ασχολήθηκαν αποκλειστικά και μόνο με αυτήν την. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα έως την δεκαετία του 1880 να γίνεται πολύ μεγάλη κατανάλωση του προϊόντος με την Ελληνική παραγωγή να αδυνατεί να καλύψει της ανάγκες του λαού. Έτσι η χώρα μας αναγκάζεται να εισάγει πατάτα από το εξωτερικό.

Η διάδοση της πατάτας παγκοσμίως, δείχνει το σημαντικό ρόλο του προϊόντος στη διατροφική αλυσίδα. Η καλλιέργειά της παγκοσμίως, καταλαμβάνει την τέταρτη θέση μετά το σιτάρι, το ρύζι και τον αραβόσιτο. (FAOSTAT, 2011).

1.2.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το φυτό της πατάτας είναι ποώδες και ετήσιο με πλούσια και θαμνώδη ανάπτυξη, με βιολογικό κύκλο που κυμαίνεται από τρεις έως έξι μήνες λαμβάνοντας υπόψη και τις διαφορές που οφείλονται σε διαφορετικές ποικιλίες του ίδιου φυτικού είδους. Το ύψος του μπορεί να κυμανθεί από τα 50 έως τα 80 cm . Ο πολλαπλασιασμός της πατάτας γίνεται αγενώς με ένα ή περισσότερους οφθαλμούς που φέρει ο κάθε κόνδυλος αναπτύσσοντας στο υπόγειο μέρος του φυτού μόνο δευτερογενείς ρίζες. Η καλλιεργούμενη πατάτα (*Solanum tuberosum* L.) είναι ετήσιο φυτό υψηλής παραγωγικότητας, το οποίο παράγει υπόγειους κονδύλους προερχόμενους από διαφοροποίηση υπογείων βλαστών και στολόνων (Νικόπουλος, 2004). Είναι ένα φυτό το οποίο έχει ανάγκες σε μεγάλη διάρκεια φωτοπεριόδου (14 ώρες/ μέρα) για την καλύτερη ανάπτυξη του και των κονδύλων του. Επίσης υπάρχουν και ποικιλίες όπου το ιδανικό της φωτοπεριόδου που είναι αναγκαίο ανέρχεται στις 24 ώρες.

Βλαστοί: Το στέλεχος το φυτού μπορεί να έχει τριγωνική η τετραγωνική διατομή και αναπτύσσεται από τα φύτρα του κονδύλου, το οποίο διακλαδίζεται και ταυτόχρονα

σχηματίζεται το υπόγειο μέρος του φυτού όπου εκπτύσει στόλωνες και δημιουργούνται στην άκρη τους οι βλαστοκόνδυλοι.

Βλαστοί



Εικόνα 3

Φύλλα: Τα φύλλα είναι σύνθετα με επτά έως έντεκα φυλλίδια ελλειπτικά. Τα φύλλα αποτελούνται από έναν κεντρικό άξονα κατά μήκος του οποίου υπάρχουν ζεύγη έμμισχων φυλλαρίων και καταλήγει σε ένα φυλλάριο στην άκρη του φύλλου. Τα φυλλάρια είναι σχετικά μεγάλα με σχήμα ωοειδές και οξύληκτα.

Φύλλα



Εικόνα 4



Εικόνα 5

Άνθη: Τα άνθη είναι πενταμερή με στεφάνη ιώδη ή υπόλευκη ή κίτρινη και συμπεταλή, φέρονται σε ταξιανθίες με άξονα μακρύ, ο οποίος αναπτύσσεται από τη μασχάλη του τελευταίου φύλλου έως τριακόσια σπέρματα. Τα άνθη του φυτού βρίσκονται στις επάκριες ταξιανθίες και έχουν μακρείς ποδίσκους. Κάθε άνθος έχει έναν κάλυκα, ο οποίος έχει μία σωληνοειδή στεφάνη αποτελούμενη από πέντε πέταλα. Επίσης έχουν πέντε στήμονες με μία δίχωρη ωοθήκη και μακρύ στύλο. Το μέγεθος των άνθεων εξαρτάται από την ποικιλία του φυτού και από την πιθανότητα γονιμότητας, όπου μπορεί να δώσει άνθη μεγέθους ένα έως δύο εκατοστά (Καραμπάγιας, 2015, Σιγανού και Γραμματικάκης, 2009).

Άνθη



Εικόνα 6



Εικόνα 7

Ριζικό σύστημα: Η πατάτα έχει ένα πλούσιο ριζικό σύστημα που στην αρχή της ανάπτυξης του είναι αβαθές διότι οι ρίζες του αναπτύσσονται οριζόντια σε μία ακτίνα 60 εκατοστών περιμετρικά του φυτού. Έχει παρατηρηθεί πως το βάθος του ριζικού συστήματος του φυτού μπορεί να φτάσει μέχρι και 2 m υπό ευνοϊκές εδαφολογικές συνθήκες. Επομένως σε πολύ συνεκτικά εδάφη η ρίζα του φυτού δεν έχει μεγάλη ικανότητα διείσδυσης και γι' αυτό κατά μέσο όρο καταλαμβάνει τα ανώτερα 25 cm του εδάφους που εκμεταλλεύεται. Να σημειωθεί πως όσο περισσότερο μεγαλώνουν και αναπτύσσονται τα φυτά, η πυκνότητα και το μέγεθος της ρίζας μειώνεται (Σιγανού, και Γραμματικάκης, 2009).

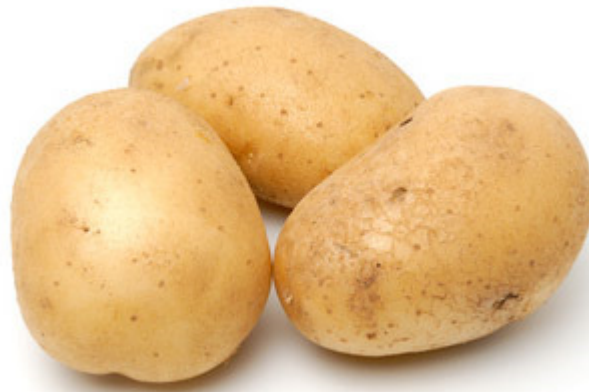
Ριζικό σύστημα



Εικόνα 8

Κόνδυλοι: Οι κόνδυλοι της πατάτας είναι τα απόθησαυριστικά όργανα που σχηματίζονται στην άκρη των στολώνων που εκπτύσσονται και μεγαλώνουν στο υπόγειο μέρος του φυτού πριν την άνθισή του. Στους κόνδυλους μπορούμε να παρατηρήσουμε πως στην επιφάνειά τους υπάρχουν μικρές κοιλότητες οι λεγόμενοι οφθαλμοί, οι οποίοι είναι σύνθετοι. Αυτοί οι σύνθετοι οφθαλμοί αποτελούνται από έναν κύριο δύο τουλάχιστον δευτερεύοντες πλευρικούς προστατευόμενους από κάποια κατάλοιπα φύλλων τα οποία έχουν εκφυλιστεί. Οι οφθαλμοί αυτοί παραμένουν σε λήθαργο από δύο έως τρεις μήνες μετά την συγκομιδή τους. Το μέγεθος και το σχήμα των κονδύλων εξαρτάται από την ποικιλία του φυτού καθώς επίσης το χρώμα της σάρκας και της επιδερμίδας. Ο αριθμός των κονδύλων ποικίλει ανά φυτό και έτσι μπορούμε να συναντήσουμε από 2 έως 25 το ανώτερο, σχηματισμένοι την ίδια χρονική περίοδο χωρίς όμως να έχουν την ίδια ταχύτητα ανάπτυξης γι' αυτό και το μέγεθος τους στο ίδιο το φυτό είναι διαφορετικό χωρίς όμως να έχει διαφορά το πόσο κοντά είναι στον μητρικό κόνδυλο (Διαλυνά, 2008).

Κόνδυλοι



Εικόνα 9

Οι κύριες περιοχές στον ώριμο καρπό/κόνδυλο όπως παρατηρούνται από έξω προς τα μέσα είναι: 1) το περίδερμα, 2) ο φλοιός, 3) ο αγγειακός δακτύλιος, 4) το παρέγχυμα, και 5) η εντεριώνη.

Ο αριθμός των διαφόρων ποικιλιών πατάτας που καλλιεργούνται σε όλες τις ηπείρους φτάνει τις 3000, οι 700 από τις οποίες καλλιεργούνται κυρίως στην Ευρώπη. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται κυρίως τις ποικιλίες: Σπούντα, Λιζέτα, Λόλα, Τιμάτε, Σιάρλοτ, Ντάιαμοντ, Νίκολα, Κάρα, Φιλέα, Ινόβα, Μάραπελ και σπάνια λίγες ακόμη ποικιλίες. Οι

διάφορες ποικιλίες διαφοροποιούνται ως προς: τον καρπό, τη μορφολογία και τη χημική σύσταση του καρπού (Μπικάκη, 2012).

1.2.4 Ποικιλίες πατάτας

Η πατάτα χρησιμοποιείται κατά 50 % για κατανάλωση από τον άνθρωπο , 35 % για ζωοτροφή, 3,5 % για την παραγωγή αμύλου και αλκοόλης και το υπόλοιπο για σποροπαραγωγή. Οι πατάτες που προορίζονται για κατανάλωση χρησιμοποιούνται ή ως έχουν ή μετά από επεξεργασία. Η αναλογία της δεύτερης κατηγορίας αυξάνεται συνεχώς. Οι πατάτες καλής ποιότητας πρέπει να έχουν τα εξής εξωτερικά χαρακτηριστικά : μέτριο μέγεθος, καλή βαθμολογία, επίπεδα μάτια, το επιθυμητό χρώμα φλοιού, το επιθυμητό χρώμα σάρκας, απύσσια μπλε κηλίδων και μηχανικών βλαβών, να μην είναι σκασμένες, να μην έχουν πράσινες κηλίδες, να μην είναι κούφιας και να μπορούν να πλένονται εύκολα. Η εσωτερική ποιότητα περιλαμβάνει την υφή της σάρκας, την αλευροποίηση και την απύσσια μαυρίσματος πριν ή μετά το μαγείρεμα. Στην παγκόσμια αγορά κυκλοφορούν πάνω από 500 ποικιλίες πατάτας. Οι ποικιλίες αυτές διακρίνονται από το εξωτερικό χρώμα της φλούδας της (κίτρινο, καφέ, κόκκινο ή μωβ) καθώς και το χρώμα της σάρκας της(ελαφρά κίτρινο και πιο σπάνια άσπρο). Συνήθως οι ποικιλίες του φυτού μας επιλέγονται ανα τον κόσμο σε τόπους με εδαφολογικές και κλιματολογικές συνθήκες όπου αναπτύσσονται και ευδοκίμουν καλύτερα. Επομένως η κίτρινη πατάτα είναι μία από τις πιο ανεκτικές ποικιλίες και γι' αυτό το λόγο είναι η κυριότερη που καλλιεργείται και έχει εξαπλωθεί σε όλο τον κόσμο.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι πολυάριθμες οι ποικιλίες που κυκλοφορούν σε όλο τον κόσμο και εξίσου πολλές από αυτές καλλιεργούνται και στη χώρα μας. Τα κριτήρια κατηγοριοποίησης της πατάτας ποικίλλουν ανάλογα με τα εξής: την μορφή των κονδύλων, το χρώμα της σάρκας, την μορφή των βλαστών καθώς και άλλα βοτανικά χαρακτηριστικά. Επίσης η πρωιμότητα (πρώιμες 70-90 μέρες, μεσοπρώιμες 100-140 μέρες και όψιμες 180 μέρες),η ανθεκτικότητα σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες, και οι απόδόσεις τους αποτελούν δευτερεύοντα κριτήρια με βάση τα οποία, κατατάσσεται η πατάτα σε συγκεκριμένες ποικιλίες.

Ποικιλίες που καλλιεργούνται στην Ελλάδα

Spunta



Εικόνα 10

Marfona



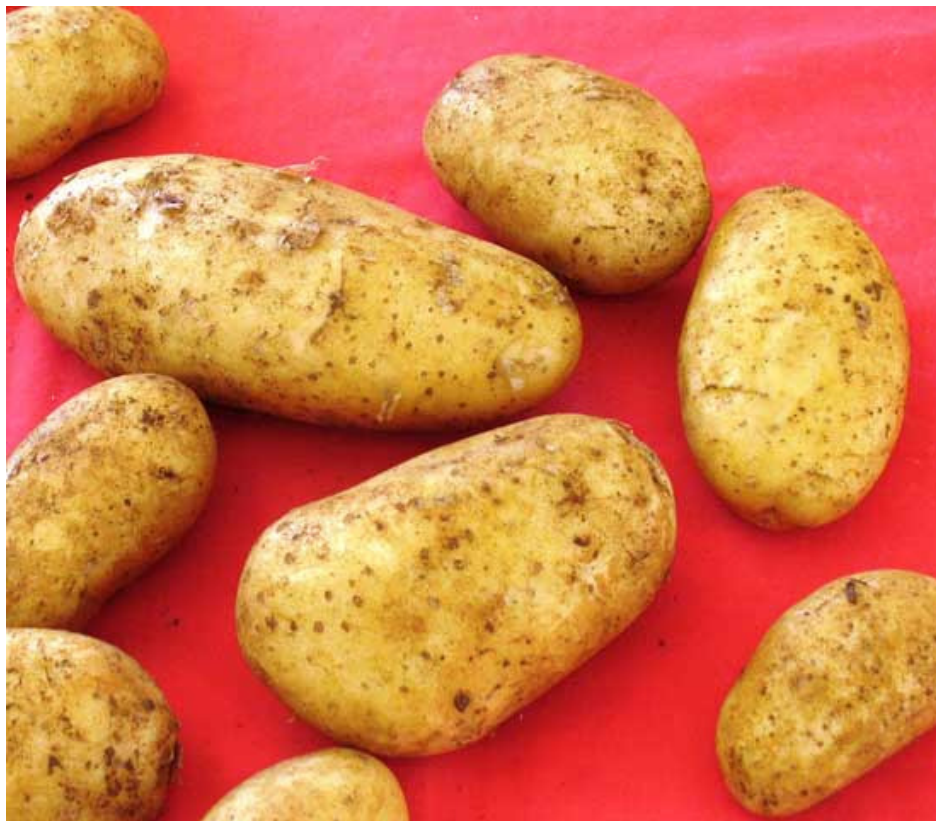
Εικόνα 11

Liseta



Εικόνα 12

Remarka



Εικόνα 13

Fabula



Εικόνα 14

Artemis



Εικόνα 15

Safari



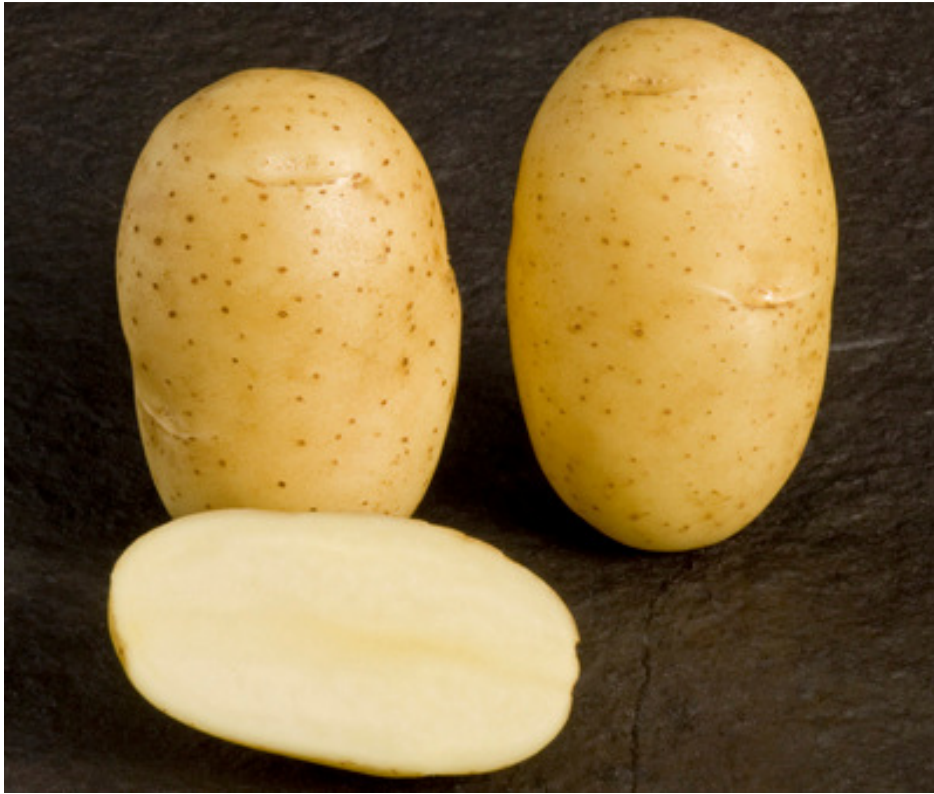
Εικόνα 16

Bellini



Εικόνα 17

Burren



Εικόνα 18

Jaerla



Εικόνα 19

Agria



Εικόνα 20

Kennebec



Εικόνα 21

Karlita



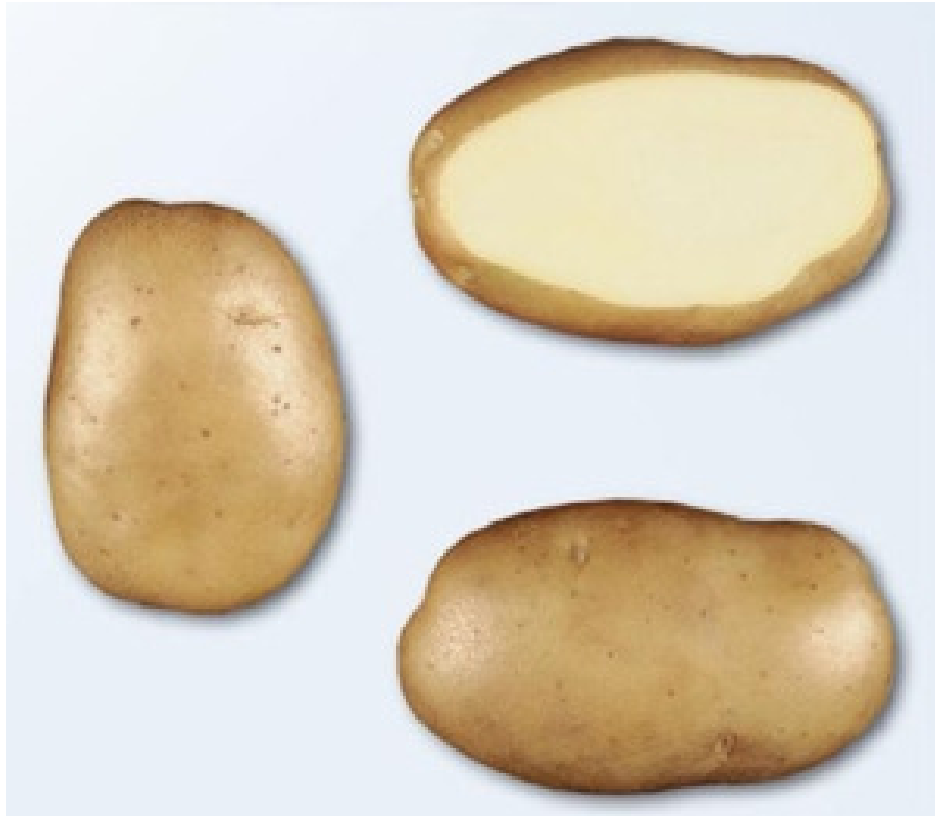
Εικόνα 22

Montial



Εικόνα 23

Baraka



Εικόνα 24

Monaliza



Εικόνα 25

Vivaldi



Εικόνα 26

**Lady
Christi**



Εικόνα 27

**Lady
rosseta**



Εικόνα 28

Atlas



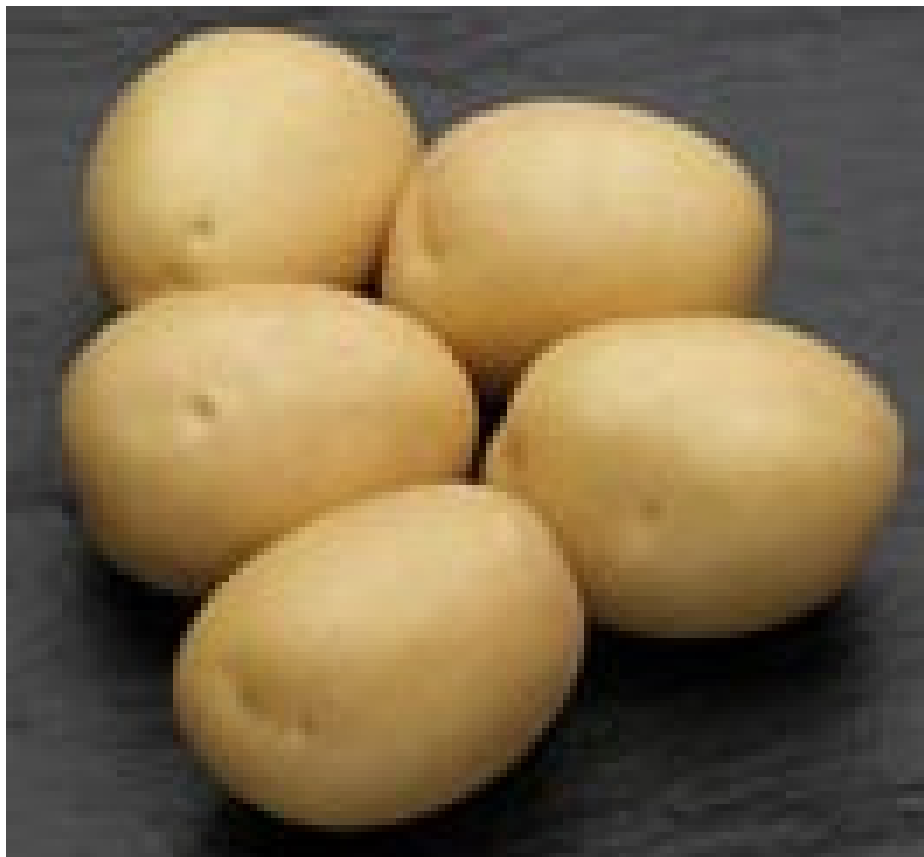
Εικόνα 29

Marine



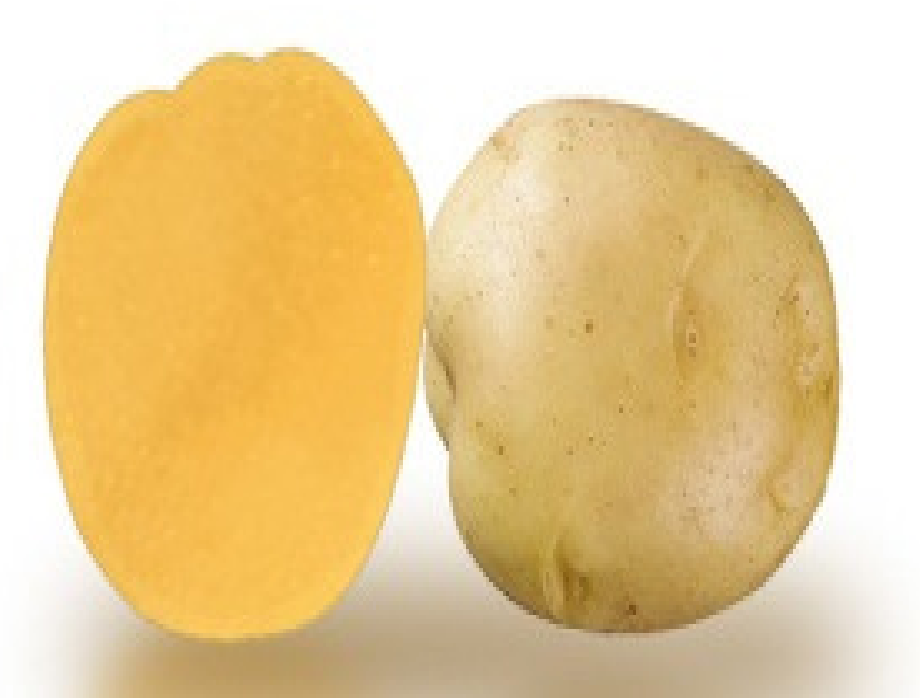
Εικόνα 30

**Panamer
a**



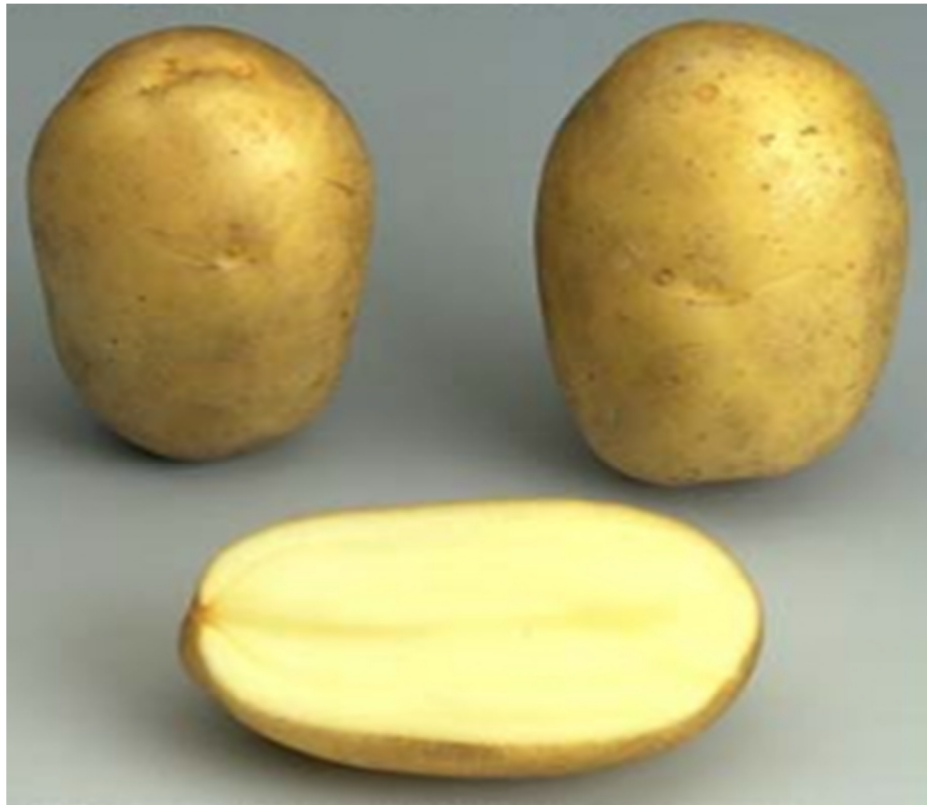
Εικόνα 31

Sahel



Εικόνα 32

Alaska



Εικόνα 33

Universa



Εικόνα 34

Safrane



Εικόνα 35

Odessa



Εικόνα 36

Farida



Εικόνα 37

Maranka



Εικόνα 38

Armada



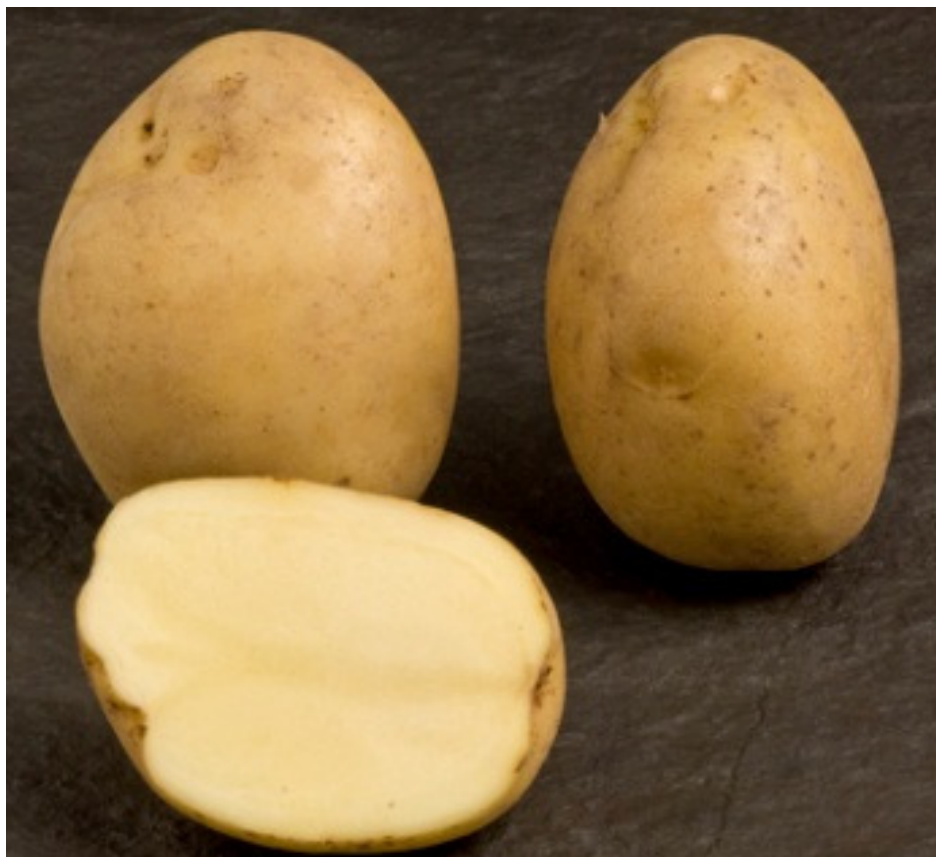
Εικόνα 39

Arnova



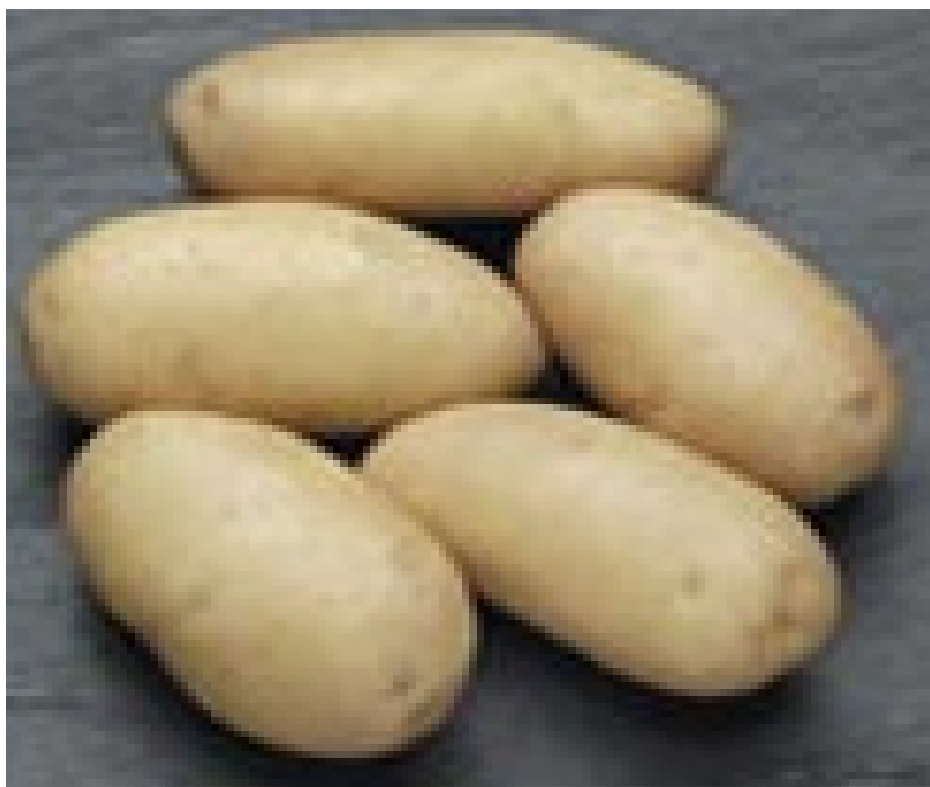
Εικόνα 40

Ερμής



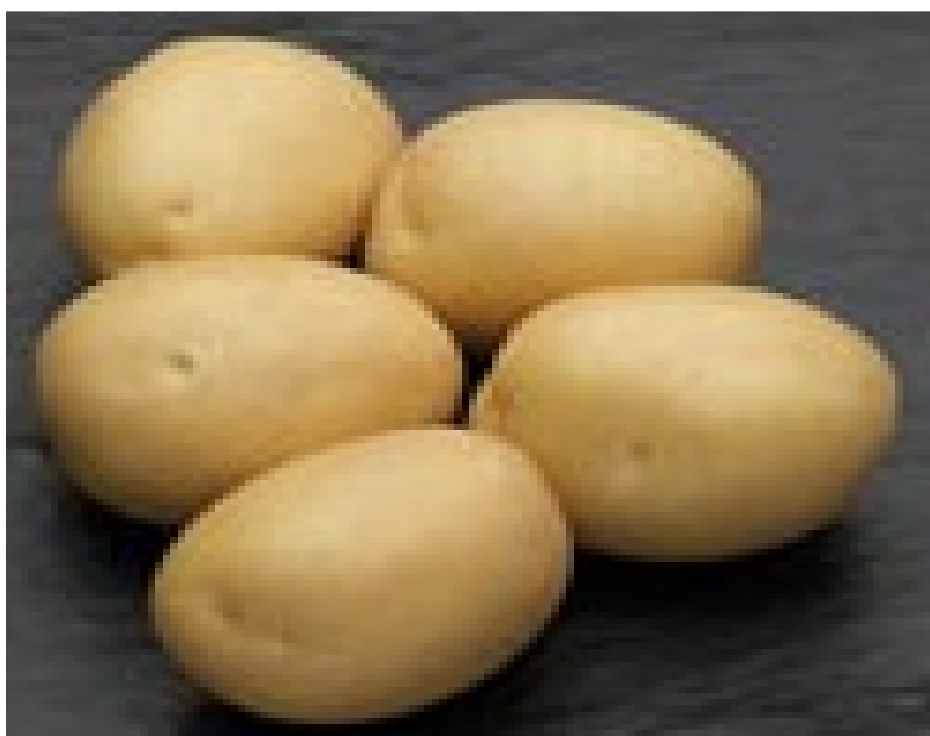
Εικόνα 41

Voyager



Εικόνα 42

Sylvana



Εικόνα 43

Sifra



Εικόνα 44

Lucinda



Εικόνα 45

1.2.5 Καλλιέργεια της πατάτας

Η πατάτα (*Solanum tuberosum* L.) είναι ένα από τα βασικότερα είδη διατροφής στον κόσμο, Η κατανάλωση πατάτας επεκτείνεται έντονα στις αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες σήμερα αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το ήμισυ της παγκόσμιας παραγωγής. Η Κίνα είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός πατάτας και σχεδόν το ένα τρίτο του συνόλου παραγωγής της πατάτας συγκομίζεται πλέον στην Κίνα και την Ινδία.

Η ιδιαίτερη ποικιλομορφία της χώρας μας, μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, φρέσκια Ελληνική πατάτα στην αγορά. Η καλλιέργεια της πατάτας πραγματοποιείται στην Ελλάδα σχεδόν όλους τους μήνες του χρόνου, με εξαίρεση τους χειμερινούς που οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλές. Η φύτευση αρχίζει το Νοέμβριο στη νότια Κρήτη και τελειώνει το Απρίλιο στη βόρεια Ελλάδα. Χρειάζονται 90 έως 120 ημέρες για τη συγκομιδή, ανάλογα με την προιμότητα της ποικιλίας και τις καιρικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Η πατάτα ευδοκimei σε ελαφρά και βαθιά εδάφη με άφθονη οργανική ουσία και με pH 5 έως 6,5

Η καλλιέργεια της πατάτας διακρίνεται σε: 1) Ανοιξιάτικη, όταν η φύτευση γίνεται από 15 Δεκεμβρίου μέχρι τέλος Ιανουαρίου (νότιες περιοχές), 2) Καλοκαιρινή, όταν η φύτευση γίνεται Απρίλιο - Μάιο στις ψυχρές περιοχές (βόρεια Ελλάδα) και 3) Φθινοπωρινή, όταν η φύτευση γίνεται τον Αύγουστο στις περιοχές που γίνεται και η ανοιξιάτικη καλλιέργεια. Τις μεγαλύτερες απόδόσεις και μεγαλύτερες εκτάσεις καταλαμβάνει η καλοκαιρινή καλλιέργεια. Ακολουθεί η ανοιξιάτικη ενώ μικρότερες απόδόσεις έχει η φθινοπωρινή καλλιέργεια.

Κύρια χρήση της ελληνικής πατάτας είναι επιτραπέζια, ενώ σε μικρότερη κλίμακα χρησιμοποιείται στη βιομηχανία για την παραγωγή σνακ-τσίπς

Έτσι όλες τις εποχές χρόνου, αλλού θα φυτεύουν και αλλού θα συγκομίζουν πατάτα.

Σήμερα η παραγωγή πατάτας σε όλο τον κόσμο ξεπερνά την παραγωγή του σταριού. Μεγαλύτερες χώρες παραγωγής είναι η Ρωσία, Γερμανία, Πολωνία, Γαλλία, Αμερική και Ολλανδία.

Στατιστικά στοιχεία της καλλιέργειας

Κατά την τελευταία 16ετη η συνολική καλλιέργεια της πατάτας ανά Περιφέρεια , παρουσιάζει την παρακάτω εικόνα σ' ότι αφορά την έκταση και την παραγωγή.

Από τα στοιχεία εκτάσεων και παραγωγής, των αρμόδιων Διευθύνσεων Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής των Περιφερειακών Ενοτήτων που συγκεντρώνονται μέσω

καταγραφών και εκτιμήσεων και από άλλες πηγές (π.χ. ΟΠΕΚΕΠΕ, Δ/νσεις του ΥΠΑΑΤ, ΕΛ.ΣΤΑΤ., κλπ) αξιολογήθηκε η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας ανά Περιφέρεια.

Πίνακας 1: Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης

Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης										
Έτος	Έβρος		Δράμα		Ροδόπη		Ξάνθη		Καβάλα	
	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)
2000	1339	2174	32412	66347	3015	4629	4984	9975	1538	2376
2001	1315	2150	31828	65618	2961	4578	4894	9865	1510	2350
2002	1328	2162	31000	65000	2991	4604	5000	10000	1526	2363
2003	1310	2100	31720	64250	2951	4471	4877	9636	1505	2295
2004	1330	2134	32194	65133	2995	4544	4950	9792	1527	2333
2005	1306	2000	31626	64068	2942	4470	4863	9632	1500	2294
2006	1332	2113	32243	64485	2999	4499	4958	9695	1530	2309
2007	1217	2048	29476	62519	2742	4362	4532	9399	1398	2239
2008	1232	2096	29000	63700	2774	4462	4586	9616	1415	2291
2009	1233	2096	29000	65000	2777	4462	4590	18616	1416	2290
2010	2212	4177	29257	138776	1964	2086	5682	8479	1431	1606
2011	2161	4222	28590	109957	1919	2108	5552	8571	1398	1624
2012	1566	1850	20721	48176	1391	924	4024	3755	1013	711
2013	1577	4005	20860	104300	1400	2000	4051	8130	1020	1540
2014	1901	5059	21442	107206	1400	1000	3970	6050	1020	1471
2015	1145	3364	20591	95747	1400	1000	3136	6600	1061	2498

Πίνακας 2: Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας

Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας														
ΕΤΟΣ	Σερρες		Θεσσαλονίκη		Πέλλα		Πιερία		Χαλκιδική		Κικλίσ		Ημαθία	
	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)
2000	7435	18172	1387	4011	10210	2552	45	93	226	414	1658	3394	754	2777
2001	7301	17972	1500	3967	10000	3000	44	92	222	410	1628	3357	740	2747
2002	7377	18075	1376	3990	10130	2538	45	100	224	412	1645	3500	748	2762
2003	7276	18000	1500	4000	9992	3000	44	89	221	400	1623	3279	738	2683
2004	7385	17840	1378	3938	10141	2505	45	91	225	407	1647	3332	749	2726
2005	7255	17548	1353	3874	9962	2464	44	89	221	400	1618	3278	735	2682
2006	7396	17662	1380	3899	10157	2480	45	90	225	403	1650	3299	750	2699
2007	6761	17124	1261	3780	9285	2405	41	87	206	390	1508	3198	685	2617
2008	6841	17518	1276	3867	9394	2460	42	89	208	399	1526	3272	694	2677
2009	6848	27518	1277	3867	9404	2460	42	89	208	399	1527	3272	694	2677
2010	5907	18229	1164	4009	9237	31188	32	101	1003	2894	1047	3017	661	2744
2011	6427	20231	1266	4449	10050	23515	35	112	1091	3211	1139	3348	719	3045
2012	4467	7113	880	1564	6984	8267	24	39	758	1129	792	1177	500	1071
2013	4467	11959	880	2630	6985	13900	24	66	758	1898	792	1979	500	1800
2014	4378	12339	986	2946	7050	19788	375	1125	310	710	1137	2601	550	2000
2015	4300	12567	880	2630	5410	13868	384	1110	442	1117	1010	3294	500	2000

Πίνακας 3: Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας

Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας								
Έτος	Κοζάνη		Γρεβενά		Καστοριά		Φλώρινα	
	ΕΚΤΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓ	ΕΚΤΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓ	ΕΚΤΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓ	ΕΚΤΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓ
	Η	Η	Η	Η	Η	Η	Η	Η
	(στρ.)	(tn)	(στρ.)	(tn)	(στρ.)	(tn)	(στρ.)	(tn)
2000	7537	13886	580	1782	3769	11572	8730	24944
2001	7402	13733	570	1762	4000	12000	8573	24670
2002	7479	13811	576	1772	3739	12000	8662	24810
2003	7500	13414	568	1700	3688	11000	8543	24000
2004	7487	13632	576	1749	3743	11360	8671	24487
2005	7355	13409	566	1721	3677	11174	8518	24087
2006	7498	13496	577	1732	3749	11247	8684	24244
2007	6854	13085	528	1679	3427	10904	7939	23505
2008	6935	13387	534	1718	3468	11155	8032	24047
2009	6942	16386	535	1718	3471	11155	8040	25046
2010	4384	22927	1174	1780	2690	10379	5786	27315
2011	4098	15647	1097	1748	2514	8231	5409	19957
2012	4272	11610	1144	1297	2621	6107	5639	14808
2013	4075	14257	1091	1593	2500	7500	5378	18184
2014	4926	17241	1100	1650	2000	6000	3537	9629
2015	4699	16300	950	1425	2000	6000	3470	11925

Πίνακας 4: Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Ηπείρου

Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Ηπείρου								
Έτος	Ιωάννινα		Πρεβέζα		Θεσπρωτία		Αρτα	
	ΕΚΤΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓ	ΕΚΤΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓ	ΕΚΤΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓ	ΕΚΤΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓ
	Η	Η	Η	Η	Η	Η	Η	Η
	(στρ.)	(tn)	(στρ.)	(tn)	(στρ.)	(tn)	(στρ.)	(tn)
2000	9045	29315	5578	16586	482	2361	8366	9936
2001	8882	28993	5477	16404	474	2335	8216	9827
2002	8974	29158	5534	16497	479	2348	8301	9883
2003	8852	28318	5459	16022	472	2280	8188	9598
2004	8984	28778	5540	16283	479	2317	8310	9754
2005	8825	28308	5442	16016	471	2280	8164	9595
2006	8998	28492	5549	16120	480	2294	8323	9657
2007	8225	27623	5072	15629	439	2224	7608	9363
2008	8322	28260	5132	15989	444	2276	7698	9579
2009	8330	30259	5137	15989	444	2276	7706	11578
2010	7036	20793	4691	18859	504	440	6509	7048
2011	6481	23099	4320	14285	464	489	5995	7829
2012	5846	19065	3897	11790	419	403	5408	6462
2013	6000	19000	4000	11750	430	402	5550	6440
2014	5900	15500	4000	11750	421	392	5550	73
2015	5000	13700	4000	10400	465	935	2000	5750

Πίνακας 5: Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Θεσσαλίας

Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Θεσσαλίας								
'Ετος	Λαρισα		Τρικαλα		Καρδιτσα		Μαγνησια	
	ΕΚΤΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓ	ΕΚΤΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓ	ΕΚΤΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓ	ΕΚΤΑΣ	ΠΑΡΑΓΩΓ
	Η	Η	Η	Η	Η	Η	Η	Η
	(στρ.)	(tn)	(στρ.)	(tn)	(στρ.)	(tn)	(στρ.)	(tn)
2000	914	2337	1055	1620	452	494	354	781
2001	897	2312	1036	1602	444	488	348	772
2002	906	2325	1047	1611	449	491	351	777
2003	894	2258	1033	1565	443	477	347	754
2004	907	2295	1048	1590	449	485	352	766
2005	891	2257	1030	1564	441	477	346	754
2006	909	2272	1050	1575	450	480	352	759
2007	831	2203	960	1527	411	465	322	736
2008	841	2253	971	1562	416	476	326	753
2009	841	2253	972	1562	417	476	326	753
2010	1385	1781	498	299	232	199	451	455
2011	1113	2602	400	436	186	291	362	664
2012	994	2209	357	370	167	247	324	564
2013	2088	6265	750	1050	350	700	680	1600
2014	2448	6584	700	1030	350	1050	915	1954
2015	1940	4271	700	1030	350	1050	528	1229

Πίνακας 6: Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Ιονίων Νήσων

Έτος	Ιόνια Νησιά							
	Λευκάδα		Κέρκυρα		Ζάκυνθος		Κεφαλληνία	
	ΕΚΤΑΣ Η (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓ Η (tn)	ΕΚΤΑΣ Η (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓ Η (tn)	ΕΚΤΑΣ Η (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓ Η (tn)	ΕΚΤΑΣ Η (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓ Η (tn)
2000	1330	1128	16582	19749	980	3510	2804	3441
2001	1306	1115	16284	19532	962	3471	2753	3403
2002	1319	1122	16453	19643	972	3491	2782	3422
2003	1301	1089	16228	19077	959	3391	2744	3324
2004	1321	1107	16471	19388	973	3446	2785	3378
2005	1297	1089	16180	19071	956	3390	2736	3322
2006	1323	1096	16496	19195	975	3412	2789	3344
2007	1209	1063	15080	18609	891	3308	2550	3242
2008	1223	1087	15257	19039	902	3384	2580	3317
2009	1225	1087	15272	29038	902	3384	2582	3317
2010	869	683	13042	23841	580	1912	1797	2031
2011	768	667	11524	13518	512	1868	1588	1983
2012	768	667	11524	13518	512	1868	1588	1983
2013	900	750	13500	15200	600	2100	1860	2230
2014	650	625	13500	117	600	60	1860	30
2015	220	195	15000	21000	600	2100	1860	2230

Πίνακας 7: Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Στερρεάς Ελλάδας

Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Στερρεάς Ελλάδας										
Έτος	Φθιώτιδα		Εύβοια		Βοιωτία		Φοκίδα		Ευρυτανία	
	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)
2000	4744	12869	16627	46356	15075	35563	784	1790	2126	1004
2001	4659	12728	16328	45847	14803	35173	770	1770	2087	993
2002	4707	12800	16498	46107	14957	35373	778	1780	2109	999
2003	4643	12432	16273	44780	14753	34354	767	1729	2080	970
2004	4712	12634	16516	45508	14973	34913	779	1757	2111	986
2005	4629	12427	16224	44764	14709	34342	765	1728	2074	970
2006	4719	12508	16541	45055	14996	34565	780	1740	2114	976
2007	4314	12127	15121	43681	13709	33511	713	1686	1933	946
2008	4365	12406	15299	44689	13870	34284	721	1725	1956	968
2009	4369	12406	15314	45687	13884	36283	722	1725	1958	968
2010	2816	6788	9216	20398	6785	12865	435	788	1178	442
2011	3770	10366	12339	31149	9083	19646	582	1203	1577	675
2012	3598	10401	11778	31252	8670	19711	555	1207	1506	677
2013	3370	9999	11030	30045	8120	18950	520	1160	1410	651
2014	3188	9494	11030	30045	8412	18849	700	1660	1410	7
2015	2999	8090	2853	7771	8532	19298	540	1230	9	4

Πίνακας 8: Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Αττικής

Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Αττικής		
Αττική		
Έτος	ΕΚΤΑΣΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ
	(στρ.)	(tn)
2000	3297	8480
2001	3237	8387
2002	3271	8434
2003	3226	8191
2004	3275	8325
2005	3217	8188
2006	3280	8242
2007	2998	7990
2008	3033	8175
2009	3036	8174
2010	1981	6212
2011	2160	4810
2012	2187	5496
2013	2351	4761
2014	2291	1400
2015	550	1375

Πίνακας 9: Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Πελοποννήσου

Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Πελοποννήσου										
Έτος	Αρκαδία		Λακωνία		Μεσσηνία		Αργολίδα		Κορίνθια	
	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (tn)
2000	13567	62486	5163	0	15602	45515	3015	9257	4296	14503
2001	13323	61800	5070	0	15321	45015	2961	9156	4219	14344
2002	13461	62152	5123	0	15481	45271	2991	9208	4263	14425
2003	13278	60362	5053	0	15269	43967	2951	8943	4205	14010
2004	13476	61344	5128	0	15497	44682	2995	9088	4267	14238
2005	13238	60341	5038	0	15224	43952	2942	8939	4192	14005
2006	13496	60733	5136	0	15521	44237	2999	8997	4274	14096
2007	12338	58881	4695	0	14189	42889	2742	8723	3907	13666
2008	12483	60239	4751	0	14356	43878	2774	8924	3953	13981
2009	12496	60237	4755	0	14370	43876	2777	8924	3957	13981
2010	10832	55562	7005	22697	10980	45871	2757	5556	1379	5278
2011	10590	50824	6849	11614	10735	39215	2696	5082	1348	4828
2012	9081	42720	5873	9763	9204	32963	2311	4272	1156	4058
2013	11000	44000	7114	10055	11150	33950	2800	4400	1400	4180
2014	11000	17159	960	1356	11900	36200	2800	716	1400	3296
2015	8000	36000	7230	10242	8900	22850	265	416	905	2656

Πίνακας 10: Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας

Η εξέλιξη της καλλιέργειας πατάτας κατά τα τελευταία χρόνια στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας						
	Αιτωλοακαρνανία		Αχαΐα		Ηλεία	
'Ετος	ΕΚΤΑΣΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΕΚΤΑΣΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ	ΕΚΤΑΣΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ
	(στρ.)	(tn)	(στρ.)	(tn)	(στρ.)	(tn)
2000	16838	55721	36255	85059	30451	82698
2001	16535	55109	35000	84000	29902	81790
2002	16707	55422	35972	84603	30213	82255
2003	16000	54000	35000	81000	29801	79887
2004	16725	54702	36011	83503	30246	81186
2005	16000	53500	35375	82500	29712	80000
2006	16000	54000	36066	82672	30292	80200
2007	15000	52000	32970	80151	27692	77927
2008	15493	53717	33358	82000	28018	79724
2009	15508	73715	33391	101996	28046	80721
2010	16234	68111	30941	87828	25925	66561
2011	13172	41361	25105	58311	21035	57222
2012	12308	38184	23457	53833	19655	52828
2013	10520	33430	20050	47130	16800	46250
2014	9800	28880	12050	14130	21135	63000
2015	8600	25410	12050	14130	25000	80000

1.2.5.1 Τρόπος πολλαπλασιασμού

Η πατάτα πολλαπλασιάζεται εγγενώς με βοτανικό σπόρο, True Potato Seed (TPS) και αγενώς, με κονδύλους (πατατόσπορος ή seed tuber) ή με μικροπολλαπλασιασμό (in vitro). Ο βοτανικός σπόρος της πατάτας χρησιμοποιείται κυρίως σε ερευνητικά ή βελτιωτικά προγράμματα για τη δημιουργία νέων ποικιλιών (Νικόπουλος, 2004). Ο Βοτανικός σπόρος παράγεται σε ράγες που συνήθως βρίσκονται πολλές μαζί σε ταξικαρπίες και κυμαίνονται από ελάχιστες έως και εκατοντάδες. Κάθε ράγα μπορεί να περιέχει μερικές εκατοντάδες σπόρους. Οι καλύτερες μέσες θερμοκρασίες για εκβλάστηση του Βοτανικού Σπόρου, είναι 15-20° C (Νικόπουλος, 2004).

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος είναι ο αγενής πολλαπλασιασμός με κονδύλους σε όλες τις χώρες του κόσμου και ο λόγος που δεν χρησιμοποιείται ο εγγενής τρόπος είναι η ανομοιομορφία που υπάρχει ανάμεσα στους κόνδυλους του φυτού. Στις περισσότερες χώρες η καλλιέργεια της πατάτας γίνεται με τη φύτευση κονδύλων μικρού μεγέθους (40-90g) που ονομάζεται πατατόσπορος. Η παραγωγή πατατόσπορου παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί χαρακτηριστικά του πατατόσπορου, όπως είναι το γενετικό δυναμικό της ποικιλίας, η υγεία και η φυσιολογική ηλικία του επηρεάζουν σημαντικά τις απόδόσεις. Για επίτευξη καλύτερης παραγωγής αλλά και για λόγους φυτοϋγειονομικούς οι παραγωγοί πρέπει να χρησιμοποιούν πιστοποιημένο πατατόσπορο καταγωγής από τις χώρες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας ή ντόπιο πιστοποιημένο. Η χρήση του πατατόσπορου για τον πολλαπλασιασμό της πατάτας έχει καθιερωθεί παγκοσμίως, διότι προσφέρει ευκολία στη φύτευση και τη συγκομιδή των κονδύλων, η οποία πραγματοποιείται μηχανικά, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο το εργατικό κόστος. Επιπλέον, τα φυτά αναπτύσσονται ταυτόχρονα και το παραγόμενο προϊόν χαρακτηρίζεται από ομοιομορφία και υψηλές απόδόσεις. Παρόλα τα πλεονεκτήματα της χρήσης του πατατόσπορου, η αγορά του είναι ακριβή και εκτοξεύει το κόστος της καλλιέργειας. Υπάρχει όμως και ένα μειονέκτημα που δυσκολεύει την καλλιέργεια της πατάτας με τον αγενή πολλαπλασιασμό. Αυτό είναι ο κίνδυνος της μετάδοσης ασθενειών (μυκητολογικών, βακτηριολογικών και ιολογικών) από τους κονδύλους (πατατόσπορος) στα νέα φυτά. Έτσι λοιπόν για να αποφευχθούν τέτοιου είδους προβλήματα, οι κόνδυλοι που χρησιμοποιούνται για πολλαπλασιασμό προέρχονται από φυτά που έχουν αναπτυχθεί κάτω από αυστηρά μέτρα φυτοπροστασίας. Για να εξασφαλίσουμε γρήγορη και κανονική ανάπτυξη του φυτού, πρέπει ο πατατόσπορος να τοποθετείται σε ευνοϊκό περιβάλλον.

1.2.5.2 Κλιματολογικές συνθήκες

Η πατάτα είναι ένα φυτό το οποίο προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορες κλιματικές συνθήκες. Όμως για να έχουμε μία ικανοποιητική παραγωγή τόσο σε ποιότητα όσο και σε ποσότητα προτιμώνται περιοχές με εύκρατο κλίμα και με σχετικά υψηλή υγρασία όπου οι θερμοκρασίες θα κυμαίνονται από 15 °C έως 20 °C (optimum 17 °C).

Όταν οι θερμοκρασίες ξεπερνούν τους 29 °C ο σχηματισμός των κονδύλων αναστέλλεται και αυτοί που έχουν ήδη σχηματιστεί δεν μπορούν να αυξήσουν τον όγκο τους. Αυτό γίνεται διότι στις υψηλές θερμοκρασίες αυξάνεται η αναπνοή των φυτών και μεγαλώνει η κατανάλωση των υδατανθράκων, με αποτέλεσμα να απόμένει πολύ μικρή ποσότητα για απόθήκευση στο φυτό. Επίσης η ύπαρξη εδαφικής υγρασίας ευνοεί την παραγωγή των κονδύλων με άριστες απόδόσεις σε θερμοκρασία εδάφους και ατμόσφαιρας 17 °C. Επομένως σε περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες (καλοκαίρι) το φυτό αναπτύσσει μόνο το υπέργειο μέρος του χωρίς την ανάλογη ανάπτυξη των κονδύλων του και παρόλο που η άνθιση και η καρποφορία ευνοούνται από μακρά φωτοπερίοδο οι μεγαλύτερες απόδόσεις παίρνονται όταν το μήκος της μέρας δεν ξεπερνά τις 12 ώρες (φθινόπωρο). Για τους παραπάνω λόγους λοιπόν τις μεγάλες μέρες του έτους έχουμε ανάπτυξη του υπέργειου μέρους του φυτού ενώ κατά τις μικρές παίρνουμε μεγαλύτερες απόδόσεις στους κονδύλων. Είναι ένα φυτό που προσβάλλεται εύκολα από τους παγετούς και ευνοείται από μια αυξημένη ατμοσφαιρική υγρασία (Δημητράκης, 1998)

1.2.5.3 Προετοιμασία εδάφους

Για να εγκαταστήσουμε μια καλλιέργεια πατάτας το έδαφος που χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να είναι ελαφρύ, καλά αεριζόμενο και καλά κατεργασμένο. Μία πατατοκαλλιέργεια έχει ευρύ φάσμα αντοχής στα εδάφη, αλλά για να έχουμε την μέγιστη απόδοση του φυτού, τα καταλληλότερα εδάφη είναι τα αμμο-πηλώδη και ιλλο-πηλώδη, πλούσια σε οργανική ουσία. Επίσης το φυτό δρα καλύτερα και αναπτύσσεται σε όξινα εδάφη με pH που κυμαίνεται από 5 έως 6,5. Επιπλέον η πατάτα είναι ένα φυτό το οποίο έχει μεγάλες απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία, γι' αυτό και συνιστάται η εναλλαγή καλλιεργειών σε ένα σύστημα πολυετούς αμειψισποράς με σιτηρά ή ψυχανθή, η οποία μπορεί να μας δώσει πολύ καλές απόδόσεις.

1.2.5.4 Φύτευση

Η φύτευση του πατατόσπορου μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, χειρωνακτικά ή μηχανικά. Ο πρώτος τρόπος αναφέρεται στην φύτευση της πατάτας με το χέρι σε αντίθεση με τον δεύτερο τρόπο που χρησιμοποιούνται αυτόματες ή ημιαυτόματες μηχανές φύτευσης.



Εικόνα 46



Εικόνα 47



Εικόνα 48



Εικόνα 49

Οι πατατοφυτευτικές μηχανές εισάγουν τους κονδύλους με γραμμική μέθοδο ταυτόχρονα σε δύο ή περισσότερες σειρές στο έδαφος και παράλληλα εφαρμόζουν λίπανση δίπλα στις γραμμές φύτευσης σε περίπτωση που δεν έχει προηγηθεί η βασική. Οι απόστάσεις φύτευσης διαφοροποιούνται ανάλογα με τους τύπους του εδάφους που χρησιμοποιούνται και το μέγεθος του πατατόσπορου. Για παράδειγμα σε αρκετά γόνιμα εδάφη με υψηλή υγρασία η απόσταση των γραμμών θα κυμαίνεται από 60-90 cm και η απόσταση των κονδύλων επί της γραμμής από 25 έως 30 cm. Επίσης το βάθος φύτευσης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για το φυτό διότι στα βαριά και συνεκτικά εδάφη οι κόνδυλοι τοποθετούνται πιο κοντά στην επιφάνεια (7-10 cm) για γίνει πιο εύκολο το φύτωμα ενώ στα ελαφριά το βάθος φύτευσης είναι από 12-15 cm.

1.2.5.5 Άρδευση

Η πατάτα είναι ένα φυτό το οποίο είναι πολύ απαιτητικό σε νερό, γι' αυτό και αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες για την εξασφάλιση μίας αποδοτικότερης καλλιέργειας. Το νερό είναι ένας από τους βασικότερους παράγοντες για μια πετυχημένη και αποδοτική πατατοκαλλιέργεια. Η έλλειψη του νερού επηρεάζει την παραγωγή λόγω μείωσης της φωτοσύνθεσης, περιορίζει την ανάπτυξη της καλλιέργειας και επιταχύνει τη γήρανσή της (Zhoum κ.α 2018).

Τα κριτήρια τα οποία καθορίζουν τις ανάγκες του φυτού σε νερό είναι τα εξής: οι κλιματολογικές συνθήκες, η εποχή, το έδαφος, η λίπανση, η πυκνότητα των φυτών, η ποικιλία και το στάδιο ανάπτυξής του που είναι και το κυριότερο.

Κατά τη φύτευση το έδαφος θα πρέπει να βρίσκεται στο ρώγο του. Η έλλειψη νερού μπορεί να προκαλέσει ακανόνιστο και καθυστερημένο φύτρωμα, καθώς και μείωση του αριθμού στελεχών ανά φυτό. Μετά τη φύτευση και πριν το φύτρωμα ο πατατόσπορος δεν πρέπει να βρίσκεται σε πολύ υγρό έδαφος γιατί υπάρχει κίνδυνος να σαπίσει. Στην περίοδο διόγκωσης των κονδύλων η καλλιέργεια έχει ανάγκη από άφθονο νερό για μεγάλη και καλής ποιότητας παραγωγή. Η άρδευση μπορεί να γίνει με αυλάκια ή με τεχνητή βροχή. Στο στάδιο της ωρίμανσης η έλλειψη νερού μπορεί να προκαλέσει πολύ μικρές επιδράσεις έως και μηδενικές. Επομένως από το στάδιο της ωρίμανσης και έπειτα, μέχρι και πριν το στάδιο της συγκομιδής η ποσότητα της άρδευσης μπορεί να μειωθεί αλλά σε πολύ μικρό βαθμό.

Μέθοδοι ποτίσματος



Εικόνα 50



Εικόνα 51



Εικόνα 52

- **Άρδευση με κατάκλυση:** Είναι μία μέθοδος άρδευσης με μικρό κόστος επένδυσης. Ένα πλεονέκτημα είναι συγκεντρώνει μεγάλη ποσότητα νερού στο έδαφος χωρίς να διαβρέχει τα φύλλα με αποτέλεσμα την μείωση προσβολής του περονόσπορου. Όμως αυτή η μέθοδος έχει και ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα, το οποίο είναι η ανικανότητα

άρδευσης σε μικρές δόσεις, κάτι το οποίο χρειάζεται το φυτό στην αρχή της ανάπτυξής του

- **Άρδευση με καταιονισμό:** Με την μέθοδο αυτή χρησιμοποιούμε καταιονιστήρες (μπεκ) διαφόρων τύπω.
- **Στάγδην άρδευση:** Το σύστημα της στάγδην άρδευση εφαρμόζεται κυρίως σε καλλιέργειες με εδαφοκάλυψη.

1.2.5.6 Συγκομιδή

Ο τρόπος με το οποίο συγκομίζονται οι κόνδυλοι μίας καλλιέργειας πατάτας καθώς και η κατάλληλη χρονική στιγμή που θα συγκομιστούν εξαρτάται κυρίως από το στάδιο ωρίμανσης των κονδύλων (90-130 μέρες), την πρωιμότητα της ποικιλίας και τέλος την εμπορική ιδιότητα του προϊόντος (chips,οικιακή χρήση). Επίσης από τα παραπάνω κριτήρια επηρεάζεται άμεσα και η εμπορική του αξία. Επομένως μια καλή πρακτική για να βελτιωθεί η εμπορική αξία των κονδύλων είναι η καταστροφή του υπέργειου μέρους του φυτού (φλόγα υγραερίου, ψεκασμοί, αποκοπή μηχανικά) και η παύση των ποτισμάτων 10 ημέρες πριν τη συγκομιδή με αποτέλεσμα την σκλήρυνση της επιδερμίδας τους χωρίς να ξεφλουδίζεται με το χέρι και την καλύτερη διατήρηση τους στο στάδιο της αποθήκευσης.

Η συλλογή των κονδύλων από το έδαφος γίνεται με είτε με το χέρι είτε μηχανικά (πατατοεξαγωγέας) που είναι και ο πιο διαδεδομένος τρόπος στην Ελλάδα. Στην συνέχεια γίνεται μία πρώτη διαλογή στο χωράφι από εργάτες όπου διαχωρίζονται οι κόνδυλοι από ξένες ύλες (φύλλα χώματα) και αποθηκεύονται σε πλαστικά τελάρα. Έπειτα οδηγούνται στο συσκευαστήριο για μία δεύτερη και πιο εξειδικευμένη διαλογή ώστε να γίνει η εξαγωγή τους στο εμπόριο για κατανάλωση.

1.2.5.7 Χρήσεις της πατάτας

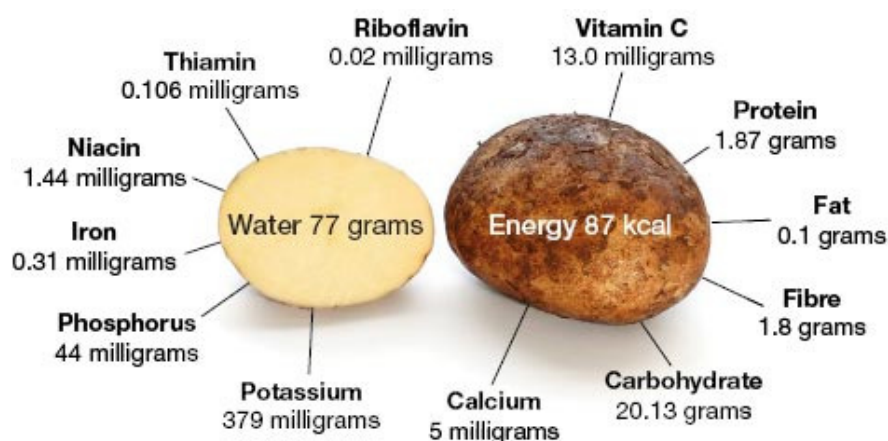
Η πατάτα παράγει τη μεγαλύτερη ποσότητα θρεπτικής τροφής πιο γρήγορα από κάθε άλλη καλλιέργεια, καταλαμβάνοντας μικρότερη καλλιεργήσιμη έκταση γης και κάτω από τις πιο δύσκολες κλιματολογικές συνθήκες. Αποτελεί το δεύτερο σε σημασία λαχανοκομικό φυτό στη χώρα μας μετά την τομάτα. Είναι ένα από τα πιο θρεπτικά και υγιεινά φυτά, συγχρόνως και από τα πιο φθηνά, γεωργικά προϊόντα. Η πατάτα είναι αμυλώδες λαχανικό. Μία μέση πατάτα έχει περίπου 140-170 θερμίδες.

- Η πατάτα ως προϊόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους, όπως ως:
 - τροφή του ανθρώπου,
 - τροφή των ζώων
 - πρώτη ύλη βιομηχανιών

Ως τροφή του ανθρώπου

Οι πατάτες για τις εύκρατες περιοχές της υδρογείου αποτελούν το πολυτιμότερο μετά το σιτάρι, γεωργικό προϊόν. Καταναλώνεται είτε νωπή είτε με τη μορφή προϊόντων που έχουν προέλθει από βιομηχανική επεξεργασία (τσιπς, σνακ, κατεψυγμένη, προτηγανισμένη κλπ.). Οι πατάτες αποτελούν πηγή φυτικών ινών, οι οποίες συμβάλλουν στο αίσθημα κορεσμού.

Το κύριο θρεπτικό συστατικό της πατάτας που παρέχει ενέργεια είναι οι υδατάνθρακες, που είναι σε μορφή αμύλου. Οι υδατάνθρακες αποτελούν την πρωταρχική πηγή ενέργειας για το σώμα. Το πλεονέκτημα της πρόσληψης υδατανθράκων από τις πατάτες είναι η λήψη και μιας αξιόλογης ποσότητας ορισμένων μικροθρεπτικών συστατικών. Οι πατάτες περιέχουν μια μικρή ποσότητα πρωτεΐνης και πολλές φυτικές ίνες. Επίσης περιέχουν επίσης βιταμίνη C. Υπάρχουν αρκετές διαφορετικές βιταμίνες του συμπλέγματος B και οι πατάτες αποτελούν σημαντική πηγή αρκετών από αυτές (νιασίνη, θειαμίνη, ριβοφλαβίνη, πυριδοξίνη) οι οποίες βρίσκονται κυρίως στην φλούδα της πατάτας. Είναι πολύ πλούσιες σε κάλιο. Οι πατάτες από τη φύση τους δεν περιέχουν νάτριο. Η πατάτα έχει υψηλό δείκτη κορεσμού.



Εικόνα 53 (Source: United States Department of Agriculture, National Nutrient Database)

Γενικά, η πατάτα συγκαταλέγεται στα αμυλούχα τρόφιμα και αποτελεί καλή πηγή καλίου, βιταμίνης C και βιταμίνης B6. Επιπλέον, περιέχει μικρές ποσότητες θειαμίνης, νιασίνης καθώς και απαραίτητων μετάλλων, όπως το μαγνήσιο και το μαγγάνιο. Η θρεπτική αξία της πατάτας είναι σημαντική, ωστόσο επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο παρασκευής της, αλλά και από τις συνθήκες και τη διάρκεια συντήρησής της

Ως τροφή των ζώων

Μικροποσότητες πατάτας χρησιμοποιούνται ως κτηνοτροφή, κυρίως οι μεγάλοι κόνδυλοι που δεν είναι εμπορεύσιμοι, είτε γιατί έχουν πληγωθεί κατά την εξαγωγή τους είτε γιατί έχουν πολύ ακανόνιστο σχήμα.

Υπολογίζεται ότι από τη συνολική πατατοπαραγωγή, στην Ελλάδα διατίθεται για την κτηνοτροφία 2 — 4 %. Οι πατάτες μπορούν να δοθούν ως κόνδυλοι, ως πατατάλευρο ή ως ξηρές πατάτες. Τα οينوπνευματοποιία που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη πατάτες, παράγουν υποπροϊόντα πολτώδη υλικά, που και αυτά χρησιμοποιούνται ως τροφή των ζώων.

Ως πρώτη ύλη βιομηχανιών

Για τον σκοπό αυτό καλλιεργούνται ειδικές ποικιλίες όψιμες, πολύ παραγωγικές, πλούσιες σε άμυλο. Τα κύρια βιομηχανικά προϊόντα είναι το άμυλο και η αλκοόλη. Τα υποπροϊόντα της αμυλοβιομηχανίας χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα, άλλα τα δε υπολείμματα της ως ζωοτροφές. Η αλκοόλη από πατάτες χρησιμοποιείται για παραγωγή οينوπνευματωδών ποτών (ούζο, λικέρ κλπ). Από 100 κιλά πατάτες παράγονται 12 κιλά οινόπνευμα. Από 1 στρέμμα πατατοκαλλιέργειας υπολογίζεται ότι παράγονται 200 — 300 κιλά οινόπνευμα. Επίσης το άμυλο της πατάτας χρησιμοποιείται για παραγωγή βουτυλικής αλκοόλης, ακετόνης και άλλων ουσιών που ενδιαφέρουν την αρωματοποιία και τα καλλυντικά. Το υπέργειο τμήμα του φυτού μετά την συγκομιδή, εφόσον δεν χρησιμοποιείται αλλιώς μετατρέπεται σε φυτικό λίπασμα.

1.2.6 Βασικές έννοιες

1.2.6.1 Εξατμισοδιαπνοή

Με τον όρο «εξατμισοδιαπνοή» εννοούμε την απώλεια νερού στην ατμόσφαιρα λόγω της εξάτμισης απευθείας από την επιφάνεια του εδάφους και λόγω της διαπνοής των φυτών.

Η εξάτμιση και η διαπνοή είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων που έχουν σχέση με τα χαρακτηριστικά των καλλιεργειών, τη διαθεσιμότητα ενέργειας και την κατάσταση που επικρατεί στην ατμόσφαιρα στην περιοχή του φυλλώματος των καλλιεργειών. Η κύρια πηγή ενέργειας για τα φυτά είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Ενώ η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία είναι παράγοντες οι οποίοι διαμορφώνουν την κατάσταση που επικρατεί στην ατμόσφαιρα.

Ως εξάτμιση ορίζεται η διαδικασία κατά την οποία το νερό εξατμίζεται κατευθείαν από την επιφάνεια του εδάφους. Κατά την αξιολόγηση της εξάτμισης πρέπει να εξεταστούν οι κλιματολογικές παράμετροι της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ταχύτητας του αέρα. Ενώ ως διαπνοή ορίζεται η διαδικασία εκείνη κατά την οποία το νερό που παίρνει το φυτό από το έδαφος το απόβάλλει στην συνέχεια προς τον ατμοσφαιρικό αέρα. Η διαπνοή συνίσταται από την εξάτμιση του νερού που περιέχεται στους φυτικούς ιστούς και από την μετακίνηση υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Κατά την διαπνοή, τα φυτά χάνουν κυρίως το νερό τους μέσω των στοματιών. Αυτά είναι μικρά ανοίγματα στο φύλλο του φυτού μέσω των οποίων περνούν τα αέρια και ο υδρατμός. Ελέγχουν την εξάτμιση που συμβαίνει μέσα στο φύλλο, δηλαδή στα μεσοκυττάρια διαστήματα και την ανταλλαγή υδρατμών με την ατμόσφαιρα.

Ανάλογα με την περίπτωση της εξάτμισης, όταν πρόκειται να αξιολογηθεί η διαπνοή πρέπει να εξεταστούν η ακτινοβολία, η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα. Ακόμη δε κάποιος πρόσθετος παράγοντας όπως είναι ο τύπος της καλλιέργειας, οι περιβαλλοντολογικοί παράγοντες αλλά και οι διάφορες πρακτικές της καλλιέργειας κρίνεται σκόπιμο να εξεταστούν καθώς επηρεάζουν σημαντικά το ποσοστό της διαπνοής.

Για την εξατμισοδιαπνοή χρησιμοποιούνται δύο κυρίως εκφράσεις, οι οποίες είναι: η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ET_c) και η βασική ή δυναμική εξατμισοδιαπνοή (ET_r).

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή αναφέρεται στην πραγματική ποσότητα υδρατμών που απόδίδεται στην ατμόσφαιρα από συγκεκριμένες καλλιέργειες κάτω από πραγματικές κλιματολογικές και υγρασιακές συνθήκες εδάφους. Ενώ η βασική ή δυναμική εξατμισοδιαπνοή αναφέρεται στην εξατμισοδιαπνοή

που μπορεί να προέλθει από ένα έδαφος που έχει υψηλή υγρασία και το οποίο καλύπτεται πλήρως από φυτική βλάστηση.

Η διαφοροποίηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (ET_c) από τη βασική εξατμισοδιαπνοή (ET_r) εκφράζεται από το φυτικό συντελεστή (K_c), έτσι που διαμορφώνεται η σχέση: $ET_c = K_c \cdot ET_r$

Οι φυτικοί συντελεστές προσδιορίζονται πειραματικά, διαφέρουν από καλλιέργεια σε καλλιέργεια αλλά και για την ίδια την καλλιέργεια διαφοροποιούνται κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου.

Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή

- **Φυτικοί παράγοντες**

- 1. Το είδος του φυτού**

Το μέγεθος της εξατμισοδιαπνοής αλλά και ο τρόπος όπου κατανέμεται αυτή διαφοροποιείται από φυτό σε φυτό. Παράγοντες όπως οι συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον, οι διαφορετικές εποχές που αναπτύσσονται τα διάφορα είδη φυτών, οι διαφορές στο βάθος και στην πυκνότητα των ριζικών συστημάτων των φυτών αλλά και στα ύψη τους συντελούν κυρίως στην κατάσταση αυτή, δηλαδή στην διαφοροποίηση της εξατμισοδιαπνοής.

Έτσι, ύστερα από διάφορες έρευνες που έγιναν πάνω στο θέμα αυτό, ο Penman (1956) κατέληξε σε δύο διαπιστώσεις: α) Ότι καλλιέργειες με παραπλήσια χαρακτηριστικά οι οποίες αναπτύσσονται με επαρκή υγρασία και το φύλλωμά τους διαμορφώνεται σε χαμηλά επίπεδα με τέτοιο τρόπο που έχει ως αποτέλεσμα να καλύπτεται πρακτικά όλη η επιφάνεια του εδάφους, έχουν την ίδια εξατμισοδιαπνοή ανεξάρτητα από το φυτικό είδος που ανήκουν και τα χαρακτηριστικά του εδάφους στο οποίο καλλιεργούνται. β) Υπό αυτές τις συνθήκες που αναφέρθηκαν, τόσο το μέγεθος αλλά και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής εξαρτώνται μόνο από τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα.

Την ανακλαστικότητα του φυλλώματος

Η ανακλαστικότητα (albedo) τόσο του φυλλώματος αλλά και του εδάφους, είναι αυτή η οποία συντελεί στον καθορισμό του ύψους της ηλιακής ακτινοβολίας που θα απορροφηθεί από τις επιφάνειες κι έτσι κατά τρόπο ανάλογο θα επηρεαστεί και η εξατμισοδιαπνοή. Παράγοντες όπως το χρώμα αλλά και η τραχύτητα της επιφάνειας που δέχεται την ακτινοβολία, επηρεάζουν την ανακλαστικότητα.

Παρατηρήσεις που έγιναν από τον Monteith (1959) και τον Haise et al. (1963) έδειξαν ότι η ανακλαστικότητα για τις πυκνά φυτεμένες καλλιέργειες κυμαίνεται από 20-30% και για το γυμνό έδαφος, ανάλογα με τη σύστασή του και την περιεχόμενη υγρασία, από 11-23%. Έτσι, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των φυτών, την πυκνότητά τους, το έδαφος και την περιεχόμενη υγρασία σε αυτό, το μέγεθος της απόρροφούμενης ακτινοβολίας από μια καλλιέργεια, μπορεί να διαφέρει λίγο ή πολύ, με ανάλογη επίπτωση στην εξατμισοδιαπνοή.

2. Το ποσοστό καλύψεως του εδάφους από το φύλλωμα

Σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση της εξατμισοδιαπνοής ασκεί το ποσοστό του εδάφους που καλύπτεται από μια καλλιέργεια. Η επίδραση αυτή οφείλεται σε δύο κυρίως αιτίες. Η μία έχει σχέση με την ενέργεια που απορροφάται από την καλλιέργεια και η άλλη έχει σχέση με την αναλογία της εξάτμισης από το έδαφος και της διαπνοής από τα φυτά, που διαμορφώνουν την τελική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας.

Στην περίπτωση της ενέργειας μπορούμε να πούμε ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό φυτοκάλυψης τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που απορροφάται και είναι διαθέσιμη για εξάτμιση και διαπνοή.

Ενώ σχετικά με την εξάτμιση η οποία μπορεί να προέρχεται είτε από την εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια του εδάφους, όταν περιέχεται υγρασία στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους, είτε από την εξάτμιση που προέρχεται από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους, κυρίως με τη μορφή υδρατμών, όταν το έδαφος είναι ξηρό καταλήγουμε στο εξής συμπέρασμα. Ο ρυθμός της εξάτμισης διαμορφώνεται από την ένταση της κίνησης αυτής, που είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών του εδάφους και είναι πολύ περιορισμένος.

Ενώ η διαπνοή, η οποία δεν επηρεάζεται από την υγρασία της επιφάνειας του εδάφους αλλά από το αποθηκευμένο νερό στη ζώνη του ριζοστρώματος, θα εξαρτάται από τις συνθήκες της περιβάλλουσας προς το φύλλωμα ατμόσφαιρας και ο ρυθμός της θα είναι ανεξάρτητος από την υγρασία της επιφάνειας του εδάφους.

Συμπερασματικά λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι η εξατμισοδιαπνοή γίνεται μεγαλύτερη όσο το ποσοστό κάλυψης της επιφάνειας του εδάφους από το φύλλωμα των φυτών είναι μεγάλο.

Μετά από πολλές παρατηρήσεις, σύμφωνα με τον Παπαζαφειρίου (1999), οι Marlatt (1961), Tannen (1963), Swan et al.(1963), κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι για τις

περισσότερες καλλιέργειες, όταν το ποσοστό φυτοκάλυψης πλησιάζει το 70%, η εξατμισοδιαπνοή λίγο διαφέρει από όταν η κάλυψη αυτή είναι 100%.

3. Το ύψος των φυτών

Γενικά, τα υψηλά φυτά παρουσιάζουν πιο έντονη εξατμισοδιαπνοή από ότι τα χαμηλά. Αυτό οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους, είτε στην αεροδυναμική κατάσταση της ατμόσφαιρας στη περιοχή του φυλλώματος είτε στο γεγονός ότι τα υψηλά φυτά εκτός από την άμεση δέχονται και περισσότερη, σε σχέση με τα μικρά φυτά, ακτινοβολία από το έδαφος, η οποία χρησιμοποιείται για την διαπνοή.

4. Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος

Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος των φυτών επηρεάζουν έμμεσα την εξατμισοδιαπνοή, ανάλογα με την περιεχόμενη υγρασία στο έδαφος και τα χαρακτηριστικά του εδάφους.

Σε υγρά εδάφη, τόσο τα φυτά τα οποία έχουν αβαθές και αραιό ριζικό σύστημα καθώς και τα φυτά με βαθύ πυκνό ριζικό σύστημα μπορούν και αντλούν εύκολα την εδαφική υγρασία η οποία είναι άφθονη.

Όμως δεν συμβαίνει το ίδιο στα ξηρά και ημίξηρα κλίματα και σε εδάφη που είναι συνεκτικά. Στην περίπτωση αυτή, τα φυτά με βαθύ και πυκνό ριζικό σύστημα παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξατμισοδιαπνοή, εκμεταλλεύονται δηλαδή καλύτερα την εδαφική υγρασία, σε σχέση με εκείνα τα οποία έχουν αραιό και αβαθές ριζικό σύστημα.

5. Το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας

Η εξατμισοδιαπνοή δεν είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου των καλλιεργειών. Αυτό οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως στις διαφοροποιήσεις των καιρικών συνθηκών που επικρατούν κατά τη βλαστική περίοδο, στις διαφοροποιήσεις ως προς την ένταση της καθαρής ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η καλλιέργεια καθώς και στην φυσιολογία των φυτών.

Αύξηση της εξατμισοδιαπνοής με γρήγορο ρυθμό παρατηρείται από το φύτευμα μέχρι την πλήρη ανάπτυξη της καλλιέργειας, έπειτα διατηρείται σταθερή για ένα χρονικό διάστημα κι έπειτα ελαττώνεται. Η αύξηση που παρατηρείται κατά την περίοδο

ανάπτυξης οφείλεται κυρίως στη μεταβολή του ποσοστού φυτοκάλυψης του εδάφους ενώ η ελάττωση, που παρατηρείται αντίστοιχα στα τελευταία στάδια της βλαστικής περιόδου, οφείλεται στις φυσιολογικές διαφοροποιήσεις των φυτών.

- **Κλιματικοί παράγοντες**

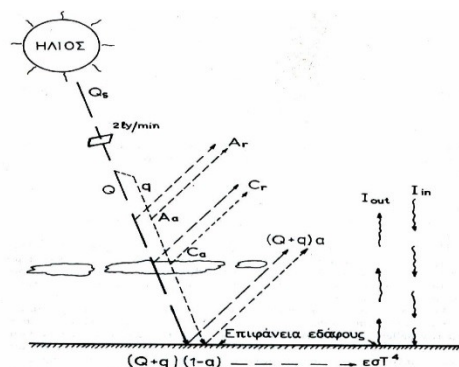
- 1. Ηλιακή ακτινοβολία**

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι η μεγαλύτερη πηγή ενέργειας και είναι σε θέση να τροποποιήσει μεγάλες ποσότητες νερού από την υγρή στην αέρια φάση, ακόμη δε συμμετέχει στις βιολογικές ανάγκες του φυτού όπως στη διαπνοή και στη φωτοσύνθεση. Το δυνατό ποσό της ακτινοβολίας που μπορεί να φτάσει στην επιφάνεια στην οποία πραγματοποιείται η εξάτμιση καθορίζεται από την θέση του ήλιου και την εποχή του έτους. Λόγω των διαφορών στη θέση του ήλιου, η ακτινοβολία διαφέρει στα διάφορα γεωγραφικά πλάτη και στις διάφορες εποχές του έτους.

Κατά την αξιολόγηση της επίδρασης που έχει η ηλιακή ακτινοβολία στην εξατμισοδιαπνοή, πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι δεν χρησιμοποιείται όλη η διαθέσιμη ενέργεια για την εξάτμιση του νερού. Μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιείται τόσο για την θέρμανση της ατμόσφαιρας αλλά και της τομής του εδάφους.

Η γη δέχεται στην επιφάνεια της την ηλιακή ακτινοβολία και εκπέμπει, μέσω αυτής, ακτινοβολία προς το περιβάλλον. Η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στη γη είναι ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος ενώ η ακτινοβολία που εκπέμπει η γη προς το περιβάλλον είναι ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος.

Στην κορυφή όμως της γήινης ατμόσφαιρας φθάνει η εξωγήινη ακτινοβολία (Q_s), η οποία κατά την κίνηση της προς την επιφάνεια της γης υφίσταται κάποιες διαφοροποιήσεις, οι οποίες φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 54 (Απεικόνιση των στοιχείων που απαρτίζουν το ισοζύγιο της ηλιακής ακτινοβολίας (Παπαζαφειρίου Γ. Ζαφείρη (1998)))

Έτσι λοιπόν, αφού η εξωγήινη ακτινοβολία μπει στην γήινη ατμόσφαιρα ακολουθείται η εξής πορεία σύμφωνα με τον Παπαζαφειρίου (1998). «Ένα μέρος αυτής συνεχίζει κανονικά την πορεία της προς την επιφάνεια της γης (Q), ένα άλλο φθάνει σε αυτή αφού πρώτα διαχυθεί στην ατμόσφαιρα (q), μέρος ανακλάται και διαχέεται προς τα έξω από τα σύννεφα (C_r) και τα στερεά σωματίδια και υδρατμούς της ατμόσφαιρας (A_r) και ένα άλλο μέρος απορροφάται από τα σύννεφα (C_a) και τα στερεά σωματίδια (A_a). Όταν η απευθείας (Q) και η διάχυτη (q) ηλιακή ακτινοβολία φθάσουν στο έδαφος, ένα μέρος ανακλάται προς το περιβάλλον σαν συνέπεια της ανακλαστικότητας (a) της επιφάνειας του».

Τέλος, από την ενέργεια που φθάνει στην επιφάνεια της γης ένα μέρος της είτε ακτινοβολείται πίσω προς το περιβάλλον, η ακτινοβολία αυτή είναι γνωστή ως γήινη ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (I_{out}) είτε επανακάμπει στην επιφάνεια της γης με τη μορφή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (I_{in}).

Η ακτινοβολία τελικά που μένει στη γη κι ονομάζεται καθαρή ακτινοβολία (R_n), θα δίνεται από τη σχέση:

$$R_n = (Q + q) \cdot (1-a) + I_{in} - I_{out}$$

Η μονάδα που χρησιμοποιείται για να εκφράσει την ενέργεια που παραλαμβάνεται σε μια μονάδα επιφάνειας ανά μονάδα χρόνου είναι τα megajoules ανά τετραγωνικό μέτρο ανά ημέρα ($MJ m^{-2} day^{-1}$).

2. Θερμοκρασία του αέρα

Η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από την ατμόσφαιρα και η θερμότητα που εκπέμπεται από τη γη αυξάνουν τη θερμοκρασία του αέρα. Η αισθητή θερμότητα του περιβάλλοντος αέρα μεταφέρει ενέργεια στην καλλιέργεια και αναπτύσσει υπό αυτήν την μορφή μια ελεγχόμενη επιρροή στο ποσοστό της εξατμισοδιαπνοής.

Στις χαμηλές θερμοκρασίες η απώλεια νερού κατά την εξατμισοδιαπνοή, δηλαδή η κατανάλωση νερού από τις καλλιέργειες είναι μικρότερη απ' ό,τι συμβαίνει στις υψηλές θερμοκρασίες.

3. Σχετική υγρασία του αέρα

Ως σχετική υγρασία του αέρα ορίζεται ο λόγος της μάζας των υδρατμών που περιέχονται σε δεδομένο όγκο προς τη μάζα των υδρατμών που θα έπρεπε να περιέχει ο ίδιος όγκος για να είναι κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία. Υψηλή σχετική υγρασία του αέρα θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της εξατμισοδιαπνοής ενώ στην αντίθετη περίπτωση θα έχουμε την αύξηση αυτής.

Η σχετική υγρασία είναι αδιάστατο μέγεθος και εκφράζεται συνήθως σε ποσοστό επί τοις εκατό. Κι αυτό διότι ο λόγος μέσα από τον οποίο εκφράζεται είναι πάντα μικρότερος της μονάδας, εκτός της εξαιρετικά σπάνιας περίπτωσης όπου έχουμε υπερκορεσμένο αέρα. Η σχετική υγρασία μετριέται με τα υγρόμετρα αλλά και τους υγρογράφους.

Με τα υγρόμετρα προσδιορίζεται απευθείας η σχετική υγρασία του αέρα. Η λειτουργία τους βασίζεται στην ιδιότητα που έχει μια δέσμη τριχών να μεταβάλλει το μήκος της ανάλογα με τη σχετική υγρασία του αέρα.

Στους υγρογράφους η καταγραφή της σχετικής υγρασίας επιτυγχάνεται με τη μεταβίβαση των μεταβολών του μήκους μιας δέσμης τριχών, λόγω της μεταβολής της σχετικής υγρασίας, σε ένα στέλεχος, με τη βοήθεια ενός συστήματος μοχλών. Στην άκρη του στελέχους υπάρχει μία γραφίδα, που καταγράφει τις μεταβολές αυτές σε μια χάρτινη ταινία η οποία είναι κατάλληλα βαθμολογημένη. Η ταινία αυτή είναι τυλιγμένη πάνω σε ένα κυλινδρικό τύμπανο, το οποίο περιστρέφεται με τη βοήθεια ωρολογιακού μηχανισμού, που υπάρχει στο εσωτερικό του.

1. Ταχύτητα του ανέμου

Ο άνεμος χαρακτηρίζεται από δύο στοιχεία, την διεύθυνση του και την ένταση του. Η διεύθυνση του είναι το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ενώ η ένταση του είναι η ταχύτητα με την οποία κινείται. Με την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου αυξάνεται αντίστοιχα και η εξατμισοδιαπνοή ενώ μείωση αυτής συνεπάγεται αντίστοιχα και μείωση στην εξατμισοδιαπνοή.

Μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής

Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής υπάρχουν πολλές μέθοδοι, οι οποίες διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, στις άμεσες και στις έμμεσες. Οι άμεσες

μέθοδοι στηρίζονται στην απευθείας μέτρηση της μεταβολής της υγρασίας του εδάφους ενώ οι έμμεσες στηρίζονται στην εφαρμογή κάποιων εμπειρικών σχέσεων ή τύπων που έχουν αναπτυχθεί κάτω από ορισμένες συνθήκες. Για το λόγο αυτό κατά τη χρήση των έμμεσων μεθόδων πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή. Έτσι οι εμπειρικοί τύποι που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν καλό είναι να συγκρίνονται με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα πειράματα, να διορθώνονται ανάλογα με τις συνθήκες της περιοχής του πειράματος και στη συνέχεια να εφαρμόζονται διορθωμένοι, σε περιοχές που έχουν παρόμοια κλιματολογικά χαρακτηριστικά.

Τροποποιημένη μέθοδος των Blaney-Griddle

Οι Blaney-Griddle κατάρτισαν απλουστευμένους τύπους για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής, η εφαρμογή των οποίων δεν απαιτεί την συλλογή μεγάλου αριθμού στατιστικών και μετεωρολογικών στοιχείων και αυτός είναι ο λόγος που κατά το παρελθόν είχαν επικρατήσει αυτοί οι τύποι στην Ελλάδα.

Οι μέθοδοι των Blaney-Griddle αναπτύχθηκαν με δύο μορφές, την τροποποιημένη και την απλοποιημένη.

Οι Pruitt και Doorenbos (1977) επέκτειναν την σχέση που είχε διατυπωθεί από τους Blaney-Griddle για οποιεσδήποτε κλιματικές συνθήκες. Εντούτοις, κρίνοντας ότι η θερμοκρασία του αέρα και οι ώρες της ημέρας που υπάρχει φως δεν επαρκούν προκειμένου να περιγράψει ικανοποιητικά το κλίμα μιας περιοχής, το οποίο ασκεί καθοριστικό ρόλο στο πόσο νερό θα καταναλώνουν οι καλλιέργειες, θεώρησαν ότι πρέπει να ληφθούν υπόψιν και άλλοι βασικοί παράγοντες. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψιν την επίδραση της μέσης ελάχιστης ημερήσιας σχετικής υγρασίας του αέρα (RH_{min}), της μέσης ηλιοφάνειας-η οποία εκφράζεται από το λόγο n/N , όπου n είναι η πραγματική ηλιοφάνεια και N η θεωρητική - και της μέσης ημερήσιας ταχύτητας του αέρα σε απόσταση δύο μέτρα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους ($U_2=m\text{sec}$)

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή είναι:

$$ET_c = K_c \cdot ET_r$$

$$ET_r = a + b \cdot F \text{ mm/ημέρα. όπου:}$$

$$F = (0,46 T + 8,16) \cdot (P: \mu)$$

$$a = 0,0043 (RH_{min}) - (n/N) - 1,41$$

$$T = \text{η μέση θερμοκρασία του αέρα σε } ^\circ\text{C.}$$

P = μηνιαίο ποσοστό διάρκειας των ωρών ημέρας σε εκατοστά του συνόλου των ωρών ημέρας του έτους, που παίρνεται από τον πίνακα.

μ = ο αριθμός ημερών του μελετώμενου μήνα.

R_{hmin} = η ελάχιστη σχετική υγρασία του αέρα %.

N = η θεωρητική ηλιοφάνεια σε h / ημέρα, που παίρνεται από τον πίνακα 7.

n = η πραγματική ηλιοφάνεια σε h / ημέρα η οποία παίρνεται από τον πίνακα 15.

b = συντελεστής, που παίρνεται από τον πίνακα 16, ως συνάρτηση του R_{hmin} , του n/N και του $u_d = u_2$, που είναι η ταχύτητα του ανέμου 2 m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους σε m/s.

Και στην τροποποιημένη μέθοδο των Blaney - Criddle, ο φυτικός συντελεστής K_c παίρνεται από τους ίδιους αναλυτικούς πίνακες που χρησιμοποιούνται για τη μέθοδο του Penman.

Με τον υπολογισμό της βασικής εξατμισοδιαπνοής μέσα από την παραπάνω μέθοδο είναι έπειτα εύκολος κι ο υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (ET_c). Με τις μεθόδους των Blaney-Griddle, οι υπολογισμοί που γίνονται για την βασική εξατμισοδιαπνοή θα πρέπει να είναι τουλάχιστον για την περίοδο ενός μήνα.

Κατά τις μεθόδους αυτές, η κύρια κλιματική παράμετρος είναι η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Για το λόγο αυτό κατά τη χρήση αυτών των μεθόδων απαιτείται προσοχή, ιδιαίτερα όταν πρόκειται να εφαρμοστούν σε νησιά και παράκτιες περιοχές, σε μεγάλα υψόμετρα και σε μέσα γεωγραφικά πλάτη όπου παρουσιάζεται έντονη διακύμανση της ηλιοφάνειας κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο.

Η απλοποιημένη μέθοδος των Blaney - Criddle

Με την απλοποιημένη μέθοδο των Blaney - Criddle υπολογίζεται η μηνιαία εξατμισοδιαπνοή από τη σχέση:

$$ET = K_c \cdot (8,13 + 0,46 \cdot T) \cdot P$$

όπου: ET = μηνιαία δυναμική εξατμισοδιαπνοή σε mm

K_c = φυτικός συντελεστής που παίρνεται από τον πίνακα .

P = ποσοστό διάρκειας των ωρών ημέρας, που εκφράζεται σε εκατοστά των ωρών ημέρας του έτους, το οποίο παίρνεται από τον πίνακα

T = η μέση θερμοκρασία του μήνα σε $^{\circ}C$..

Πίνακας. Μηνιαίο ποσοστό διάρκειας των ωρών ημέρας σε εκατοστά του συνόλου των ωρών ημέρας του έτους για γεωγραφικά πλάτη $34^{\circ} \sim 42^{\circ}$ βόρειου ημισφαιρίου (Συντελεστής P).

Γ εωγρ. Πλατ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρι	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
34 ⁰	7,10	6,91	8,36	8,80	9,71	9,70	9,88	9,33	8,36	7,90	7,02	6,92	100
35 ⁰	7,05	6,88	8,35	8,82	9,76	9,77	9,93	9,37	8,36	7,88	6,97	6,86	100
36 ⁰	6,99	6,86	8,35	8,85	9,81	9,83	9,99	9,40	8,36	7,85	6,92	6,79	100
37 ⁰	6,93	6,83	8,34	8,87	9,87	9,89	10,05	9,44	8,37	7,82	6,87	6,72	100
38 ⁰	6,78	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66	100
39 ⁰	6,82	6,76	8,33	8,93	9,97	10,02	10,16	9,51	8,38	7,77	6,77	6,48	100
40 ⁰	6,76	6,72	8,33	8,95	10,02	10,08	10,22	9,54	8,38	7,75	6,72	6,52	100
41 ⁰	6,69	6,69	8,32	8,98	10,08	10,15	10,29	9,56	8,39	7,73	6,67	6,45	100
42 ⁰	6,62	6,65	8,31	9,00	10,14	10,21	10,35	9,62	8,40	7,70	6,62	6,38	100

Πίνακας. Μέση πραγματική μηνιαία και ετήσια ηλιοφάνεια σε ώρες (Συντελεστής η.μ).

Πόλη	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Ετος
Αθήνα	123,2	138,9	180,4	232,5	302,8	334,6	372,7	356,6	276,5	210,9	161,8	127,2	2818
Αλιάρτος	85,9	108,5	158,5	212	286,1	317,3	337,1	379,1	246,3	170,8	127,7	96,6	2526
Αραξος	128,5	131,8	185,8	221,9	283,1	298,1	343,6	338,9	271,3	207,7	154,6	120,8	2686
Αργοστόλι	138,9	133,3	183,5	206,9	303,4	340,6	367,4	347	269,4	203,5	153,2	119,8	2166
Άρτα	144,5	128,0	182,9	192,8	276,9	307,7	349,2	336,6	259,1	203,8	150,2	127,4	2658
Ηράκλειο	108,8	128,4	170,3	234,5	314,3	353,3	384,7	356,7	285,2	197,2	161,5	121,1	2816
Θεσ/νίκη	106,3	120,7	152,6	209,4	268,9	292,8	342,4	306,1	238,5	171,1	119,8	100,5	2429
Ιεράπετρα	157,3	161,5	213,9	243,8	303,2	359,2	386,0	369,8	301,6	239,0	202,1	164,5	3108
Ιωάννινα	93,8	97,6	145,6	177,2	244,2	269,1	319,8	299,0	222,6	179,4	117,0	86,7	2252
Καλαμάτα	148,9	142,5	193,5	193,2	307,9	344,4	366,3	344,2	272,0	209,7	176,1	122,4	2821
Κέρκυρα	120,4	119,4	168,0	211,9	277,9	329,6	371,7	340,5	257,6	198,6	134,6	111,8	2642
Κομοτηνή	113,4	111,1	142,9	191,7	247,5	287,4	316,5	303,7	237,4	186,1	124	110	2372
Κόνιτσα	117,2	105,1	160,9	163,3	242,1	263,4	311,6	299	219,7	173,4	135,9	123,2	2315
Κόρινθος	109,1	124,4	179,6	210,5	292,4	321,9	344,4	335,4	263,0	199,3	157,4	123,7	2661
Κύθηρα	146,1	138,9	184,7	215,2	299,9	350,4	364,7	345,1	277,5	212,7	164,5	131,1	2831
Λαμία	103,9	105,6	169,9	209,6	280,9	320,8	336,3	321,4	241,8	175,0	143,1	124	2531
Λάρισα	89,4	109,7	159,1	213,1	279,8	300,2	333,1	322,5	243,6	176,0	140,6	95,9	2463
Λήμνος	82,0	110,7	162,1	211,7	294,4	326,7	344,7	338,4	264,9	197,8	127,6	94,6	2566
Μεθώνη	121,3	129,3	183,9	199,7	230,8	326,1	354,1	331,6	264,9	210,9	164,6	119,8	2697
Μήλος	93,7	87,6	166,5	260,3	327,0	389,2	424,0	399,4	320,6	195,4	161,9	95,8	2921
Μυτιλήνη	102,8	116,0	161,3	213,3	305,1	343,8	382,7	357,1	284,6	207,0	146,7	111,2	2732
Νάξος	101,3	118,3	167,5	215,5	285,8	319,5	340,8	327,4	273,8	206,3	156,0	117,8	2630
Πάρος	111,3	134,8	183,1	236,9	319,5	359,8	377,7	349,8	282,4	212,0	153,5	119,9	2841
Πάτρα	104,8	117,4	190,5	186	272,4	323,1	334,1	313,5	254,2	193,8	132,2	117,1	2539
Πύργος	148,1	137,0	199,3	207,1	305,8	338,5	364,8	345,4	275,2	215,4	176,5	146,5	2851
Ρέθυμνο	110,8	132,3	157,0	218,0	309,0	335,0	373,1	350,2	263,7	166,1	165,8	112,9	2694
Ρόδος	135,7	142,0	206	246,7	314,5	355,5	387,1	373,3	313,3	239,6	184,4	142,1	3041
Σάμος	129,3	139,2	182,9	224,6	299,3	348,7	377,6	356,3	300,5	230,6	168,4	122,4	2880
Σέρρες	101,5	108,0	157,8	198,8	260,2	293	321,3	307,9	235,5	172,6	128,0	110,9	2396
Σητεία	112,6	129,2	182,5	229,2	309,3	348,8	376,3	348,4	282,6	200,3	166,1	118,7	2806
Σκόρος	77,0	100,8	140,8	214,0	300,0	337,9	363,6	341,5	260,6	180,8	124,1	92,5	2534
Σούδα	112,7	131,1	177,2	229,5	313,1	335,8	371,9	365,6	284,3	187,2	161,5	120,7	2791
Σύρος	110,6	142,0	175,4	248,8	321,6	342	387,3	361,5	289,7	230,7	157,3	127,8	2895
Τυμπάκι	146,4	152,3	218,4	234,8	304,5	351,7	376,7	374,2	296,4	235,7	186,9	150,7	3029
Χανιά	111,7	128,9	174,4	228,5	314,2	357,8	331,7	368,4	276,3	183,8	157,7	115,4	2809
Χίος	107,7	119,8	176,3	225,4	318,6	353,3	391,3	367,3	293,8	222,5	153,5	118,7	2854

Πίνακας . Συντελεστής b, ως συνάρτηση του RH^{\wedge} , του n/N και του $u_2 = u_d$.

n/N	Ελάχιστη σχετική υγρασία, RH^{\wedge} , του αέρα (%)					
	0	20	40	60	80	100
Ταχύτητα ανέμου $u_2 = 0$ m/sec						
0,0	0,84	0,80	0,74	0,64	0,52	0,38
0,2	1,03	0,95	0,87	0,76	0,63	0,48
0,4	1,22	1,10	1,01	0,88	0,74	0,57
0,6	1,38	1,24	1,13	0,99	0,85	0,66
0,8	1,54	1,37	1,25	1,09	0,94	0,75
1,0	1,68	1,50	1,36	1,18	1,04	0,84
Ταχύτητα ανέμου $u_2 = 2$ m/sec						
0,0	0,97	0,90	0,81	0,68	0,54	0,40
0,2	1,19	1,08	0,96	0,84	0,66	0,50
0,4	1,41	1,26	1,11	0,97	0,77	0,60
0,6	1,60	1,42	1,25	1,09	0,89	0,70
0,8	1,79	1,59	1,39	1,21	1,01	0,79
1,0	1,98	1,74	1,52	1,31	1,11	0,89
Ταχύτητα ανέμου $u_2 = 4$ m/sec						
0,0	1,08	0,98	0,87	0,72	0,56	0,42
0,2	1,33	1,18	1,03	0,87	0,69	0,52
0,4	1,56	1,38	1,19	1,02	0,82	0,62
0,6	1,78	1,56	1,34	1,15	0,94	0,73
0,8	2,00	1,74	1,50	1,28	1,05	0,83
1,0	2,19	1,90	1,64	1,39	1,16	0,92
Ταχύτητα ανέμου $u_2 = 6$ m/sec						
0,0	1,18	1,06	0,92	0,74	0,58	0,43
0,2	1,44	1,27	1,10	0,91	0,72	0,54
0,4	1,70	1,48	1,27	1,06	0,85	0,64
0,6	1,94	1,67	1,44	1,21	0,97	0,75
0,8	2,18	1,86	1,59	1,34	1,09	0,85
1,0	2,39	2,03	1,74	1,46	1,20	0,95
Ταχύτητα ανέμου $u_2 = 8$ m/sec						
0,0	1,26	1,06	0,96	0,76	0,60	0,44
0,2	1,52	1,34	1,14	0,93	0,74	0,55
0,4	1,79	1,56	1,32	1,10	0,87	0,66
0,6	2,05	1,76	1,49	1,25	1,00	0,77
0,8	2,30	1,96	1,66	1,39	1,12	0,87
1,0	2,54	2,14	1,82	1,52	1,24	0,98
Ταχύτητα ανέμου $u_2 = 10$ m/sec						
0,0	1,29	1,15	0,98	0,78	0,61	0,45
0,2	1,58	1,38	1,17	0,96	0,75	0,56
0,4	1,86	1,61	1,36	1,13	0,89	0,68
0,6	2,13	1,83	1,54	1,28	1,03	0,79
0,8	2,39	2,03	1,71	1,43	1,15	0,89
1,0	2,63	2,22	1,86	1,56	1,27	1,00

Πίνακας . Εμπειρικός συντελεστής K για τον υπολογισμό της υδατοκατανάλωσης κατά τη μέθοδο Blaney - Criddle.

Καλλιέργεια	Βλαστική περίοδος	Φυτικός συντελεστής υδατοκατανάλωσης	
		Περίοδος ανάπτυξης των φυτών	Μέσος όρος περιόδου K
Αμπέλι			0,73
Αραβόσιτος	4 μήνες	0,75 - 0,85	0,75
Βαμβάκι	7 μήνες	0,60 - 0,65	0,62
Εσπεριδοειδή	μεταξύ παγετών	0,50 - 0,65	0,56
Ζαχαρότευτλα	6 μήνες	0,65 - 0,75	0,70
Θερμοκήπια	7 μήνες	—	1,00
Καρότα	3 μήνες		0,59
Λειμώνες ψυχανθών	μεταξύ παγετών	0,80 - 0,85	0,80
Μηδική	μεταξύ παγετών	0,80 - 0,85	0,81
Μπιζέλια	3 μήνες	—	0,53
Οπωροφόρα	μεταξύ παγετών	0,50 - 0,75	0,65
Πατάτες	3 μήνες	0,65 - 0,75	0,67
Πεπονοειδή	3 μήνες	—	0,74
Ρύζι	4 - 5 μήνες	1,00 - 1,20	1,11
Σόργο		—	0,59
Σιτηρά (εαρινά)	3 - 4 μήνες	—	0,68
Ντομάτες	4 μήνες	—	0,70
Φασόλια	3 μήνες	—	0,65
Φράουλες	4 μήνες	—	0,66

1.2.6.2 Απόδοτικότητα χρήσεις νερού Water Use Efficiency

Η σχέση της παραγωγής της καλλιέργειας με την κατανάλωση νερού αποτελεί ίσως το εγκυρότερο μέτρο αξιολόγησης των μεθόδων και των τεχνικών άρδευσης. Αυτή η σχέση εκφράζεται με την αποδοτικότητα χρήσης νερού (Water Use Efficiency), WUE, η οποία δίδεται γενικώς από τον λόγο της τελικής απόδοσης της καλλιέργειας προς την ποσότητα νερού που καταναλώθηκε για να επιτευχθεί αυτή η απόδοση.

Μολονότι το είδος της καλλιέργειας μαζί με την διαθέσιμη ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την WUE, το νερό είναι το κρίσιμο και σημαντικό στοιχείο στην γεωργία. Το νερό είναι σημαντικό στην τροφοδοτούμενη από τη βροχή γεωργία, πολύ σημαντικό στην γεωργία ημίξηρων περιοχών και εξόχως σημαντικό στην αρδευόμενη γεωργία

Η WUE ορίζεται γενικώς ως

$$WUE = Y/W$$

WUE = η απόδοτικότητα χρήσης νερού,

Y = η παραγωγή της καλλιέργειας (το εμπορεύσιμο προϊόν),

W το νερό που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή.

Η WUE μπορεί επίσης να υπολογισθεί στη βάση της παραγωγής σε ξηρή μάζα (Sinclair et al., 1984), αλλά συνήθως η παραγωγή εκφράζεται σε νωπή (εμπορεύσιμη) μάζα, με πρότυπη σε κάποιες περιπτώσεις περιεκτικότητα σε υγρασία.

Μολονότι με αυτόν τον όρο η WUE είναι χρήσιμη και έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές αναλύσεις, δεν διαχωρίζει τον ρόλο της άρδευσης.

Ο Boss (1980,1985) ανέπτυξε κάποιες εκφράσεις που μπορούν ίσως να περιγράψουν το ρόλο της άρδευσης στην WUE . Αυτές μπορούν να γραφούν ως συνολική αποδοτικότητα χρήσης νερού (WUE_{BI}) και αποδοτικότητα χρήσης αρδευτικού νερού (WUE_{RR}), ως:

$$WUE_{ET} = \frac{Y}{ET_i}$$

$$WUE_{IRR} = \frac{Y}{W_{IRR}}$$

WUE_{et} = η συνολική αποδοτικότητα χρήσης νερού ($\text{kg στρ}^{-1} \text{mm}^{-1}$),

WUE_{irr} = η αποδοτικότητα χρήσης αρδευτικού νερού ($\text{kg στρ}^{-1} \text{mm}^{-1}$),

Y = η μάζα του παραγόμενου προϊόντος (kg στρ^{-1}),

ET_j = η υδατοκατανάλωση (mm),

W_{irr} = το νερό που εφαρμόστηκε με την άρδευση (mm).

Η μηχανική σύσταση του εδάφους.

Έδαφος είναι ένα πολύπλοκο σύστημα αποτελούμενο από στερεά, υγρά και αέρια υλικά. Το ορυκτό τμήμα αποτελείται από τεμάχια διαφόρων μεγεθών, σχημάτων και χημικής σύνθεσης. Τα τεμαχίδια αυτά κατατάσσονται σύμφωνα με το μέγεθος των κόκκων σε άμμο, ιλύ και άργιλο που βασικά καθορίζουν την υφή του εδάφους. Το οργανικό κλάσμα αποτελείται τόσο από φυτικά όσο και από ζωικά υλικά, μερικά από τα οποία είναι ζωντανά, ενώ άλλα βρίσκονται σε διάφορα στάδια απόσύνθεσης. Η συγκέντρωση μερικώς απόσυντιθέμενης οργανικής ουσίας είναι το κλάσμα του χούμου και συνήθως αποτελεί ένα πολύ μικρό τμήμα της στερεάς φάσης του εδάφους σε ξηρές περιοχές.

Το υγρό τμήμα του εδάφους αποτελείται από νερά, διαλυμένα ορυκτά και ευδιάλυτη οργανική ουσία που γεμίζει μικρό ή μεγάλο μέρος του χώρου μεταξύ των στερεών τεμαχιδίων. Το νερό αυτό απορροφάται από τις ρίζες και πρέπει περιοδικά να αναπληρώνεται από τη βροχή ή την άρδευση για την εξασφάλιση πετυχημένης παραγωγής. Έτσι το έδαφος χρησιμοποιείται σαν απόθήκη υγρασίας, της οποίας η γνώση της χωρητικότητας αποτελεί σπουδαίο παράγοντα για τον καθορισμό της συχνότητας άρδευσης και της αρδευτικής δόσης που πρέπει να εφαρμοσθεί.

Η αέρια φάση του εδάφους καταλαμβάνει εκείνο το μέρος των πόρων που δεν γεμίζει με νερό. Είναι μία σπουδαία φάση του εδαφικού συστήματος επειδή τα περισσότερα φυτά χρειάζονται κάποιο αερισμό του ριζικού συστήματος, με εξαίρεση τα υδρόβια φυτά όπως το ρύζι. Η άρδευση αποτελεί ένα σπουδαίο παράγοντα διατήρησης ενός λογικού ισοζυγίου εδαφικής υγρασίας και αέρα.

Η γνώση των σχέσεων μεταξύ εδάφους και νερού αποτελεί στοιχείο πολύτιμο για τους παραγωγούς οι οποίοι επιδιώκουν την πιο αποδοτική χρησιμοποίηση του διαθέσιμου νερού για την άρδευση των κτημάτων τους.

Η παρουσία υπερβολικών ποσοτήτων νερού στο έδαφος προκαλεί καθυστέρηση ή και παρεμποδίζει την ανάπτυξη των φυτών ενώ, εξάλλου, η μικρή γονιμότητα των εδαφών σε ξηρές περιοχές οφείλεται στην έλλειψη επαρκούς ποσότητας νερού.

Αυτοί που ασχολούνται με την μελέτη των αρδεύσεων, εξετάζουν και τους φυσικούς νόμους, που επηρεάζουν τις σχέσεις εδάφους και νερού, σε όχι κορεσμένα εδάφη. Οι δυνάμεις, που ασκούνται μεταξύ των κόκκων του εδάφους, εξαρτώνται από την μηχανική σύσταση και τη δομή του. Αυτές οι δυνάμεις προκαλούν στα εδάφη τριχοειδή φαινόμενα. Η στενή επαφή των κόκκων του εδάφους με άλλους, που περιβάλλονται από λεπτές μεμβράνες νερού, έχει συνέπεια την εμφάνιση ελκτικών δυνάμεων μεγάλου μεγέθους.

Το μέγεθος των τεμαχιδίων ή κόκκων του εδάφους, προσδιορίζει την μηχανική σύσταση ή υφή του. Ανάλογα με το μέγεθός τους οι κόκκοι του εδάφους κυμαίνονται από λεπτά χαλίκια μέχρι άργιλο. Κόκκοι με διάμετρο μεγαλύτερη από 2 mm , είναι χαλίκια, με διάμετρο από 0,05 έως 2 mm, είναι άμμος, με διάμετρο από 0,002 έως 0,05 mm είναι ιλύς, και τέλος με διάμετρο μικρότερη από 0,002 mm είναι άργιλος. Κόκκοι εδάφους με διάμετρο μικρότερη από 0,0002 mm λέγονται κολλοειδή. Τα πιο πολλά εδάφη αποτελούνται από μείγμα άμμου ιλύος και αργίλου. Στις περιπτώσεις που τα τεμάχια της άμμου αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό, το έδαφος ονομάζεται αμμώδες και στις περιπτώσεις που τα τεμάχια της αργίλου αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό, το έδαφος ονομάζεται αργιλώδες.

Η ιλύς είναι ενδιάμεση κατηγορία, μεταξύ αργίλου και άμμου, ενώ ο πηλός είναι έδαφος μέσης σύστασης, που αποτελείται από περίπου ίσες ποσότητες αργίλου, ιλύος και άμμου. Τα τεμαχίδια της άμμου είναι αισθητά με την αφή και διακρίνονται εύκολα με γυμνό μάτι.

Η ιλύς έχει εμφάνιση και υφή αλεύρου και τα τεμαχίδιά της μόλις που διακρίνονται με γυμνό μάτι. Τα μεμονωμένα τεμαχίδια της αργίλου, δεν διακρίνονται με γυμνό μάτι και συναντώνται σε μεγάλο ποσοστό σε τόσο μικρό μέγεθος, που δεν διακρίνονται ούτε με το μικροσκόπιο. Ωστόσο η διόγκωση και το κολλοειδές των υγρών εδαφών, καθώς και η ρωγμάτωσή τους όταν είναι σε ξηρή κατάσταση, οφείλονται στην περιεχόμενη άργιλο.

Το μέγεθος των εδαφικών κόκκων έχει σημαντική επίδραση στη ροή του εδαφικού νερού, στην κυκλοφορία του αέρα μέσα στο έδαφος, και στις φυσικοχημικές αντιδράσεις οι οποίες έχουν μεγάλη σημασία στην ανάπτυξη και επιβίωση των καλλιεργειών.

Ένα έδαφος χοντρόκοκκο συγκρατεί λίγο νερό σε σχέση με ένα λεπτόκοκκο έδαφος. Για το λόγο αυτό η δόση και η συχνότητα άρδευσης διαφοροποιείται από τη μία κατηγορία στην άλλη κατηγορία εδάφους. Ο αριθμός των τεμαχιδίων ανά μονάδα βάρους εδάφους και κατ' επέκταση η εκτεθειμένη επιφάνειά τους, έχει σχέση με τη γονιμότητα του εδάφους. Όσο μεγαλύτερη είναι η εκτεθειμένη επιφάνεια ανά μονάδα βάρους, τόσο το έδαφος αυτό συγκρατεί περισσότερο νερό και θρεπτικά στοιχεία. Στον πίνακα 2.1 δίνονται μερικά χαρακτηριστικά των εδαφικών τεμαχιδίων.

Μέθοδος Bouyoucos

Η μέθοδος Bouyoucos προσδιορίζει την κοκκομετρική σύσταση ενός αιωρήματος εδάφους και στην συνέχεια υπολογίζεται η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους με μετρήσεις της πυκνότητάς του για αυτό φέρει και το όνομα μέθοδος του πυκνόμετρου. Η μέθοδος έχει προταθεί και βαθμολογηθεί για πολλά εδάφη από τον Bouyoucos (1962). Είναι μέθοδος απλή και γρήγορη, αλλά στερείται μεγάλης ακριβείας και χρησιμοποιεί ένα ειδικά σχεδιασμένο πυκνόμετρο. Η πυκνότητα ενός εδαφικού αιωρήματος μετράτε σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα και σε συγκεκριμένο βάθος και συσχετίζεται με τη μάζα των αιωρούμενων σωματιδίων στο συγκεκριμένο βάθος στην ίδια χρονική στιγμή. Η ακτίνα αυτών των σωματιδίων μπορεί να υπολογιστεί, για το χρόνο και το βάθος που γίνονται οι μετρήσεις από την εξίσωση Stokes. Η εξίσωση μετασχηματίζεται ώστε η ακτίνα να είναι συνάρτηση του βάθους στο οποίο βρίσκεται βυθισμένο το πυκνόμετρο κατά τη χρονική στιγμή της ανάγνωσης. Το βάθος εκφράζεται ως συνάρτηση των χαρακτηριστικών του πυκνόμετρου όπως είναι οι διαστάσεις του και ο όγκος του, και της ενδείξεως του πυκνόμετρου. Με τη βοήθεια, επομένως των παραπάνω σχέσεων μπορεί

από την ένδειξη του πυκνόμετρου να ευρεθεί το βάθος και από αυτό η ακτίνα των σωματιδίων που βρίσκονται στο συγκεκριμένο βάθος μετά από ορισμένο χρόνο.

- Πυκνόμετρο, Bouyoucos ASTM No 152 H, με κλίμακα g/L, βαθμολογημένο στους 20⁰ C (68⁰ F).

- Κύλινδροι μηχανικής ανάλυσης 1 L

- Αναδευτήρας κοκκομετρικής ανάλυσης (μίξερ ηλεκτρικό)

- Υδραργυρικό θερμόμετρο

- Αναδευτήρας για την ανάδευση των αιωρημάτων στον κύλινδρο, ή πώμα για τον κύλινδρο

- Χρονόμετρο

- Θάλαμος ή υδρόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας. Συνήθως η μέτρηση γίνεται στο χώρο του εργαστηρίου όπου η θερμοκρασία δεν διαφέρει κατά $\pm 5^0$ C από τη θερμοκρασία βαθμολογήσεως του πυκνόμετρου (20⁰ C). Η διαφορά θερμοκρασίας διορθώνεται με τη χρήση τυφλού δείγματος.

- Διαμεριστικό. Na(PO₃)₆ (sodium hexametaphosphate ή όπως αλλιώς λέγεται sodium polyphosphate ή άλας του Graham ή Calgon), 50 g/L, με pH > 8,3. Η διάλυση του αντιδραστηρίου γίνεται σε περίπου 900 mL απόταγμένου νερού (χρειάζεται αρκετή ώρα), επίσης προστίθενται 3 g Na₂CO₃, μετράτε το pH και ρυθμίζεται μεταξύ 8,3 και 8,5 με μικρές δόσεις Na₂CO₃ . Το pH του διαμεριστικού ελέγχεται κάθε 15 ημέρες και διορθώνεται στο επιθυμητό αν απαιτείται.

- Αμυλική αλκοόλη ή ακετόνη (αντιαφριστικά)

50 g αέρος εδάφους που έχει ξηραθεί και έχει περαστεί από κόσκινο 2mm (λεπτή γη) τοποθετούνται στο δοχείο του μίξερ και προστίθενται 50 mL διαμεριστικού. Το βάρος του εδάφους, που χρησιμοποιείται για ανάλυση εξαρτάται από την κοκκομετρική του σύσταση. Για βαρεία εδάφη όπως ιλυώδη και αργιλώδη 20-30 g είναι αρκετά. Για ελαφρά εδάφη (αμμώδη) απαιτούνται 60-100 g δείγματος.

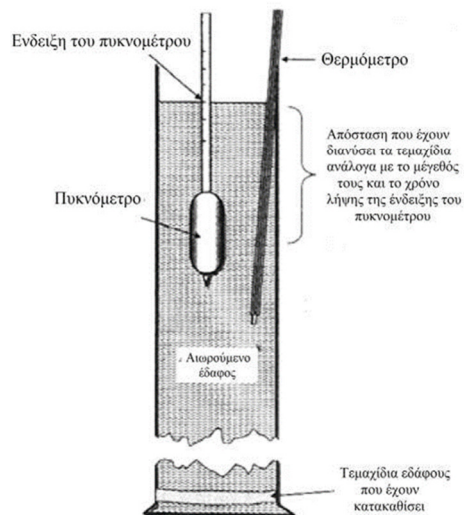
Το αιώρημα μεταφέρεται με περίπου 200 mL απόταγμένου νερού στο δοχείο του μίξερ και το δοχείο προσαρμόζεται στη συσκευή και γίνεται ανάδευση επί 2-3 λεπτά. Κατόπιν το αιώρημα μεταφέρεται σε κύλινδρο κοκκομετρικής αναλύσεως και συμπληρώνεται ο όγκος μέχρι 1 L με απόταγμένο νερό. Παρασκευάζεται επίσης ένα τυφλό δείγμα χωρίς έδαφος με προσθήκη 50 mL διαμεριστικού σε κύλινδρο κοκκομετρικής αναλύσεως και συμπλήρωση μέχρι όγκου 1 L με απόταγμένο νερό. Ο κύλινδρος με το αιώρημα και ο κύλινδρος με το τυφλό δείγμα αναδεύονται καλά προς επίτευξη ομοιογένειας με τη βοήθεια του αναδευτήρα ή πωματίζοντάς τους και ανακινώντας και στη συνέχεια

αφήνονται επί μισή έως μία ώρα προς εξισορρόπηση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος ή εναλλακτικά τοποθετούνται σε θάλαμο ή υδρόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας 20⁰ C (68⁰ F).

Στη συνέχεια και μετά την εξισορρόπηση για τη θερμοκρασία λαμβάνεται η ένδειξη του πυκνόμετρου με εισαγωγή του στο τυφλό δείγμα. Το αιώρημα με το έδαφος αναδεύεται πολύ καλά με τον ειδικό αναδευτήρα ή ο κύλινδρος πωματίζεται και ανακινείται (πάνω-κάτω) 10 φορές. Ο κύλινδρος αφήνεται σε ηρεμία και τίθεται σε λειτουργία το χρονόμετρο ή σημειώνεται η ακριβής ώρα αν δεν υπάρχει χρονόμετρο. Γοργά, προστίθενται 5-6 σταγόνες αμυλικής αλκοόλης ή ακετόνης και εισάγεται το πυκνόμετρο στο αιώρημα με ήπιο τρόπο. Σημειώνεται η ένδειξη του πυκνόμετρου το άνω σημείο του μηνίσκου μετά 40 sec από τη στιγμή της ηρεμίας (εικόνα 10.5 και εικόνα 10.6). Αφαιρείται το πυκνόμετρο πλένεται με νερό και στεγνώνεται.

Εικόνα 55:

Σχηματική παράσταση υπολογισμού της κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους με τη βοήθεια πυκνόμετρου Βουγιούκου.



Εκ νέου εισάγεται το πυκνόμετρο στο αιώρημα 15-20 sec πριν της παρελεύσεως των 2 ωρών και σημειώνεται η ένδειξη του πυκνόμετρου 2 ακριβώς ώρες από της ηρεμίας. Λαμβάνεται επίσης και η ένδειξη του πυκνόμετρου στο τυφλό δείγμα.

Οι ενδείξεις του πυκνόμετρου πρέπει να διορθώνονται: για την ένδειξη του τυφλού δείγματος που συνήθως είναι μεταξύ 4-6,5. Αυτή η ένδειξη αφαιρείται από κάθε ένδειξη του πυκνόμετρου. Παλαιότερα γίνονταν και μια διόρθωση για τη διαφορά θερμοκρασίας από τους 68⁰ F που είχε βαθμολογηθεί το πυκνόμετρο. Νεώτερες όμως εργασίες (Gee and

Bauder,1985; Keller and Gee, 2006; Kroetsch and Wang, 2008) έχουν δείξει και φαίνεται λογικό ότι η διόρθωση για το τυφλό δείγμα διορθώνει αυτόματα και για διαφορές θερμοκρασίας ($\pm 5^0$ C), με την αύξηση στην πυκνότητα του αιωρήματος λόγω του διαμεριστικού και για το ότι οι αναγνώσεις παίρνονται στο άνω σημείο του μηνίσκου και όχι στο κάτω, όπως έχει βαθμολογηθεί το πυκνόμετρο από το εργοστάσιο κατασκευής. Επομένως μία διόρθωση με το τυφλό δείγμα είναι αρκετή.



Εικόνα 56: Εξοπλισμός για την μέθοδο βουγιούκου

Οι κυριότερες πηγές σφάλματος στη μέθοδο Bouyoucos οφείλονται στη λαθεμένη ανάγνωση των ενδείξεων του πυκνόμετρου. Για να αποφύγουμε τα σφάλματα του πυκνόμετρου όσο το δυνατόν στην επιφάνεια του αιωρήματος όταν δημιουργείται αφρός προστίθεται μια σταγόνα αμυλικής αλκοόλης, για την καταστροφή του αφρού και έτσι ελαχιστοποιείται το σφάλμα της λαθεμένης ανάγνωσης της ένδειξης του πυκνόμετρου.

Επίσης το ποσοστό της άμμου μπορεί να υπολογισθεί σταθμικά με ακριβέστερος τρόπος. Μετά την ανάδευση στο μίξερ, το αιώρημα μεταφέρεται στον κύλινδρο μηχανικής αναλύσεως μέσω κόσκινου 270 mesh (53 μ m). Η άμμος παραμένει στο κόσκινο συλλέγεται και ζυγίζεται. Ο διαχωρισμός της άμμου και ο προσδιορισμός της μπορεί να γίνει και μετά το πέρας των 2 ωρών και αφού έχουν ληφθεί οι ενδείξεις.

Οι δύο παρακάτω μέθοδοι εφαρμόζονται όταν επιθυμείτε ο ακριβέστερος προσδιορισμός ιλύος και αργίλου διότι έχει επιβεβαιωθεί ότι η ανωτέρω μέθοδος Bouyoucos υπερεκτιμά το ποσοστό αργίλου και υποεκτιμά το ποσοστό ιλύος.

Υπολογισμός του απότελέσματος

Το ποσοστό Ιλύς και άργιλος (Silt + Clay) υπολογίζεται από την μέτρηση του πυκνόμετρου που λαμβάνουμε στα πρώτα 40 sec ως εξής:

Ιλύς και άργιλος (Silt + Clay) (0,05 - 0.000 mm) (Ένδειξη στα 40 δευτερόλεπτα)

Υπολογισμός της διορθωμένης ένδειξης του πυκνόμετρου στα 40 δευτερόλεπτα α.

Διόρθωση ένδειξης πυκνόμετρου λόγω θερμοκρασίας

$$\Delta = (\text{θερμοκρασία αιωρήματος} - 20 \text{ } ^\circ\text{C}) \times 0.2$$

β. Διορθωμένη ένδειξη πυκνόμετρου = πραγματική ένδειξη πυκνόμετρου + Δ - ένδειξη πυκνόμετρου χωρίς δείγμα.

Υπολογισμός ιλύος και αργίλου

α. Για τον υπολογισμό Ιλύς και άργιλος επί της % την διορθωμένη ένδειξη του πυκνόμετρου την διαιρούμε με το βάρος του δείγματος που λάβαμε και έπειτα το πολλαπλασιάζουμε με το 100.

$$\text{Silt + Clay} = \%$$

Στην συνέχεια υπολογίζουμε την άμμο (Sand) (2.00 - 0,05 mm)

Αφαιρούμε την ποσότητα ιλύος και αργίλου που υπολογίστηκε από το 100 . Το αποτέλεσμα δίνει την ολική άμμο. Η τιμή αυτή θα πρέπει να προσεγγίζει την ολική άμμο που μετρήθηκε με τα κόσκινα.

$$100 - (\text{Silt + Clay})\% = \text{Sand}\%$$

Στην συνέχεια υπολογίζουμε την Άργιλος (day) (0.002 - 0.000 mm) χρησιμοποιώντας την ένδειξη του πυκνόμετρου που λάβαμε στις δυο ώρες (Ένδειξη στις 2 ώρες)

Ακολουθείτε η ίδια διαδικασία για τον υπολογισμό όπως για την ιλύ και άργιλο αλλά γίνετε αντικατάσταση των ενδείξεων που έχουμε στους τύπου με τις τιμές που ελήφθησαν στις δύο ώρες όπως την ένδειξη του πυκνόμετρου και της θερμοκρασίας.

Διορθωμένη ένδειξη πυκνόμετρου = πραγματική ένδειξη πυκνόμετρου + Δ - ένδειξη πυκνόμετρου χωρίς δείγμα.

Το αποτέλεσμα το διαιρείτε με το βάρος του εδάφους που χρησιμοποιήθηκε και πολλαπλασιάζετε με το 100 = Clay%

Μέτρηση PH

Για να μετρήσουμε το pH του εδάφους με την ηλεκτρομετρική μέθοδο χρησιμοποιούμε τα πεχάμετρα. Τα όργανα αυτά αποτελούνται από δύο ηλεκτρόδια, ένα της υάλου και ένα του καλομέλανα και μετρούν την ηλεκτρεγερτική δύναμη που

αναπτύσσεται μεταξύ των ηλεκτροδίων. Το ηλεκτρόδιο της ύαλου αποτελείται από ένα γυάλινο σωλήνα, ο οποίος περιέχει στο κάτω μέρος αραιό διάλυμα 0,1N HCl, μέσα στο οποίο είναι εμβαπτισμένο ένα σύρμα από άργυρο, επικαλυμμένο με χλωριούχο άργυρο (AgCl).

Το ηλεκτρόδιο του καλομέλανος αποτελείται από ένα γυάλινο πορώδη σωλήνα, που στο κάτω μέρος περιέχει καθαρό υδράργυρο και πάνω απ' αυτό μια ποσότητα χλωριούχου υφυδράργυρου (καλομέλανος). Πάνω από τον καλομέλανα υπάρχει κορεσμένο διάλυμα χλωριούχου καλίου (KCl). Στην πράξη, ο προσδιορισμός του pH είναι απλός. Το διάλυμα τοποθετείται μέσα σ' ένα ποτήρι ζέσεως και βυθίζουμε τα ηλεκτρόδια του πεχάμετρου μέσα στο διάλυμα. Η βελόνη του οργάνου (ή ψηφιακά) μας δίνει αμέσως στην κλίμακα το pH του εδάφους. Το pH του εδάφους το μετράμε συνήθως σε δυο συστήματα: 1) Στο σύστημα "έδαφος/νερό" και σε αναλογίες 1:1, 1:2,5, 1:5, 1:10 και σε πάστα κορεσμού και 2) Στο σύστημα "έδαφος/διάλυμα άλατος" και σε αναλογίες 1:1, 1:2,5. Το διάλυμα άλατος είναι ή 1N KCl ή 0,01M CaCl₂ (Mc Lean, 1982).

Όταν χρησιμοποιούμε διάλυμα KCl οι τιμές είναι μικρότερες από 0,5-2 μονάδες σε σχέση με το νερό γιατί υπολογίζεται και μέρος της εναλλακτικής οξύτητας. Δηλαδή τα κolloειδή του εδάφους θρομβώνονται και παρουσιάζονται εναλλακτικές ιδιότητες, το K παίρνει τη θέση του H⁺ και αυτό πάει στο διαυγές υγρό, στο οποίο προσδιορίζουμε το pH του εδάφους.

Όταν χρησιμοποιούμε διάλυμα CaCl₂ 0,01M οι τιμές του pH είναι μικρότερες περίπου κατά 0,5 της μονάδας και ανεξάρτητες από την αναλογία της αραιώσης. Για το λόγο αυτό θεωρείται η καλύτερη μέθοδος μέτρησης του pH του εδάφους.

Τα απαιτούμενα όργανα είναι:

- Δύο ποτήρια ζέσεως, ένα των 100 ml και ένα των 50 ml.
- Δύο σιφώνια, ένα των 25 ml και ένα των 50 ml.
- Δύο αναδευτήρες γυάλινοι
- Πεχάμετρο
- Υδροβολέας

Τα απαιτούμενα αντιδραστήρια είναι:

- Χλωριούχο κάλιο (KCl) 1N. Για την παρασκευή του ζυγίζετε 74,55 gr KCl και τα διαλύετε σε 1 λίτρο απόσταγμένο νερό. Χλωριούχο ασβέστιο (CaCl₂·2H₂O) 0,01M.

- Για την παρασκευή του ζυγίζετε 1,47 gr $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ σε 1 λίτρο απόσταγμένο νερό. Ρυθμιστικά διαλύματα pH 4, pH 7, pH 9. (BUFFER).

Για την μέτρηση ακολουθείτε η εξής διαδικασία. Ζυγίζονται δύο φορές 10 gr εδαφικού δείγματος από το ίδιο δείγμα. Στα πρώτα 10 gr τα βάζουμε σε ποτήρι ζέσεως των 100ml και προσθέτουμε 50ml αποσταγμένο νερό αν εργαστούμε στην αναλογία 1:5 για το σύστημα έδαφος νερό. Τα άλλα 10g εδάφους τα βάζουμε σε άλλο ποτήρι ζέσεως των 50ml και προσθέτουμε 25ml KCl 1N ή CaCl_2 0,01M αν εργαστούμε με την αναλογία 1:2,5 για το σύστημα έδαφος διάλυμα άλατος. Ανακατεύουμε περιοδικά το περιεχόμενο και των δύο ποτηριών με γυάλινους αναδευτήρες. Στη συνέχεια αφήνουμε τα διαλύματα να ηρεμήσουν για 30 λεπτά περίπου. Μετά βάζουμε στο αιώρημα προσεκτικά τα ηλεκτρόδια του πεχάμετρου και διαβάζουμε την τιμή του pH στη φωτεινή οθόνη του οργάνου.

Για να μετρηθεί το pH του εδάφους σε πάστα ζυγίζονται 50g έδαφος και τοποθετούνται σε ποτήρι ζέσεως των 50ml. Με υδροβολέα προστίθεται σιγά σιγά νερό αναδεύοντας συγχρόνως με μια μεταλλική σπάτουλα. Προστίθεται νερό μέχρις ότου το έδαφος απόκτησει τη μεγαλύτερη πλαστικότητα χωρίς να υπάρχει περίσσεια νερού. Στην πάστα αυτή βυθίζονται τα ηλεκτρόδια και γίνεται ανάγνωση του πεχάμετρου.

Το πεχάμετρο πριν από κάθε μέτρηση ελέγχεται και ρυθμίζεται με ρυθμιστικά διαλύματα (BUFFER), των οποίων είναι γνωστό το pH τους (pH 4, pH 7, pH 9). Ακόμα ελέγχετε και ρυθμίζετε η θερμοκρασία.

Φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους (Ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa)).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μια φυσική ιδιότητα του εδάφους και ορίζεται ως η ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από την μάζα του (Lund, 1999). Η αγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται κυρίως μέσω των τριχοειδών διαστάσεων πόρων που σχηματίζουν μεταξύ τους τα εδαφικά συσσωματώματα. Οι πόροι αυτοί περιέχουν νερό και ιόντα σε διάλυση (εδαφικό διάλυμα) (Lund, 1999). Η φαινόμενη αγωγιμότητα έχει επίσης συσχετιστεί με άλλες βοηθητικές ιδιότητες του εδάφους όπως η πυκνότητα, η δομή του εδάφους, η ιοντική σύνθεση, το CEC, το pH και ο οργανικός άνθρακας του εδάφους, το θρεπτικό συστατικό και το περιεχόμενο CaCO_3 . Αυτές οι ιδιότητες επηρεάζουν τις ιδιότητες που καθορίζουν την Ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa) του εδάφους, που σημαίνει ότι μπορούν έμμεσα να επηρεάσουν την Ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa) και έτσι να διερευνηθούν χρησιμοποιώντας τεχνικές EMI (Heilig, et.al., 2011). Οι σχέσεις μεταξύ αυτών των αλληλοεπιδρώντων ιδιοτήτων του εδάφους και της Ηλεκτρικής

αγωγιμότητα (ECa) είναι συχνά πολύπλοκες και μπορούν να διαφέρουν σε μικρές αποστάσεις (Bekele,et.al.,2005, Brevik,et.al., 2004, Carroll,et.al., 2005, Farahani,et.al. 2005).

Φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους Ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa) ονομάζεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα της μάζας του εδάφους η οποία προσδιορίζεται στον αγρό (Rhoades et.al.1999). Τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινούνται μέσω του νερού του εδάφους εντός των μεγάλων πόρων κατά μήκος των ορυκτών του εδάφους και μέσω των εναλλασσόμενων στρωμάτων των εδαφικών σωματιδίων και του εδαφικού διαλύματος (Rhoades et al 1989). Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την διαφορετικότητα της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (McNeill, 1980a) όπως:

- **Η περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους .**
- **Η συσσωμάτωση του εδάφους.**
- **Το PH του εδάφους**
- **Οι ηλεκτρολύτες του νερού του εδάφους.**
- **Η αγωγιμότητα των ορυκτών**

.Αν και υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την διαφορετικότητα της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους οι μετρήσεις της Ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa) , έχουν συσχετισθεί με παράγοντες που περιορίζουν τη γονιμότητα του εδάφους όπως η αλατότητα (Rhoades et.al., 1981).

1.2.6.3 Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους αυξάνει όσο αυξάνει η περιεκτικότητα σε άλατα στο έδαφος (Bozkurt et al., 2009). Ωστόσο, η συγκέντρωση (%) σε άλατα σε ένα διαλύματος εξαρτάται και από την ποσότητα του νερού δηλαδή από την εδαφική υγρασία. Αν στο σύμπλεγμα τώρα υγρασίας εδάφους και άλατα προσθέσουμε την επίδραση της αγωγιμότητας του εδάφους ως υλικό τότε καταλήγουμε ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ένας συνδυασμός συγκέντρωσης των αλάτων της εδαφικής υγρασίας και της δομής του εδάφους. Ειδικά οι Rhoades et al. (1976) εξέφρασαν μαθηματικά αυτή τη σχέση ως εξής:

$$EC = c X \text{ Ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa) } X W + S$$

Όπου

Ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa) : Αγωγιμότητα νερού εδάφους, άρα εξαρτάται από την περιεκτικότητα αλάτων

C: συντελεστής μετάδοσης ένδειξης

W: Περιεκτικότητα σε νερό στο έδαφος

S: Αγωγιμότητα εδάφους

W X Ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa) : Πραγματική συγκέντρωση αλάτων στην ανάλογη παρουσία νερού

Η πρόληψη της επίδρασης των καλλιεργητικών επεμβάσεων και η κατάσρωση διαχειριστικών πρακτικών για τη διασφάλιση της γονιμότητας του εδάφους, προϋποθέτει την έγκαιρη αξιολόγηση της αλατότητας στο εδαφικό προφίλ. Η συνήθης και πιο διαδεδομένη μέθοδος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των αλάτων συνίσταται στη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC (dSm^{-1}) και συγκεκριμένα του εκχυλίσματος της πάστας κορεσμού (ECe). Παρά το γεγονός πως η ECe έχει καθιερωθεί ως η πρότυπη μέθοδος εκτίμησης της εδαφικής αλατότητας αποτελεί μια χρονοβόρο και κοπιαστική διαδικασία που απαιτεί τη λήψη εδαφικών δειγμάτων από τον αγρό και εν συνεχεία την ξήρανση τους σε ειδικούς φούρνους του εργαστηρίου. Στην συνέχεια απαιτείτε το έδαφος να περάσει από κόσκινα 2mm και την δημιουργία πάστας κορεσμού και τη λήψη του εδαφικού εκχυλίσματος στο εργαστήριο και τελικά την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητάς του.

Οι εργαστηριακές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι :

Για την δημιουργία της πάστας ακολουθείτε η εξής διαδικασία.

Ζυγίζονται 20 g επεξεργασμένου εδάφους και μεταφέρονται σε ένα πλαστικό δοχείο. Προστίθενται σταδιακά μικρές ποσότητες απόσταγμένου νερού και αναμιγνύονται με το έδαφος με τη βοήθεια σπάτουλας μέχρι τον κορεσμό του. Η πάστα του εδάφους καλύπτεται και αφήνεται για μισή περίπου ώρα προκειμένου να διαπότιστεί το έδαφος από το νερό. Στη συνέχεια προστίθεται νερό μέχρι τον κορεσμό της. Το σημείο κορεσμού έχει επιτευχθεί όταν η πάστα αποκτήσει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

1. Η επιφάνεια της πάστας πρέπει να γυαλίζει χωρίς όμως να εμφανίζει περίσσεια νερού.
2. Αν η πάστα χαραχθεί δημιουργηθεί ένα αυλάκι στην πάστα τότε αυτό θα πρέπει να κλείνει σιγά-σιγά με μετακίνηση υγρής μάζας εδάφους.
3. Η πάστα πρέπει να γλιστρά ελεύθερα πάνω στη σπάτουλα όταν αφηθεί να πέσει από αυτή.

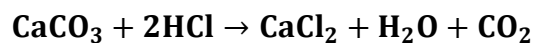
Μετά την παρέλευση δύο ωρών μπορούμε να μετρήσουμε την ηλεκτρική αγωγιμότητα στην πάστα.

Προσδιορισμός του Ανθρακικό ασβέστιο CaCO₃

Τα ανθρακικά άλατα βρίσκονται στο έδαφος με τη μορφή του ασβεστίτη του δολομίτη και του μαγνησιακού ασβεστίτη. Στις περισσότερες μεθόδους προσδιορισμού η συγκέντρωση των ανθρακικών αλάτων αντιστοιχεί με τη συγκέντρωση του ανθρακικού ασβεστίου. Μια σχετικά γρήγορη και ακριβής μέθοδος προσδιορισμού του CaCO₃ αποτελεί η μέθοδος Bernard.

Η μέθοδος του ογκομετρικού ασβεστομέτρου για τον προσδιορισμό του ισοδύναμου ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος, στηρίζεται στη μέτρηση του CO₂ που εκλύεται, μετά την αντίδραση διαλύματος HCl με τα ανθρακικά άλατα του εδάφους.

Η μέθοδος προσδιορισμού του ολικού ανθρακικού ασβεστίου σε δείγματα εδάφους στηρίζεται στην αντίδραση με διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης HCl και ογκομέτρηση της περίσσειας ποσότητας του HCl με διάλυμα NaOH. Η αντίδραση η οποία πραγματοποιείται είναι η εξής:



Ζυγίζονται 2 gr εδάφους και τοποθετούνται σε κωνική φιάλη. Στο πυθμένα της φιάλης εισάγεται με ιδιαίτερη προσοχή μικρός δοκιμαστικός σωλήνας με διάλυμα HCl μέχρι τα 2/3 του όγκου του. Η συσκευή (Εικόνα 10.89) περιλαμβάνει επίσης ένα ογκομετρικό σωλήνα που είναι γεμάτος με νερό και επικοινωνεί με τη χοάνη. Πριν την αντίδραση του εδάφους, με το διάλυμα HCl η κωνική φιάλη πωματίζεται. Η στάθμη του νερού της χοάνης φέρεται σε τέτοιο ύψος, ώστε να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με το μηδέν της κλίμακας του ογκομετρικού σωλήνα, ενώ η κωνική φιάλη πρέπει να βρίσκεται πάντα κάτω από το επίπεδο της χοάνης σωλήνα.

Μετά η κωνική φιάλη ανακινείται μέχρις ότου το HCl διαπότισει πλήρως το εδαφικό δείγμα.

Το παραγόμενο CO₂ συμπιέζει τη στήλη του υγρού στο βαθμολογημένο σωλήνα και ανεβαίνει η στάθμη του νερού στη χοάνη. Για να διατηρηθεί η ισορροπία, μετακινείται χειροκίνητα η χοάνη ώστε οι στάθμες του νερού μέσα σε αυτή και τον ογκομετρικό σωλήνα να βρίσκονται πάντα στο ίδιο ύψος. Όταν η στήλη του νερού παύσει να

κατέρχεται και συνεπώς σταματήσει η έκλυση CO₂, λαμβάνεται η ένδειξη του ογκομετρικού σωλήνα που αντιστοιχεί στον όγκο του CO₂ που εκλύθηκε κατά την αντίδραση. Με αυτό τον τρόπο, από τον όγκο του παραγόμενου CO₂ και το ξηρό βάρος του δείγματος, μπορεί να προσδιοριστεί εύκολα το ποσοστό του CaCO₃ στο κάθε έδαφος.

$$\text{CaCO}_3 \% = \left(\frac{V}{B} \right) \times K$$

Όπου

B είναι το βάρος του εδαφικού δείγματος σε g

K είναι ο συντελεστής μετατροπής 1ml CO₂ σε g CaCO₃

Και έχει τιμή:

K= 0,44 σε θερμοκρασία 0⁰C και πίεση 760 mmHg

K= 0,42 σε θερμοκρασία 15⁰C και πίεση 760 mmHg

K= 0,41 σε θερμοκρασία 20⁰C και πίεση 760 mmHg

K= 0,40 σε θερμοκρασία 30⁰C και πίεση 760 mmHg

Προσδιορισμός ανταλλάξιμων κατιόντων (K, Ca, Na, Mg)

Ο προσδιορισμός της ποσότητας του αφομοιώσιμου καλίου του ανταλλάξιμο και υδατοδιαλυτού γίνεται με την μέθοδο του οξικού αμμωνίου. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην ανταλλαγή του ανταλλάξιμου καλίου από το αμμώνιο έπειτα από διαδοχικές ανακινήσεις του εδαφικού δείγματος. Κατά την εκχύλιση μαζί με το ανταλλάξιμο παραλαμβάνεται και το υδατοδιαλυτό κάλιο η ποσότητα του οποίου όμως είναι πολύ μικρή.

Η εκτέλεση της διαδικασίας απαιτεί :

- Αναλυτικός ζυγός ακριβείας δύο δεκαδικών
- Σιφόνια
- Ογκομετρικές φιάλες των 100 ml
- Χωνιά και ηθμοί Whatman No 40
- Παλμικός ανακινητήρας
- Φυγόκεντρος (εικόνα)
- Φλογοφωτόμετρο Sherwood Flame Photometer 410.

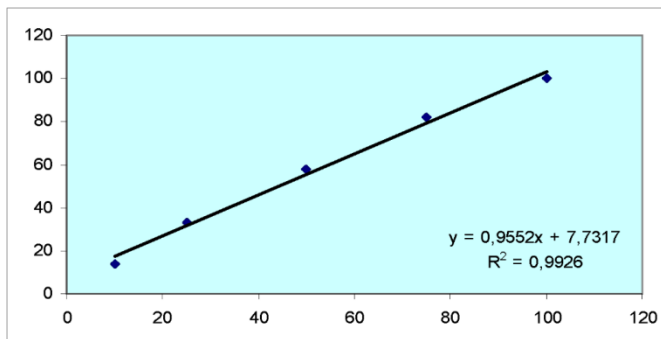
Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται είναι:

- Κανονικό διάλυμα οξικού αμμωνίου ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N) με $\text{pH} = 7$ παρασκευάζεται με την διαλυτοποίηση 77.08gr οξικού αμμωνίου σε 1lit απόσταγμένου νερού. Το PH πρέπει να ρυθμιστή στην τιμή 7
- Διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης σε κάλιο (1000 ppm) από το οποίο παρασκευάζονται αντίστοιχα τα πρότυπα διαλύματα.
- Πρότυπα Διαλύματα 10, 25, 50, 75 και 100 ppm καλίου (K^+).
- Πρότυπα διαλύματα 10,25,50,75 και 100 ppm καλίου (Na^+).
- Πρότυπα διαλύματα 1,2,5,7 και 10 ppm καλίου (Ca^{+2}).
- Πρότυπα διαλύματα 0.1, 0.3, 0.5, ppm καλίου (Mg^{+2}).

Ζυγίζονται 5 γραμμάρια εδάφους και μεταφέρθηκαν ποσοτικά σε σωλήνα φυγόκεντρου των 50ml, μαζί με 33 ml κανονικού διαλύματος οξικού αμμωνίου με $\text{pH} = 7$. Οι σωλήνες με το περιεχόμενο τους ανακινήθηκαν για 5 λεπτά, και στη συνέχεια γίνεται φυγοκέντρωση στις 3000 στροφές για άλλα πέντε λεπτά. Έπειτα από τη φυγοκέντρωση το υπερκείμενο υγρό του κάθε σωλήνα διηθήθηκε με ηθμό Whatman No 40 και συλλέγεται σε ογκομετρική φιάλη των 100ml. Ο προσδιορισμός του καλίου στα εκχυλίσματα έγινε με τη χρήση φλογοφωτομέτρου. Πριν τις μετρήσεις απαιτείται η βαθμονόμηση του οργάνου.

Εικόνα 57:

Πρότυπη καμπύλη
βαθμονόμησης
(K) καλίου.



Η βαθμονόμηση του οργάνου γίνεται με τη χρήση διαλυμάτων γνωστής περιεκτικότητας σε κάλιο στα 10, 25, 50, 75 και 100 ppm, με διαλυτή διάλυμα οξικού αμμωνίου σε ανάλογη αραιώση με εκείνη των μετρούμενων δειγμάτων. Ο μηδενισμός του έγινε με κανονικό διάλυμα οξικού αμμωνίου 1N. Έτσι δημιουργείτε η πρότυπη καμπύλη (εικόνα). Για τα υπόλοιπα στοιχεία απαιτείται ξεχωριστή βαθμονόμηση και δημιουργία πρότυπης καμπύλης

Η τιμή που λαμβάνετε από το φλογοτόμετρο εφαρμόζετε στην εξίσωση της καμπύλης βαθμονόμησης και στην συνέχεια πολλαπλασιάζετε επί την αραιώση αν έχει γίνει στο

διάλειμμα. Έτσι υπολογίζεται η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων που μετρήθηκαν στο διάλειμμα και αντιστοιχούν στα 5 gr του δείγματος εδάφους σε ppm ή mg θρεπτικού στοιχείου ανά gr εδάφους. Αν (V) είναι ο όγκος του εκχυλιστικού μέσου σε ml και (B) το βάρος του εδάφους σε gr και (C) η περιεκτικότητα του διηθήματος σε θρεπτικά στοιχεία (K, Ca, Na, Mg) τότε η περιεκτικότητα σε μgr ανά gr εδάφους δίνεται από την εξίσωση:

$$K, Ca, Na, Mg (ppm) = \frac{C \times V}{B} = 20 \times C \quad \mu\text{gr/ gr εδάφους (ppm)}$$

Ο φώσφορος στο έδαφος

Προσδιορισμός εδαφικού φωσφόρου κατά OLSEN.

Ο φώσφορος εκχυλίζεται από το έδαφος με διάλυμα 0.5 M NaHCO₃ σε pH 8.5. Για τον προσδιορισμό του φωσφόρου στο εκχύλισμα χρησιμοποιείται η μέθοδος του κυανού μολυβδαινίου. Αυτή βασίζεται από στην αρχή ότι σε όξινο διάλυμα μολυβδαινικού άλατος (PH=3) όταν προστεθούν ορθοφωσφορικά ανιόντα, σχηματίζεται φωσφορομολυβδαινικό σύμπλοκο το οποίο ανάγεται με τη βοήθεια χλωριούχου κασσίτερου (SnCl₂), σε κυανού του μολυβδαινίου.

Οι παρασκευές των αντιδραστηρίων απαιτεί:

Διάλυμα εκχυλίσεως 0,5 M NaHCO₃ σταθερού PH=8,5

Διαλύουμε 42.01gr NaHCO₃ και 0.77gr NaOH σε lit H₂O. Το pH του διαλύματος πρέπει να είναι 8.5. Σε αντίθετη περίπτωση ρυθμίζουμε με προσθήκη 1M NaOH. Το διάλυμα πρέπει να διατηρείται κατά προτίμηση σε πλαστική φιάλη και να ελέγχεται το pH αυτού τουλάχιστον κάθε μήνα.

1.2.6.3 ANTIΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

- 1) H₂SO₄ 2,5M: Ποσότητα 70ml H₂SO₄ (18M) διαλύεται σε 500 ml H₂O.
- 2) Μολυβδαινικό αμμώνιο (Ammonium molybdate tetrahydrate) : Ποσότητα 20gr (NH₄)₆ MO₇ O₂₄ 4H₂O διαλύεται σε 500 ml H₂O (Το διάλυμα διατηρείται σε γυάλινη φιάλη) .
- 3) Potassium antimonyl tartrate trihydrate [C₈H₄K₂O₁₂Sb₂ 3H₂O, CAS No.: 28300- 74-5] 1mgSb/ml διαλύονται 0,2728gr σε 100ml H₂O. Η ζύγιση πρέπει να γίνεται σε ζυγό ακρίβειας 0.0001 .
- 4) Ασκορβικό οξύ 0,1M . Διαλύονται 1,76gr C₆H₈O₆ σε 100ml H₂O .Είναι απαραίτητο το διάλυμα να παρασκευάζεται την ίδια ημέρα.

Δημιουργείτε ένα μίγμα αντιδραστηρίων:

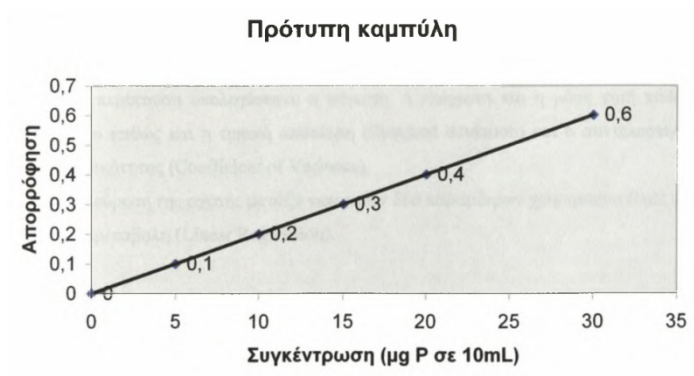
- 50ml από το αντιδραστήριο 1
- 15ml από το αντιδραστήριο 2
- 5ml από το αντιδραστήριο 3
- 30ml από το αντιδραστήριο 4

Τελικός όγκος του μίγματος των διαλυμάτων είναι 100 ml

Μεταφέρεται μια ποσότητα δείγματος ή standard διαλύματος η οποία περιέχει 2-40μgr P σε ογκομετρική φιάλη των 50ml . Δηλαδή από το standard διάλυμα των 5 mg/lit εάν πάρουμε ποσότητα 1ml θα περιέχει 5 mgr P, τα 5ml θα περιέχουν 25mgr P, τα 8ml θα περιέχουν 40mgr P.

Προσθέτουμε H₂O μέχρι όγκου 25ml περίπου και 8ml από το μίγμα αντιδραστηρίων . Φέρνουμε σε τελικό όγκο 50 ml και μετράμε σε μήκος κύματος 880nm μετά από χρόνο 10 λεπτών. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούμε την πρότυπη καμπύλη για τον υπολογισμό του φωσφόρου στο εδαφικό δείγμα. Το φασματοφωτόμετρο μηδενίζεται με το Standard 0 δηλαδή με το 'τυφλό', που είναι απόσταγμένο νερό ενώ τα υπόλοιπα πρότυπα μετριοούνται με τη αύξουσα σειρά τους. Μετά από κάθε μέτρηση απόρροφησης προτύπου το όργανο μηδενίζεται εκ νέου με το 'τυφλό'. Στην συνέχεια κατασκευάζεται η πρότυπη καμπύλη φωσφόρου με την οποία θα υπολογιστεί η ποσότητα φωσφόρου στο εδαφικό δείγματα (εικόνα 10.98).

Εικόνα 58: Ενδεικτική καμπύλη βαθμονόμησης του φασματοφωτομέτρου για το φώσφορο



Για την εκχύλιση του εδαφικού δείγματος ζυγίζοντε 2 gr εδαφικού δείγματος και προστίθενται 40 ml διαλύματος 0,5 M NaHCO₃ (αναλογία 1:20) PH=8,5 τοποθετούνται σε φιάλη ανακίνησης 100ml και ανακινούνται για 30min. Στη συνέχεια ακολουθεί η

φυγοκέντρωση του διαλύματος και μετά η διήθηση ηθμό Whatman nr40 (εικόνα 10.99). Εάν δεν έχουμε διαυγές διήθημα προσθέτουμε 1g ενεργού άνθρακα ανακινούμε αμέσως και επαναλαμβάνουμε την διήθηση. Αυτό γίνεται κυρίως σε οργανικά εδάφη.

πό το διήθημα λαμβάνονται 10ml σε ογκομετρική φιάλη των 50ml. Προστίθεται λίγο απιονισμένο νερό. Μετά στη φιάλη προστίθεται διάλυμα 8ml από το μείγμα αντιδραστηρίων και συμπληρώνετε η ογκομετρική φιάλη με απόσταγμένο νερό μέχρι την χαραγή. Πωματίζετε η ογκομετρική και ανακινείτε. Μετά από παραμονή 45min μετράτε η απόρροφηση στο φασματοφωτόμετρο στα 880nm με κυψελίδα 1cm. Οι μετρήσεις της απόρροφησης μέσω της καμπύλης που κατασκευάσαμε μας δίνουν μια τιμή συγκέντρωσης P.

Τη συγκέντρωση P στο διάλυμα που βρίσκουμε πρέπει να τη μετατρέψουμε σε P στο έδαφος. Για να το κάνουμε αυτό πολλαπλασιάζουμε τη συγκέντρωση του P στο διάλυμα επί τις αραιώσεις που κάναμε: Έχουμε κάνει δύο αραιώσεις

(α) Την ποσότητα του P του 1g (περίπου, αλλά ακριβώς καταγεγραμμένη) την εκχύλισαμε με 20 mL εκχυλιστικού διαλύματος

(β) 5 mL διηθήματος τα αραιώσαμε σε 25 mL ογκομετρική φιάλη.

Άρα ο τύπος υπολογισμού της συγκέντρωσης του P στο έδαφος είναι:

$P \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = A * (\text{mL εκχυλιστικού διαλύματος} / B \text{ g εδάφους}) * (\text{mL ογκομετρικής φιάλης} / \text{mL διηθήματος που βάλαμε στην ογκομετρική φιάλη})$. Στην περίπτωσή μας,

$P \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = A * (20/B) * (25/5)$, δηλαδή

$P \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = 100 * (A/B)$

Όπου A= ppm P στο εκχύλισμα (αυτό που μετράμε στο φασματοφωτόμετρο) και B= g εδάφους που χρησιμοποιήσαμε.

Το εδαφικό άζωτο (N).

Προσδιορισμός του αμμωνιακού και νιτρικού αζώτου με την μέθοδο του χλωριούχου καλίου (KCl) 2N.

Οι δύο κυριότερες μορφές ανόργανου αζώτου είναι η αμμωνιακή και η νιτρική μορφή, με τις οποίες προσλαμβάνεται το άζωτο από τα φυτά και οι οποίες περιέχονται στο έδαφος σε μικρές ποσότητες (Αλιφραγκής και Παπαμίχος 1995).

Προσδιορισμός αμμωνιακού αζώτου.

Τα αντιδραστήρια που απαιτούνται είναι:

- Διάλυμα χλωριούχου καλίου (KCl) 2N.

- Ζυγίζετε 149,1 gr KCl και διαλύετε σε ένα λίτρο νερό. Το pH του διαλύματος πρέπει να είναι ισχυρώς όξινο (pH 2,5). Ρυθμίζεται χρησιμοποιώντας HCl.
- Οξείδιο του Μαγνησίου (MgO).
- Το αντιδραστήριο θερμαίνεται σε φούρνο 600⁰ C για 2 ώρες.
- Διάλυμα βορικού οξέος με δείκτη.
- Παρασκευάζεται όπως και για το ολικό άζωτο.
- Θειικό οξύ (H₂SO₄) 0,005 N.
- Παρασκευάζεται από αμπούλα 0,1 N H₂SO₄.
- Standard διάλυμα NH₄ -N.
- Ζυγίζετε 0,382 gr χλωριούχου αμμωνίου (NH₄Cl) και διαλύετε σε ένα λίτρο νερό.
- 6. Devardas alloy.

Η διαδικασία ξεκινά με το ζύγισμα 10-30 gr εδαφικού δείγματος εδάφους και τα τοποθετείτε σε κωνική φιάλη των 250 ή 500 ml. Προστίθενται 100-300 ml KCl 2N (σε αναλογία 1:10 έδαφος: διάλυμα KCl). Το αιώρημα του εδάφους ανακινείται για 2 ώρες σε αναδευτήρα. Στη συνέχεια το εκχύλισμα διηθητέ το εκχύλισμα με ηθμό Whatman No 1.

Από το διήθημα λαμβάνονται 20ml και τα μεταφέρουμε στη φιάλη της συσκευής απόσταξης. Προστίθενται 0,2 gr MgO και γίνεται απόσταξη σε 4 λεπτά. Το NH₄ -N δεσμεύεται με 50ml H₃BO₃ όπως ακριβώς γίνεται και στο ολικό άζωτο. Στη συνέχεια γίνεται ογκομέτρηση του περιεχόμενου της κωνικής φιάλης με H₂SO₄ 0,005 N. Για τον έλεγχο της κανονικότητας του H₂SO₄ απόστάζουμε 10 ml του standard διαλύματος NH₄ -N που παρασκευάσαμε και το τιτλοδοτούμε με H₂SO₄ 0,005 N.

1.2.6.4 Προσδιορισμός του σχετικού περιεχομένου σε νερό (RWC relative water content)

Η υδατική κατάσταση των φυτικών κυττάρων είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένη με τη λειτουργία και την επιβίωση των φυτών. Το νερό, άλλωστε, αποτελεί το 90 - 95 % της μάζας ενός τυπικού φυτικού κυττάρου σε συνθήκες επάρκειας. Η περιεκτικότητα σε νερό (Water Content), συνδέεται περισσότερο με το υδατικό ισοζύγιο του φυτού και, επομένως, με τη δυνατότητα αύξησης και ανάπτυξης του φυτού. Η περιεκτικότητα σε νερό εκφράζεται με αρκετούς διαφορετικούς τρόπους (π.χ. ποσότητα νερού ανά μονάδα ξηρού βάρους, ποσότητα νερού ανά μονάδα νωπού βάρους κ.λ.π). Καθώς η ξηρή μάζα

ενός ιστού διαφέρει σημαντικά από δείγμα σε δείγμα γενικά απόφεύγεται η χρήση της περιεκτικότητας σε νερό.

Σχετικό Περιεχόμενο σε Νερό (Relative Water Content, RWC) είναι ένας εύχρηστος δείκτης της υδατικής κατάστασης ενός ιστού γιατί εκφράζει το τρέχον περιεχόμενό του σε νερό σχέση με το περιεχόμενο σε νερό του ίδιου ιστού όταν αυτός έχει κορεστεί πλήρως σε νερό. Το RWC υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

Προσδιορισμός του σχετικού περιεχομένου σε νερό Αντικείμενο της άσκησης

Η εκτίμηση του σχετικού περιεχομένου σε νερό (Relative Water Content, RWC) σε φύλλα. Με αυτή την απλή μέθοδο δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης της υδατικής κατάστασης των φυτών τόσο μεταξύ διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθηκών, όσο και μεταξύ διαφορετικών ειδών. Η υδατική κατάσταση των φυτικών κυττάρων είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένη με τη λειτουργία και την επιβίωση των φυτών. Το νερό, άλλωστε, αποτελεί το 90-95 % της μάζας ενός τυπικού φυτικού κυττάρου σε συνθήκες επάρκειας. Η περιεκτικότητα σε νερό (Water Content), συνδέεται περισσότερο με το υδατικό ισοζύγιο του φυτού και, επομένως, με τη δυνατότητα αύξησης και ανάπτυξης του φυτού. Η περιεκτικότητα σε νερό εκφράζεται με αρκετούς διαφορετικούς τρόπους (π.χ. ποσότητα νερού ανά μονάδα ξηρού βάρους, ανά μονάδα νεπού βάρους κ.λ.π). Καθώς η ενός ιστού διαφέρει σημαντικά από δείγμα σε δείγμα γενικά απόφεύγεται η χρήση της περιεκτικότητας σε νερό. Το Σχετικό Περιεχόμενο σε Νερό (Relative Water Content, RWC) είναι ένας εύχρηστος δείκτης της υδατικής κατάστασης ενός ιστού γιατί εκφράζει το τρέχον περιεχόμενό του σε νερό σε σχέση με το περιεχόμενο σε νερό του ίδιου ιστού όταν αυτός έχει κορεστεί πλήρως σε νερό. Το RWC υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$RWC = \frac{\text{Νωπό Βάρος} - \text{Ξηρό Βάρος Κορεσμένο}}{\text{Κορεσμένο Βάρος} - \text{Ξηρό Βάρος}} \times 100$$

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω μαθηματικό τύπο το Σχετικό Περιεχόμενο σε Νερό (RWC) εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό. Το κρισιμότερο στάδιο της μέτρησης του RWC είναι η επίτευξη της πλήρους ενυδάτωσης (κορεσμός) του ιστού που εξετάζεται. Ειδικότερα, για την εκτίμηση του σχετικού περιεχομένου των φύλλων σε νερό χρησιμοποιούνται τμήματα του ελάσματος του φύλλου. Καταλληλότερα είναι τα ώριμα φύλλα στα οποία, αντίθετα με τα νεαρά, η αύξηση του αριθμού και του μεγέθους των κυττάρων έχει ήδη ολοκληρωθεί. Η διαδικασία ενυδάτωσης διαρκεί μέχρι το σημείο κορεσμού περιλαμβάνει δύο διακριτές φάσεις. Κατά την πρώτη φάση, το νερό εισέρχεται

στον ιστό με μεγάλη ταχύτητα απόκαθιστώντας το έλλειμμα σε νερό, ενώ κατά τη δεύτερη φάση, που είναι πολύ πιο αργή, η ποσότητα του νερού που εισέρχεται είναι πολύ μικρή και σχετίζεται με πολλές διαφορετικές φυσιολογικές διεργασίες. Η δεύτερη φάση είναι

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω μαθηματικό τύπο το Σχετικό Περιεχόμενο σε Νερό (RWC) εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό.

Το κάθε φύλλο τοποθετείται σε αεροστεγές σακουλάκι που περιέχει ένα μικρό κομμάτι νωπού διηθητικού χαρτιού και φυλάσσεται σε δοχείο με χαμηλή θερμοκρασία μέχρι να μεταφερθεί στο εργαστήριο, εξασφαλίζοντας ότι η υδατική κατάσταση του δείγματος δεν θα μεταβληθεί κατά τη μεταφορά.

Το κάθε φύλλο ζυγίζεται με ζυγό ακριβείας και καταγράφεται το νωπό βάρος του (NB) και στη συνέχεια, τοποθετείται σε μικρό τριβλίο με απιονισμένο νερό. Τα τριβλία τοποθετούνται σε χώρο με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και πολύ χαμηλή ένταση φωτός (προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν κατά το δυνατόν οι μεταβολικές διαδικασίες). Τα φύλλα ζυγίζονται σε τακτά χρονικά διαστήματα (τουλάχιστον 4 ωρών). Όταν το βάρος του κάθε φύλλου σταθεροποιηθεί, καταγράφεται ως κορεσμένο βάρος (KB). Στη συνέχεια, οι δίσκοι τοποθετούνται σε κλίβανο στους 70 - 80 °C για διάστημα περίπου 24 ωρών προκειμένου να καταγραφεί το ξηρό βάρος τους (EB).

Στην συνέχεια από την παραπάνω σχέση υπολογίζεται το RWC του κάθε δίσκου.

1.2.6.5 Αλατότητα

Χαρακτηρισμός της ποιότητας των νερών (TDS & EC)

Υπάρχουν δύο παράμετροι αξιολόγησης της ποιότητας του νερού όσον αφορά την αλατότητα του νερού άρδευσης. Αλατότητα νερού αναφέρεται μερικές φορές ως η συνολική συγκέντρωση των αλάτων ή των συνολικά διαλυμένων στερεών στο νερό (TDS). Οι μονάδες TDS εκφράζονται συνήθως σε χιλιοστόγραμμα των αλάτων ανά λίτρο νερού (mg/L). Αυτός ο όρος χρησιμοποιείται ακόμα από τα εμπορικά αναλυτικά εργαστήρια και αντιπροσωπεύει το συνολικό αριθμό χιλιοστογράμμων των αλάτων που θα παρέμεναν σε στερεά μορφή μετά από εξάτμιση 1 λίτρου νερού κατόπιν ξήρανσης. Το TDS επίσης συχνά αναφέρεται ως μέρος στο εκατομμύριο (ppm) και είναι το ίδιο αριθμητικά με την μονάδα mg/L. Όσο υψηλότερο το TDS, τόσο υψηλότερη και η αλατότητα του νερού. Η πιο χρησιμοποιούμενη μέτρηση είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC). Η EC είναι πιο χρήσιμη μέτρηση από το TDS επειδή μπορεί να γίνει άμεσα και

εύκολα Τα διαλυμένα άλατα στο νερό άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα, και, επομένως η συγκέντρωση των αλάτων στο νερό συσχετίζεται άμεσα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC). Η EC του νερού και του εδαφικού εκχυλίσματος αναφέρεται και συμβολίζεται ως $w EC$ και $e EC$ αντίστοιχα.

Οι χρησιμοποιούμενες μονάδες της EC είναι:

millimhos per centimeter (mmhos/cm) ή decisiemens per meter (dS/m).

[1mmhos/cm = 1 dS/m]

Επίσης άλλη μονάδα είναι το micrommhos per centimetre (μmhos/cm).

1 μmhos = 1/1000 mmhos=1/1000 dS/m

Συχνά μετατροπή μεταξύ της $w EC$ και της TDS μπορεί να γίνει, αλλά απαιτείται προσοχή επειδή

οι συντελεστές μετατροπής εξαρτώνται από το επίπεδο αλατότητας αλλά και από τη σύσταση του

νερού. Για παράδειγμα :

$w TDS (mg/L) = 640 \square EC (dS/m)$ όταν $w EC < 5 dS/m$

$w TDS (mg/L) = 800 \square EC (dS/m)$ όταν $w EC > 5 dS/m$

Τα Θεικά άλατα δεν άγουν τον ηλεκτρισμό με τον ίδιο τρόπο όπως άλλοι τύποι αλάτων.

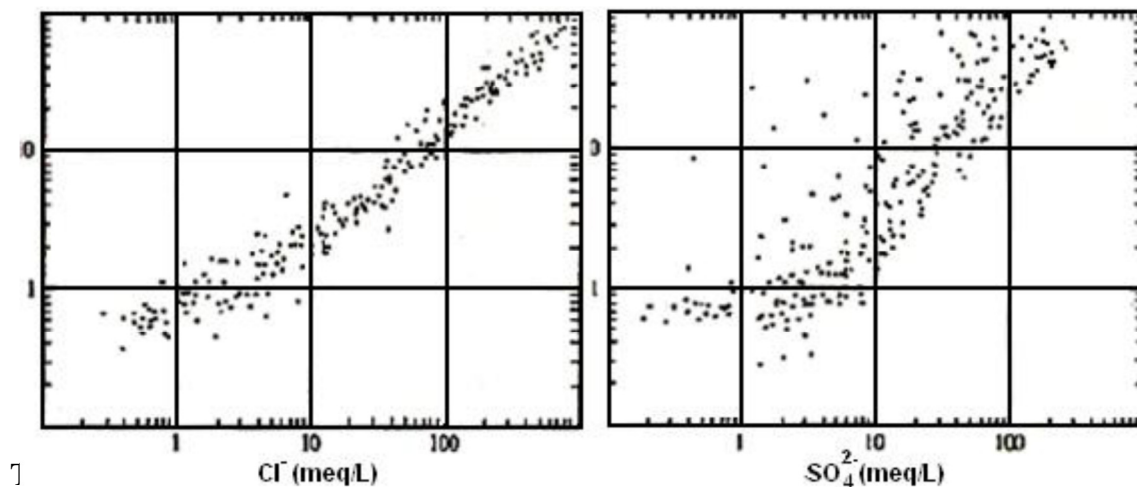
Επομένως, εάν το νερό περιέχει μεγάλες ποσότητες θεικού άλατος, οι συντελεστές μετατροπής πρέπει να προσαρμοστούν ανάλογα (προς τα πάνω).

ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ		ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΛΑΤΙΟΥ ΣΕ 20 ΛΙΤΡΑ ΝΕΡΟΥ
0 TDS	ΚΑΝΟΝΙΚΟ ΝΕΡΟ	0
1,5 TDS	ΑΛΑΤΟΝΕΡΟ	20 gr αλατι σε 20 lit νερο
2,5 TDS	ΑΛΑΤΟΝΕΡΟ	33,5 gr αλατι σε 20 lit νερο
3,5 TDS	ΑΛΑΤΟΝΕΡΟ	47 gr αλατι σε 20 lit νερο

Ημέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βασίζεται στη μέτρηση της ειδικής αντίστασης του νερού με τη βοήθεια της γέφυρας PhilipsήKohlrausch.

•Η κατασκευή τωνηλεκτρικώ ναγωγιμόμετρων που χρησιμοποιούνται σήμερα για τη μέτρηση της αγωγιμότητας, βασίζεται στη παραπάνω αρχή. Οι ενδείξεις των οργάνων

είναι ψηφιακές, όλες δε οι αναγωγές προκειμένου το αποτέλεσμα που θα προκύψει να δίνεται σε $\mu\text{S}/\text{cm}$ είναι ενσωματωμένες στο ηλεκτρονικό κύκλωμα του οργάνου.



Όπου: TDS τα συνολικά διαλυμένα στερεά εκφράζονται σε mg/L .

E.C η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε $\mu\text{S}/\text{cm}$ στους 25°C .

K ο συντελεστής διόρθωσης που κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 0.55 και 0.80.

Ειδική Ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού άρδευσης

Ένας απλός και σχετικά ακριβής τρόπος για την εκτίμηση της περιεκτικότητας του νερού άρδευσης σε άλατα, είναι η μέτρηση της ηλεκτρικής του αγωγιμότητας (EC). Ο ίδιος δείκτης χρησιμοποιείται και για τον έλεγχο της περιεκτικότητας των εδαφών σε υδατοδιαλυτά άλατα, όπου ως όριο μεταξύ κανονικών και αλατούχων εδαφών έχει ορισθεί η τιμή των $4 \text{ dS}/\text{m}$ (παλαιότερη μονάδα $4 \text{ mmho}/\text{cm}$) στο εκχύλισμα κορεσμού. Η αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού συσχετιζόμενη με εκείνη του νερού άρδευσης, είναι 2 έως και 10 φορές μεγαλύτερη, ακόμα και αν το έδαφος δεν δέχεται άλατα από οποιαδήποτε άλλη πηγή. Αυτό οφείλεται στην κατά κάποιο τρόπο «συμπύκνωση» του αρδευτικού νερού, εξαιτίας της εξάτμισης του από το έδαφος και της διαπνοής μιας ποσότητάς του από τα φυτά. Η χρησιμοποίηση επομένως νερού άρδευσης με μέση ή μεγάλη περιεκτικότητα σε άλατα, κάτω από συνθήκες που ευνοούν την εξατμισοδιαπνοή, οδηγεί στη δημιουργία αλατούχων εδαφών, ακόμα και αν η στράγγιση του εδάφους είναι ικανοποιητική. Η μέτρηση της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού άρδευσης γίνεται, όπως και στο εκχύλισμα κορεσμού (βλ. Κεφ. για την Εναλάτωση του εδάφους). Με βάση την τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και ανάλογα με τον κίνδυνο αλατώσεως των εδαφών, τα νερά άρδευσης κατατάσσονται σε τέσσερις

κατηγορίες. • Κατηγορία 1. $EC < 250 \mu S/cm$ (σύνολο αλάτων $< 160 mg/L$, παλαιότερα ppm) κίνδυνος αλατώσεως μικρός. • Κατηγορία 2. $250 < EC < 750 \mu S/cm$ (σύνολο αλάτων $160-480 mg/L$) κίνδυνος αλατώσεως μέσος. • Κατηγορία 3. $750 < EC < 2.250 \mu S/cm$ (σύνολο αλάτων $480-1.440 mg/L$) κίνδυνος αλατώσεως μεγάλος. • Κατηγορία 4. $EC > 2.250 \mu S/cm$ (σύνολο αλάτων $> 1.440 mg/L$) κίνδυνος αλατώσεως μέγιστος. Σημείωση: Η παραδοσιακή μονάδα μέτρησης της EC ήταν το mho/cm και τα υποπολλαπλάσιά του, mmho/cm και μmho/cm. Σήμερα η απόδεκτη μονάδα είναι το Siemens και τα υποπολλαπλάσιά του, η δε ισοδυναμία των δυο μονάδων είναι: $dS/m = mS/cm = mmho/cm$. Η παραδοσιακή μονάδα μικρών συγκεντρώσεων ήταν το ppm (parts per million, μέρη στο εκατομμύριο). Σήμερα απόδεκτη και ισοδύναμη μονάδα είναι το mg/L προκειμένου περί υγρού διαλύτου (νερό) ή mg/kg προκειμένου περί στερεού. Η συνολική συγκέντρωση αλάτων του νερού άρδευσης σε mg/L, υπολογίζεται από την EC_{25C} εκφρασμένη σε $\mu S/cm$ αν πολλαπλασιαστεί επί τον συντελεστή 0,64. Ο κίνδυνος αλατώσεως ενός εδάφους, όπως αναφέρθηκε, δεν εξαρτάται μόνο από την τιμή της EC του νερού άρδευσης, αλλά και από την εξατμισοδιαπνοή και τις συνθήκες στράγγισης του εδάφους. Στον Πίνακα 3.1, φαίνεται το ποσοστό από το εφαρμοζόμενο νερό άρδευσης, που πρέπει να στραγγίζει στο έδαφος για να παραμένει η τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκχυλίσματος κορεσμού του εδάφους, (EC_{ex}) στο ίδιο επίπεδο που υπήρχε αρχικά.

Συνολικά διαλελυμένα στερεά

• Τα συνολικά διαλελυμένα στερεά (Total dissolved solids, TDS) αποτελούν δείκτη της ολικής αλατότητας των νερών. Πρόκειται για τη συνολική συγκέντρωση διαλελυμένων αλάτων στο νερό που κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 100 και 100.000 mg/L. Στα TDS δεν περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια, τα κolloειδή και τα διαλελυμένα αέρια.

1.2.6 Φυτική κόμη καλλιέργειας

Ως φυτική κόμη (*plant canopy*), ορίζεται το σύνολο των υπέργειων οργάνων μιας φυτοκοινωνίας. Ως δομή της φυτικής κόμης (*plant canopy structure*) ορίζεται την ποσότητα, τη διάταξη και οργάνωσή των υπέργειων οργάνων μιας φυτοκοινωνίας στο χώρο. Ένας πιο λεπτομερής ορισμός της δομής, θα προσέθετε ότι η διάταξη και οργάνωση στο χώρο αναφέρεται σε παραμέτρους όπως το σχήμα, το μέγεθος, τον

προσανατολισμό και τη χωρική κατανομή των διαφόρων φυτικών οργάνων ή στοιχείων, όπως είναι και τα φύλλα, οι βλαστοί, οι βραχίονες, τα άνθη και οι καρποί. Η δομή της φυτικής κόμης καθορίζει τον τρόπο διάδοσης της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στη φυτική κόμη, ασκώντας μεγάλη επίδραση στην κατακόρυφη μεταβολή της θερμοκρασίας.

Η αρχιτεκτονική της φυτικής κόμης διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε μια φυτοκοινωνία, καθώς καθορίζει τις ροές ενέργειας και μάζας ανάμεσα στα φυτά και στο περιβάλλον τους, ενώ ρυθμίζει και μια σειρά από φυσιολογικές λειτουργίες. Ο τύπος της δομής, καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο διαδίδεται η ηλιακή ακτινοβολία μέσα στη φυτική κόμη, διαμορφώνοντας αυτό που ονομάζουμε ως «το μικρό κλίμα της ακτινοβολίας». Η δομή της φυτικής κόμης ασκεί μεγάλη επίδραση στην κατακόρυφη μεταβολή της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Επιπλέον, επιδρά στην πρόσληψη και μεταφορά των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, στην ροή του ανέμου, στη διαμόρφωση της εδαφικής θερμοκρασίας και υγρασίας αλλά και της ροής της θερμότητας στο έδαφος. Έτσι η φυτική κόμη μπορεί να είναι σημαντική στον καθορισμό του φυσικού περιβάλλοντος άλλων οργανισμών μέσα στην φυτοκοινωνία και στην επιτυχή ή όχι εγκατάσταση και ανάπτυξή τους. Η φυτική κόμη επηρεάζει με έμμεσο τρόπο:

- φυσιολογικές διαδικασίες, όπως αυτές της φωτοσύνθεσης, της αναπνοής, της κυτταρικής αύξησης και της φωτομορφογένεσης
- την μόλυνση και μετάδοση των παθογόνων
- την αύξηση και τον πολλαπλασιασμό των εντόμων και
- τον ανταγωνισμό μεταξύ των ειδών μιας φυτοκοινωνίας.

Μέτρηση της δομής της φυτικής κόμης

Η μέτρηση της δομής της φυτικής κόμης βασίζεται σε μεθόδους – τεχνικές που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό ορισμένων εκ των παραμέτρων της δομής.

Η μέτρηση πεδίου θεωρείται ότι παρέχει πιο ακριβή αποτελέσματα και συχνά χρησιμεύει ως LAI και χρησιμοποιείται για την επιβεβαίωση των παραπάνω μεθόδων. Υπάρχουν δύο κατηγορίες μεθόδων μέτρησης εδάφους: άμεσες μέθοδοι και έμμεσες μέθοδοι (Weiss 2004). Οι άμεσες (συμπεριλαμβανομένων των ημι-άμεσων) μέθοδοι περιλαμβάνουν: συλλογή δεδομένων η μέθοδος αλλομετρικής σχέσης και υπολογισμοί (Breda, 2003). Παρέχουν την άμεση πρόσβαση στην περιοχή των φύλλων μέτρησης και την αναφορά για την αξιολόγηση έμμεσων μεθόδων. Ωστόσο, παρατηρούνται επίσης περιορισμοί σε αυτές τις μεθόδους: η συλλογή δεδομένων είναι καταστροφική και είναι κατάλληλη μόνο για

βλάστηση μικρού μεγέθους. η μέθοδος αλλομετρικής σχέσης είναι ειδική για τον τόπο και το είδος και επίσης εξαρτάται από το έτος. Η συλλογή δεδομένων χρησιμοποιείται ευρέως στην δασική οικολογία και χρησιμεύει ως αναφορά, αλλά και πάλι ποικίλλει με πολλούς παράγοντες. Η τεχνική της καταστροφικής μεθόδου απαιτεί εντατική δειγματοληψία για τον ποσοτικό προσδιορισμό ενός μέσου αριθμού δειγμάτων και του υπολογισμού του LAI. Αυτές οι άμεσες μέθοδοι απαιτούν πάρα πολύ και κοπιαστική εργασία και είναι χρονοβόρες Έτσι, έχουν αναπτυχθεί έμμεσες μέθοδοι για τη μελέτη της δομής του φυλλώματος από τη δεκαετία του 1960.

Οι τεχνικές αυτές κατατάσσονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Άμεσες μέθοδοι μέτρησης
- Ημι-άμεσες μέθοδοι μέτρησης
- Έμμεσες μέθοδοι μέτρησης

Οι **άμεσες μέθοδοι μετρήσεις** (*direct measurement methods*) είναι εκείνες στις οποίες οι μετρήσεις των γωνιών και της επιφάνειας γίνονται απευθείας στα στοιχεία της φυτικής κόμης και συνήθως περιλαμβάνουν τις λεγόμενες καταστρεπτικές τεχνικές. Οι **έμμεσες μέθοδοι μέτρησης** (*indirect measurement methods*), σε γενικές γραμμές, απαιτούν την ύπαρξη ενός μοντέλου που να συσχετίζει την απόκριση της φυτικής κόμης σε μια διεργασία όπως στην διάδοση του φωτός μέσα στην φυτική κόμη, με τις παραμέτρους που περιγράφουν την δομή της. Η απόκριση μετράτε κάτω από κατάλληλες συνθήκες, και το μοντέλο με την σειρά του χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των παραμέτρων της δομής της φυτικής κόμης. Οι **ημι-άμεσες μέθοδοι μέτρησης** (*semidirect measurement methods*) αποτελούν οριακές περιπτώσεις μεθόδων με μη διακριτή συνήθως κατηγοριοποίηση μεταξύ των άμεσων και των έμμεσων μεθόδων.

Η διάρκεια της φυλλικής επιφάνειας (LAD) εκφράζει την ποσότητα και τη διάρκεια παραμονής της φυλλικής επιφάνειας ή της φυλλοβρίθειας κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Εκφράζει επίσης το βαθμό ή την εποχιακή ολοκλήρωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στη συνολική βιομάζα. Μια νέα μέθοδος έχει αναπτυχθεί, βασισμένη στην ανάλυση επίπεδων ψηφιακών φωτογραφιών που αποτελούνται από επίπεδα φύλλων (Ryu et al., 2010a, Pisek et al., 2011,2013). Αυτή η μέθοδος, εδώ καλούμενη φωτογραφική μέθοδος, επιτρέπει μια ταχεία, μη επαφή και ακριβή εκτίμηση του LAD (Ryu et al., 2010a). Έχει δείξει την

πιθανότητα να υπερνικήσει πολλές από τις ελλείψεις άλλων τεχνικών μέτρησης LAD. Η φωτογραφική μέθοδος έχει εφαρμοστεί επιτυχώς σε μια σειρά από πλατάνια

1.2.6.7 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index, LAI)

Η φυλλική επιφάνεια εκφράζεται με το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), ο οποίος ισούται με τη συνολική επιφάνεια των φύλλων που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη μονάδα επιφάνειας του εδάφους. Με το δείκτη φυλλικής επιφάνειας αγνοούνται οι άλλες φωτοσυνθέτουσες επιφάνειες του φυτού (μίσχοι, στελέχη, κ.α.) οι οποίες όμως σε πρακτική κλίμακα αντιπροσωπεύουν μικρό ποσοστό. LAI εκφράζει και την απόδοτικότητα μιας καλλιέργειας ως προς τη φωτοσυνθετική ικανότητα. LAI αυξάνει από το φύτευμα μέχρι ενός ορίου του ώριμου φυτού και αύξηση αυτή συνδέεται εποχικός με τον ρυθμό αύξησης και βλαστικής ανάπτυξης των φυτών.

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI), εκφράζει το συνολικό άθροισμα της επιφάνειας της μιας πλευράς των φύλλων της φυτικής κόμης ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους (m^2 φυλλικής επιφάνειας / m^2 επιφάνειας εδάφους).

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI), ορίζεται ως το ήμισυ της συνολικής ανεπτυγμένης επιφάνειας φύλλων ανά μονάδα οριζόντιας επιφάνειας εδάφους (Chen & Black, 1991). Το LAI υποδεικνύει το πράσινο χρώμα των φυτών και έτσι είναι πολύ σημαντικό για την εκτίμηση της φωτοσύνθεσης. Καθορίζει έμμεσα την επίδραση στην υγρασία και την θερμοκρασία του εδάφους, και επηρεάζει την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, τις απώλειες νερού λόγω εξατμισοδιαπνοής, τις διαδικασίες απόικοδόμησης των φυτικών υπολειμμάτων και την ανάπτυξη μικροβιακών πληθυσμών στο έδαφος. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας είναι σε μεγάλο βαθμό άμεσες και καταστρεπτικές, χωρίς βέβαια να αποκλείεται και η χρησιμοποίηση άλλων έμμεσων και μη καταστρεπτικών μεθόδων.

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) εκφράζει τη στρατηγική που αναπτύσσουν τα φυτά με σκοπό τη μεγιστοποίηση της δέσμευσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η μεγιστοποίηση επιτυγχάνεται με την κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους που συμβαίνει με τη ρύθμιση της πυκνότητας των φυτών και την τοποθέτησή τους στο χώρο, και που εν τέλει οδηγούν στην απότομη και κατάλληλη επιμήκυνση των φύλλων.

Σήμερα έχουν επικρατήσει να χρησιμοποιούνται ευρύτατα τρεις μέθοδοι εκτίμησης της φυλλικής επιφάνειας: (1) με αυτόματου τύπου επιφανειόμετρο, (2) με προσδιορισμό της επιφάνειας με βάση τις διαστάσεις του φύλλου και (3) με προσδιορισμό του λόγου της φυλλικής επιφάνειας προς το ξηρό βάρος του φύλλου.

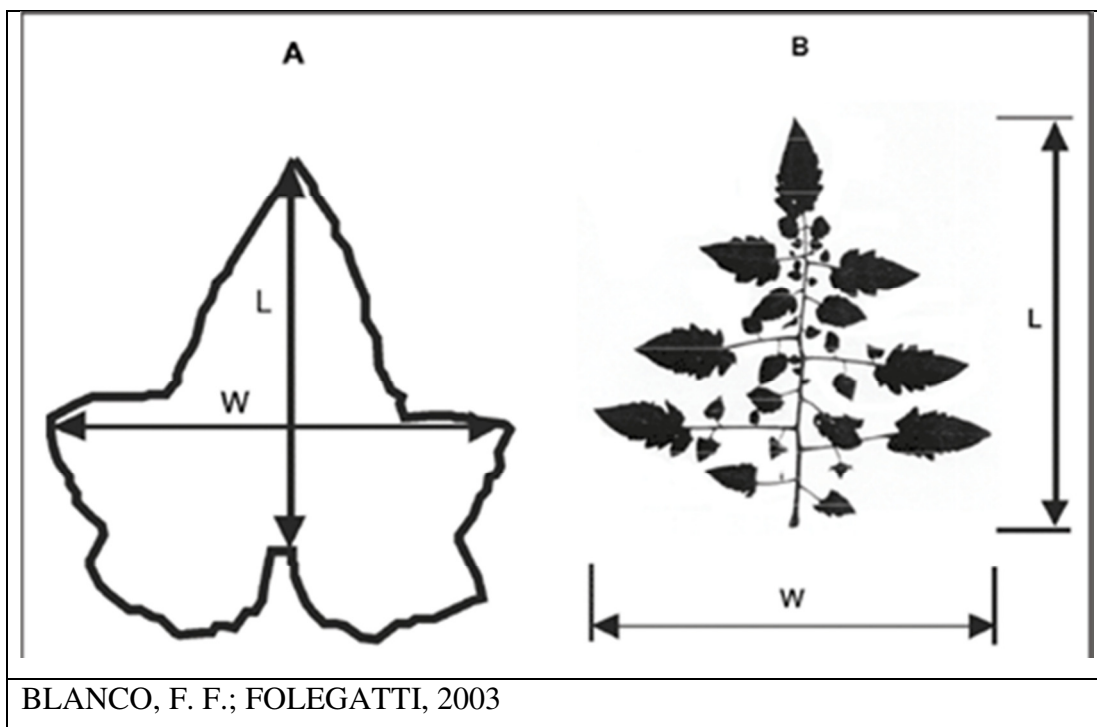
Τα αυτόματου τύπου επιφανειόμετρα μπορεί να είναι εργαστηριακού τύπου, οπότε απαιτούν φύλλα προερχόμενα από καταστρεπτική μέθοδο όπως το επιφανειόμετρο LI-3100 της LI-COR, inc. USA ή επιφανειόμετρο Delta-T τύπου AMS της Delta-T Devices, UK ή φορητού τύπου, οπότε δεν εφαρμόζεται η καταστρεπτική μέθοδος (π.χ επιφανειόμετρο LI-3000 της LI-COR όπως φαίνονται στις παρακάτω εικόνες. Με αυτά τα μηχανήματα μπορούμε να πετύχουμε πολύ μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις της τάξης του 1%, με την προϋπόθεση να ακολουθείται σωστή συντήρηση και βαθμονόμησή τους. Επιπλέον αυτά μετρούν την πραγματική φυλλική επιφάνεια, χωρίς να περιλαμβάνουν τα ανοίγματα από τα έντομα ή άλλες πηγές καταστροφής του φυλλώματος. Ωστόσο, πραγματοποιείται μια “ισοπέδωση” του φύλλου κατά την διάρκεια της μέτρησης με συνέπεια την υποτίμηση της επιφάνειας των φύλλων με “κυματισμούς”.



Εικόνα 59: Όργανα μέτρησης γυλλικής επιφάνειας (LAI)

Ο προσδιορισμός της φυλλικής επιφάνειας βάση δυο απλών διαστάσεων του φύλλου, μπορεί να εξασφαλιστεί χωρίς την εφαρμογή καταστρεπτικής μεθόδου, με μια εκτίμηση της τάξης του 5%. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις βαθμονόμησης πρέπει να γίνεται συχνός έλεγχος των αποτελεσμάτων.

Οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι μέτρησης της περιοχής των φύλλων είναι χρήσιμες για μικρούς πληθυσμούς φυτών, όπως πειράματα με φυτά σε γλάστρες, και επιτρέπουν τη μέτρηση του ίδιου φυτού αρκετές φορές κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Χρησιμοποιήθηκε μια μεθοδολογία για την εκτίμηση του δείκτη της περιοχής των φύλλων (LAI) φυτών αγγουριού και τομάτας μέσω της εκτίμησης του σχεδίου κατανομής της περιοχής των φύλλων (LADP) των φυτών και του σχετικού ύψους των φύλλων στα φυτά. Το ύψος των φυτών και των φύλλων, καθώς και το μήκος και το πλάτος όλων των φύλλων μετρήθηκαν και η περιοχή ορισμένων φύλλων προσδιορίστηκε από έναν ψηφιακό μετρητή περιοχής.



Εικόνα 60

Το φύλλο είναι ένα σημαντικό φυτικό όργανο και συνδέεται με τη φωτοσύνθεση και την εξατμισοδιαπνοή. Επομένως, απαιτούνται μετρήσεις της επιφάνειας των φύλλων στις περισσότερες φυσιολογικές και αγρονομικές μελέτες που αφορούν την ανάπτυξη φυτών (Guo & Sun, 2001). Έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι για τις μετρήσεις της περιοχής των φύλλων. Οι άμεσες μέθοδοι για τον προσδιορισμό της περιοχής των φύλλων περιορίζονται στη χρήση ενός αυτόματου μετρητή ολοκλήρωσης περιοχής. Η ανίχνευση, η σκίαση ή η χρήση ενός οργανου για τη μέτρηση της περιοχής των φύλλων που συνδέονται με τους βλαστούς είναι χρονοβόρα και κουραστική. Επίσης, σε μερικά πειράματα ο χρόνος είναι ανεπαρκής για να πραγματοποιηθούν τέτοιες μετρήσεις. Η

εκτίμηση της περιοχής των φύλλων από τα μαθηματικά μοντέλα που περιλαμβάνουν γραμμικές μετρήσεις των φύλλων είναι σχετικά ακριβής και μη καταστρεπτική. Ένα μαθηματικό μοντέλο μπορεί να ληφθεί συσχετίζοντας το μήκος φύλλου (L), το πλάτος (W) ή το μήκος x πλάτος (LW) στην πραγματική περιοχή φύλλων (LA) ενός δείγματος φύλλων χρησιμοποιώντας ανάλυση παλινδρόμησης. Οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι που βασίζονται σε γραμμικές μετρήσεις είναι ταχύτερες και ευκολότερες στην εκτέλεση και παρουσιάζουν καλή ακρίβεια για τη μελέτη της ανάπτυξης των φυτών σε διάφορες καλλιέργειες

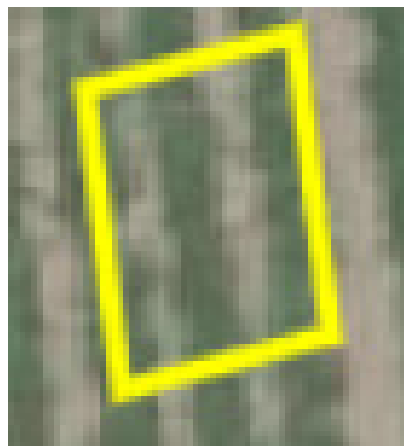
2 Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Πειραματική εγκατάσταση

2.1.1 Γενικά

Τα δυο υπαίθρια πειράματα πατάτας (*Solanum tuberosum* var. Farida) πραγματοποιήθηκαν στην Περιφερειακή Ενότητα Αχαΐας, στο Δημοτικό Διαμέρισμα Δυτικής Αχαΐας, σε δύο αγροκτήματα στον Άραξο, σε δυο διαδοχικές ανοιξιάτικες καλλιέργειες πατάτας (Φεβρουάριος-Ιούνιος) τα έτη 2017 και 2018. Στόχος του πειράματος ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της αλατότητας στα μορφολογικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας Farida.

Πειραματικά αγροτεμάχια



Ιδιότητα:	Αγρόκτημα 2018	
A/A	X	Y
0	274733.35	4223463.30
1	274737.59	4223452.45
2	274744.99	4223455.36
3	274740.50	4223466.21

Ελληνικό

Κτηματολόγιο:

Ιδιότητα:	Αγρόκτημα 2017	
A/A	X	Y
0	275154.04	4223676.82
1	275161.71	4223678.67
2	275163.04	4223668.61
3	275155.36	4223666.76

Ελληνικό

Κτηματολόγιο:

Ορθοφωτογραφίες ΟΤΑ ΣΑΓΑΙΚΩΝ

Ορθοφωτογραφίες ΟΤΑ ΣΑΓΑΙΚΩΝ

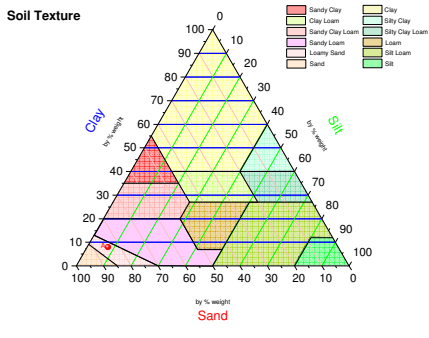
Η περιοχή του Άραξου βρίσκεται στο Δημοτικό Διαμέρισμα Δυτικής Αχαΐας και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της τοποθεσίας του αγροκτήματος του 2017 είναι 38° 08' 07' γεωγραφικό πλάτος, 21° 26' 10' γεωγραφικό μήκος, ενώ το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας αντιστοιχεί σε 18m και του 2018 είναι 38° 08' 00' γεωγραφικό πλάτος, 21° 25' 53' γεωγραφικό μήκος, ενώ το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας αντιστοιχεί σε 16m Τα αγροτεμάχια που παραχωρήθηκαν από τον γεωπόνο Δημήτρη Παπαζαφείρη, για την πραγματοποίηση του πειράματος ήταν το καθένα έκτασης τέσσερα μέτρα επί της γραμμής και εννέα μέτρων κάθετα της γραμμής συνολικού εμβαδού τριάντα έξη τετραγωνικών μέτρων.

Το κλίμα της περιοχής του Άραξου χαρακτηρίζεται σαν ασθενές θερμό - μεσογειακό με έντονη θερινή ξηρή περίοδο και σχετικά ήπιο και υγρό χειμώνα. Οι βροχοπτώσεις είναι αρκετά μεγάλες, αλλά όχι ομοιόμορφα κατανομημένες κατά την διάρκεια του έτους, ενώ οι χιονοπτώσεις είναι σχεδόν ανύπαρκτες (Σορόγκα, 2003).

Εδαφολογική ανάλυση αγρού

Το έδαφος της περιοχής του αγροκτήματος είναι αμμώδες (*Sandy*) ελαφριάς σύστασης με ποσοστό της άμμου να είναι 84,4% και το ποσοστό της αργίλου (*Clay*) να είναι μικρότερο 8%, από και η Ιλύς (*Silt*) να είναι 7,6% με μικρή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας και θρεπτικών στοιχείων. Το PH του βρίσκεται σε ασθενώς όξινα επίπεδα (6.35) Πίν. 1.

Πίνακας 1: Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά εδαφολογικής ανάλυσης υπαίθριων πειραματικών πατάτας ποικιλίας Farida στην περιοχή του Άραξου στην Περιφερειακή Ενότητα Αχαΐας κατά τα έτη 2017 και 2018.

<p>Μηχανική σύσταση εδάφους (Mechanical analysis of soil)</p> 	Άμμος, (Sant)	84,4%
	Άργιλος, (Clay)	8%
	Ιλύς, (Silt)	7,6%
PH		6.35
Ηλεκτρική αγωγιμότητας του εδάφους (Electrical Conductivity), mS/cm/25°		453 mS/cm

Μέτρηση του pH εδάφους και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC)

Για την μέτρηση του PH χρησιμοποιήθηκαν 20g εδάφους και 40ml απιονισμένο νερό. Το διάλυμα εδάφους νερού αναδευόταν για δυο ώρες. Στην συνέχεια για την μέτρηση του PH χρησιμοποιήθηκε το Standard διάλυμα (buffer) βαθμονόμησης πεχαμέτρου.

Για την μέτρηση του EC χρησιμοποιήσαμε 20g εδάφους και 40ml απιονισμένο νερό. Το διάλυμα εδάφους νερού αναδευόταν για δυο ώρες. Στην συνέχεια για να μετρήσουμε την EC στο διάλυμά χρησιμοποιήσαμε το αγωγιμόμετρο.



Πεχάμετρο



Αγωγιμόμετρο

2.1.2 Καλλιεργητικές εργασίες

2.1.2.1 Προετοιμασία του εδάφους

Η σειρά των εργασιών με την χρονική σειρά που πραγματοποιήθηκαν ήταν: Άροση εδάφους, βασική λίπανση, ‘‘σήκωμα σαμαριών’’, τοποθέτηση συστήματος άρδευσης και φύτευση.

Η πρώτη άροση του αγρού πραγματοποιήθηκε λίγο πριν τη φύτευση (πέντε μέρες). Τρεις μέρες πριν την φύτευση των κονδύλων έγινε εφαρμογή βασικής λίπανσης με 15-9-15+2MgO+TE (COMPO EXPERT) σε ποσότητα λιπάνσεως : 80kg/στρέμμα. Η παραπάνω βασική λίπανση είναι ένα σύμπλοκο κοκκώδες NPK λίπασμα με την παρακάτω σύνθεση:

- Άζωτο (N) 15% [Νιτρικό (NO₃-) 6,5% Αμμωνιακό (NH₃+) 5,5%],
- Φώσφορος (P₂O₅) 9%,
- Κάλιο (K₂O) 15%
- Μαγνήσιο (MgO) 2%,
- Θείο (SO₃) 16%,
- Βόριο (B) 0,02%,
- Ψευδάργυρος (Zn) 0,01%

Η φύτευση των κονδύλων πραγματοποιήθηκε μηχανικά στις 28 Φεβρουάριου 2017 και στις 28 Ιανουαρίου 2018. Ο τρόπος φύτευσης ήταν γραμμικός όπου οι απόστάσεις φύτευσης των κονδύλων ήταν 75cm μεταξύ των γραμμών φύτευσης και 30cm μεταξύ των κονδύλων στη γραμμή φύτευσης. Το βάθος φύτευσης ήταν περίπου 10cm.

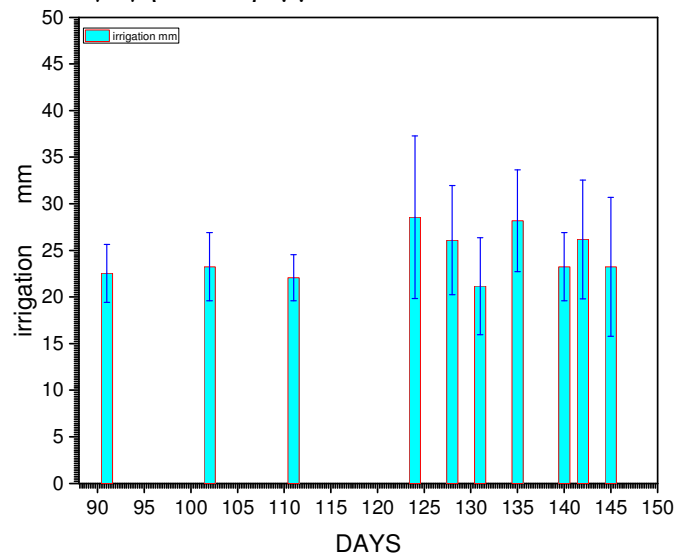
Στον παρακάτω **Πίνακα 2** περιγράφονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας.

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά καλλιέργειας πατάτας ποικιλίας Farida στην περιοχή του Αραξου στην Περιφερειακή Ενότητα Αχαΐας

Χαρακτηριστικά καλλιέργειας	
Μήκος Πειραματικού Τεμαχίου	9 m
Πλάτος αυλακιού	0,75 m
Βάθος Φύτευσης	10 cm
Υψος σαμαριού	20 cm
Επί της γραμμής φύτευσης (= μεταξύ των κονδύλων - φυτών)	30 cm

Η καλλιέργεια αρδεύτηκε με σύστημα καταιονισμού. Μετά το φύτεμα για την εξασφάλιση της επάρκειας νερού σε όλα τα στάδια, από το φύτεμα των κονδύλων μέχρι την ωρίμανση τους τοποθετήθηκε στα αγροκτήματα το σύστημα καταιονισμού άρδευσης προσέχοντας για την καλή απόρροή του νερού. Το νερό κατανέμονταν ομοιόμορφα σε όλη την έκταση της καλλιέργειας. Η συχνότητα της άρδευσης εξαρτήθηκε από τις καιρικές συνθήκες και την ικανότητα συγκράτησης νερού του εδάφους.

Η μέτρηση της ποσότητας νερού που έπεφτε κατά την άρδευση ακολουθήθηκε από την εξής μεθοδολογία. Τοποθετήθηκαν ογκομετρικά δοχεία συγκεκριμένης διατομής μέσα στην καλλιέργεια πατάτας, τα οποία κατά την άρδευση συνέλεγαν το νερό που έριχναν οι καταιονιστήρες (μπεκ) άρδευσης. Ο μέσος όρος άρδευσης του νερού στον αγρό υπολογιζόταν από τις μετρήσεις όγκου του νερού που περνούσε από την διατομή των δοχείων αφού γινόταν αναγωγή ανά στρέμμα.



Εικόνα 1: Άρδευση σε χιλιοστά (mm) ανά ημέρα της καλλιεργητικής περιόδου 2017 και 2018 στα δυο πειραματικά αγροτεμάχια.

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου πραγματοποιήθηκαν φυτοπροστατευτικές μεταχειρίσεις.

Προληπτικοί ψεκασμοί κατά του περονόσπορου με Dimix SC (δραστική ουσία Dimethomorph 50%) σε ποσότητα: 1,8 ml/36m² και Revus 25 SC (δραστική ουσία Mandipromamid 25%) σε ποσότητα: 1,8 ml / 36m².

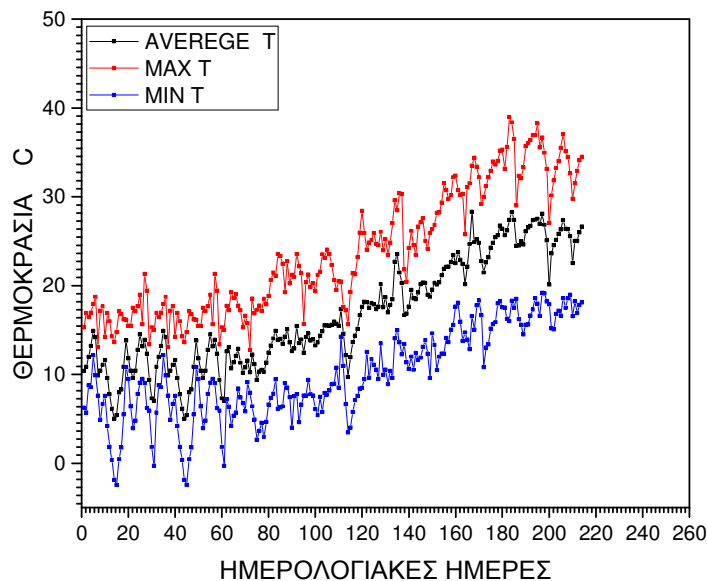
Η παταοφυτεία χρειάζεται προστασία από τον ανταγωνισμό των ζιζανίων από την φύτευση μέχρι να σχηματιστεί συμπαγής βλάστηση και να γίνει πλήρης κάλυψη του εδάφους, έτσι ώστε να είναι αδύνατη η ανάπτυξη νέων ζιζανίων. Μετά το φύτεμα των φυτών της πατάτας ο έλεγχος των ζιζανίων έγινε με ψεκασμό σε συνδυασμό ζιζανιοκτόνων φαρμάκων με Rush 25 WG (δραστική ουσία Rimsulfuron 25%) σε

δοσολογία: 0,216g / 36m² και Metagrizin 70 WG (δραστική ουσία Metribuzin 70%) σε Δοσολογία: 1,0 ml/36m².

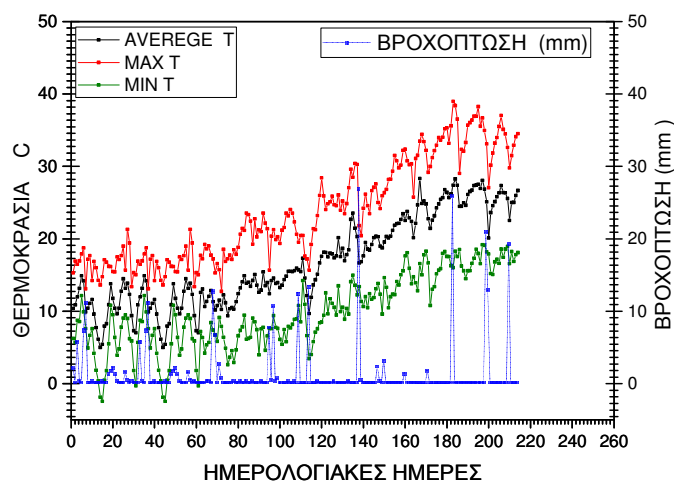
Ακολούθησαν δυο ακόμα ψεκασμοί με μυκητοκόνα: Ψεκασμός καλλιέργειας με μυκητοκτόνο Peronil WG (δραστική ουσία Cymoxanil 4% , Mancozeb 45%) σε δοσολογία: 9g ψεκ. υγρ./ 36 m². καθώς και με μυκητοκτόνο Dimix SC (δραστική ουσία Dimethomorph 50%) σε δοσολογία: 1,8 ml/36 m².

2.1.2.2 Μετεωρολογικά δεδομένα

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τιμές των θερμοκρασιών και υγρασιών, μέγιστων και ελάχιστων που παρατηρήθηκαν κατά τους μήνες της καλλιέργειας και η μηνιαία βροχόπτωση στις δυο ανοιξιάτικες καλλιέργειες πατάτας τα έτη 2017 (Φεβρουάριος - Ιούνιος) και 2018 (Ιανουάριος -Μάιος). Για την περιγραφή του κλίματος των μελετούμενων περιοχών χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.). Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία του Μετεωρολογικού σταθμού Αράξου.



Εικόνα 2: Μέγιστη (Tmax), μέση (T), και ελάχιστη (Tmin) τιμή της θερμοκρασία του αέρα καλλιεργητικής περιόδου 2017στο πειραματικό αγροκτήμα (Μετεωρολογικά στοιχεία από μετεωρολογικού σταθμού Αράξου).



Εικόνα 3: Μέγιστη (T_{max}), μέση (T), και ελάχιστη (T_{min}) τιμή της θερμοκρασία του αέρα και βροχόπτωση καλλιεργητικής περιόδου 2017 στο πειραματικό αγροκτήμα (Μετεωρολογικά στοιχεία από μετεωρολογικού σταθμού Αράξου).

2.1.2.3 Εξατμισοδιαπνοή

Όταν στις καλλιέργειες γίνεται επαρκής άρδευση και έχουν στη διάθεσή επάρκεια εδαφικής υγρασίας δηλαδή επάρκεια εδαφικού νερού. Οι καλλιέργειες καταναλώνουν αυτές τις ποσότητες εδαφικού νερού ανάλογα των συνθηκών που επικρατούν στην ατμόσφαιρα που περιβάλλει τις καλλιέργειες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μεγιστοποίηση της φυτικής κόμης που δε

σημαίνει αναγκαία ότι θα έχουμε την μεγιστοποίηση και την Βέλτιστη απόδοση της καλλιέργειας.

Η εξατμισοδιαπνοή είναι το άθροισμα νερού που χάνεται λόγω εξάτμισης από το έδαφος της καλλιέργειας και από διαπνοή από το φύλλωμά της καλλιέργειας.

Η εξάτμιση (evaporation) είναι η μετατροπή του νερού από την υγρή φάση στην αέρια φάση και ο ρυθμός μετατροπής εξαρτάται από την διαθεσιμότητα του νερού, την

διαθεσιμότητα ενέργειας στην επιφάνεια και την δυνατότητα διάχυσης των παραγόμενων υδρατμών στην ατμόσφαιρα.

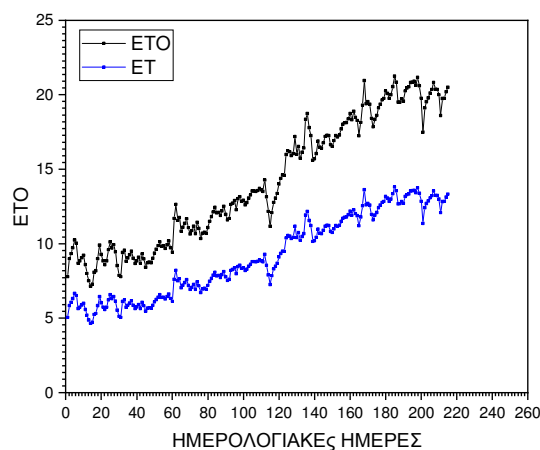
Ως διαπνοή (transpiration) εννοούμε την μετατροπή του νερού σε υδρατμούς που συντελείται

στα στομάτια του φυλλώματος του φυτού.

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ET_0) είναι η απευθείας εξάτμιση νερού από το έδαφος και νερού από την διαπνοή. Αυτές οι διεργασίες γίνονται ταυτόχρονα στη φύση και είναι δύσκολο να διαχωριστούν οι υδρατμοί που παράγονται με τις δυο διεργασίες. Με τον όρο εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration – ET_0) περιγράφουμε τη συνολική μεταφορά νερού στην ατμόσφαιρα από φυτοκαλυμμένες επιφάνειες. Για τον υπολογισμό της απαιτείται ο υπολογισμός της δυνητική εξατμισοδιαπνοής που είναι η ποσότητα εξατμισοδιαπνοής (potential evapotranspiration

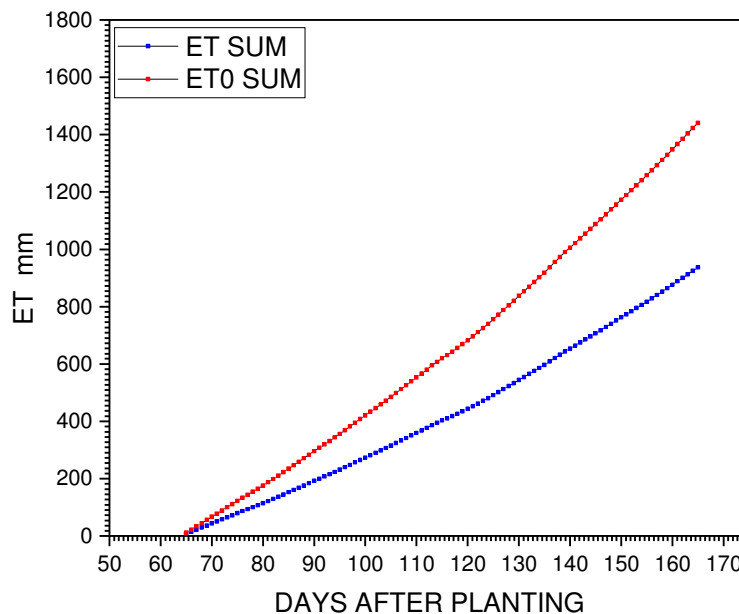
ET) που πραγματοποιείται σε πλήρως και ομοιόμορφα καλυμμένες επιφάνειες με γρασίδι κάτω από συνθήκες απεριόριστης διαθεσιμότητας νερού. Η τιμή της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής είναι πάντα μικρότερη από την δυνητική εξατμισοδιαπνοή ET_0 .

Έγινε υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς για την περιοχή ET και στην συνέχεια υπολογίστηκε η εξατμισοδιαπνοή ET_0 για την καλλιέργεια της πατάτας με την τροποποιημένη μέθοδο των Blaney-Criddle η οποία παρουσιάζεται στο κάτωθι διάγραμμα.



Διάγραμμα 1

Στην συνέχεια υπολογίστηκε η αθροιστική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας. Δηλαδή το αθροιστικό νερό ανά ημέρα που χάθηκε από την ημέρα φύτευσης μέχρι την ημέρα που έγινε η συγκομιδή της καλλιέργειας και παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 2

2.1.2.4 Πειραματικό σχέδιο

Χρησιμοποιήθηκε το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με ομάδες (4 επαναλήψεις) και 4 Μεταχειρίσεις (4 διαφορετικά είδη αλατότητας). Χρησιμοποιήθηκαν Μάρτυρας (control) 0 TDS',

Μεταχείριση 1 1.5 dS m⁻¹

Μεταχείριση 2 2.5 dS m⁻¹

Μεταχείριση 3 3.5 dS m⁻¹

Κάθε ομάδα (επανάληψη) αποτελούνταν από 4 πειραματικά τεμάχια στα οποία ήταν τυχαία διατεταγμένα 6 φυτά. Ο συνολικός αριθμός των πειραματικών τεμαχίων ήταν 16.

Πειραματικό σχέδιο πατάτας Farida								
Μεταχείριση	Ομάδα (Επανάληψη)							
	Α		Β		Γ		Δ	
Μάρτυρας (control) 0 TDS	1	2	3	4	5	6	7	8
	9	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23	24
Μεταχείριση 1 1.5 dS m ⁻¹	1	2	3	4	5	6	7	8
	9	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23	24
Μεταχείριση 2 2.5 dS m ⁻¹	1	2	3	4	5	6	7	8
	9	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23	24
Μεταχείριση 3 3.5 dS m ⁻¹	1	2	3	4	5	6	7	8
	9	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23	24

Πίνακας 3

Την καλλιεργητική περίοδο του 2017 - από 28 Φεβρουάριου έως 15 Ιουνίου 2017- κατά την διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης των φυτών έγιναν πέντε τυχαίες δειγματοληψίες από την 60^η μέρα έως την 106^η μέρα και την καλλιεργητική περίοδο του 2018- από 28 Ιανουαρίου έως 15 Μαΐου 2018- έγιναν επίσης πέντε τυχαίες δειγματοληψίες από την 72η μέρα έως την 112η μέρα.

Για κάθε δειγματοληψία με τυχαία επιλογή απόμακρυνόταν από το χώρο του πειραματικού αγροτεμάχου 16 φυτά κάθε φορά. Από κάθε ομάδα μεταχείρισης απόμακρυνόταν τυχαία ένα (1) φυτό, σύνολο 4 φυτά ανά μεταχείριση, επί 4 μεταχειρίσεις σύνολο 16 φυτά.

Για την αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στα μορφολογικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας Farida, για κάθε πείραμα και για κάθε καλλιεργητική περίοδο.

Κατ' αρχάς έγινε προσεκτική εκρίζωση φυτών και αφαιρέθηκε το έδαφος. Στη συνέχεια μετρήθηκε το μήκος του φυτού. Ακολούθησε τεμαχισμός των φυτών και πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω μετρήσεις:

Μέτρηση των

- φύλλων (μήκος και πλάτος)
- βλαστών (μήκος και διάμετρο)
- ρίζας (μήκος)
- κονδύλων (μεγάλη διάμετρος, μικρή διάμετρος)

Νωπή βιομάζα υπέργειου και υπόγειου τμήματος,

- Νωπό Βάρος φύλλων,
- Νωπό Βάρος βλαστών
- Νωπό Βάρος ρίζας,
- Νωπό Βάρος κονδύλων

Ξηρή βιομάζα υπέργειου και υπόγειου τμήματος

- Ξηρό Βάρος φύλλων,
- Ξηρό Βάρος βλαστών
- Ξηρό Βάρος ρίζας,

Μέτρηση του αριθμού

- των κονδύλων ανά φυτό
- των φύλλων ανά φυτό

2.2 Στατιστική ανάλυση

Η αξιολόγηση των πειραματικών δεδομένων για την αξιολόγηση της επίδρασης της αλατότητας στα μορφολογικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας Farida, για κάθε πείραμα και για κάθε καλλιεργητική περίοδο έγινε με ανάλυση παραλακτικότητας (ANOVA) και η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το κριτήριο Duncan ($\alpha < 0,05$), χρησιμοποιώντας το στατιστικό πρόγραμμα ORIGIN 2017. Για τον έλεγχο των PostHoc συγκρίσεων χρησιμοποιήθηκαν εναλλακτικά κατά περίπτωση οι μέθοδοι Student-Newman-Keuls (SNK), Dunnett και Tukey.

2.2.1 Αλατότητα

Η αλατότητα είναι ένας βασικός παράγοντας που οδηγεί σε ανισορροπία τις φυσιολογικές διεργασίες των φυτών. Επηρεάζει την ανάπτυξη της πατάτας και την παραγωγικότητα ειδικά σε ημι-άνυδρες περιοχές όπου αναπτύσσεται η πατάτα. Η συσσώρευση Na⁺ και Cl⁻ στα κύτταρα είναι πολύ τοξική και μπορεί να επηρεάσει όλους τους μηχανισμούς του φυτού καθώς και τις ενζυματικές δράσεις των φυτών (Hussein Abdullah Ahmed Ahmed, et.all. 2020). Η άρδευση των φυτών έγινε με διαφορετικές συγκεντρώσεις αλατότητας. Η συγκεντρώσεις δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας (NaCl) και δημιουργώντας συγκεντρώσεις 0 TDS καθαρό νερό 1,5 TDS και 3.5 TDS. Στο πείραμα μετρήθηκαν διάφοροι παράμετροι όπως το μήκος του φυτού, αριθμός κόμβων, αριθμός φύλλων, πλάτος φύλλων, μήκος φύλλων, μήκος ρίζας, αριθμός ρίζα, νωπό βάρος φυτών, ξηρό βάρος φυτών. Η αλατότητα είναι ένας περιβαλλοντικός παράγοντας που επηρεάζει την ποσότητα των φυτών και ποιότητα (Zhu, 2002).

2.2.1.1 Αποτελέσματα

2.2.1.2 Επίδραση της αλατότητας στην περιεκτικότητα σε νερό στα φύλλα (relative water content) RWC%.

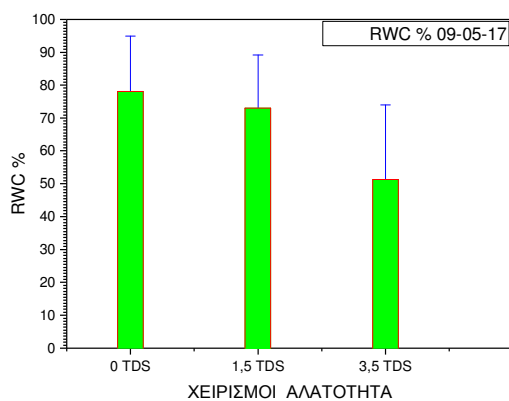
Το Σχετικό Περιεχόμενο σε Νερό (Relative Water Content, RWC) είναι ένας δείκτης της υδατικής κατάστασης ενός φυτικού ιστού που εκφράζει το υπάρχον περιεχόμενό του σε νερό σε σχέση με το περιεχόμενο σε νερό του ίδιου φυτικού ιστού όταν αυτός έχει κορεστεί πλήρως σε νερό. Το RWC υπολογίζεται από τον τύπο:

$$RWC = (\text{Νωπό Βάρος} - \text{Ξηρό Βάρος}) / (\text{Κορεσμένο Βάρος} - \text{Ξηρό Βάρος}).$$

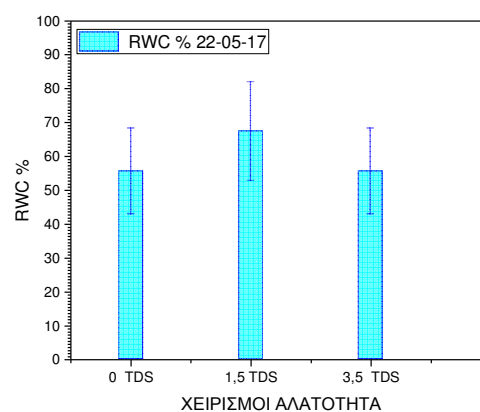
Η μελέτη της επίδρασης της αλατότητας στην περιεκτικότητα σε νερό στο φύλλο του φυτού έγινε απόκόπτοντας ώριμα φύλλα από την πατάτα συνήθως το τρίτο φύλλο από την κορυφή του βλαστού το οποίο δεν παρουσίαζε μηχανικές ζημιές ή προβλήματα από ασθένειες. Εφόσον το αφαιρούσαμε το φύλλο από τον βλαστό το τοποθετούσαμε άμεσα μέσα σε πλαστικά σακουλάκια ώστε να μην χάσει νερό λόγω εξάτμισης και τοποθετούσαμε σε φορητό ψυγείο. Στην συνέχεια στο εργαστήριο ζυγίζόταν το βάρος του φύλλου με ζυγαριά ακριβείας και το τοποθετούσαμε μέσα σε τρυβλία με απιονισμένο νερό. Τα τρυβλία τοποθετούνται σε χώρο με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και πολύ χαμηλή ένταση φωτός προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί όσο το δυνατόν οι μεταβολικές διαδικασίες του φύλλου. Μετά από οκτώ ώρες όταν τα κύτταρά του φύλλου είχαν

απόρροφήσει νερό και είχαν φθάσει σε σημείο σπαργής τα φύλλα τα επαναλαμβάνουμε την ζύγιση και έπειτα τα τοποθετούσαμε σε κλίβανο στους 70 - 80°C για διάστημα περίπου 24 ωρών προκειμένου να ξηραθούν και να καταγραφεί το ξηρό βάρος τους. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε νερό στον φυτικό ιστό σε δυο διαφορετικές χρονολογικές στιγμές. Παρατηρείται έντονη διακύμανση της περιεκτικότητας του νερού στον φυτικό ιστό. Υπό συνθήκες αλατότητας τα φυτικά κύτταρα έχουν την ικανότητα να απότρέπουν την απώλεια νερού ώστε να συνεχίσουν να αναπτύσσονται. Τα φυτά αντιδρούν στις πιέσεις αλατότητας που έχει ως αποτέλεσμα την βελτίωση της αντοχής τους αλατότητα (Hong et al., 2000; Ramajulu & Sudhakar, 2001; Ashraf & Foolad, 2007). Δημιουργούν στα κυτάρτους διαλυτές ουσίες ώστε να διαχειριστούν την αλατότητα χωρίς να επηρεάζεται ο μεταβολισμός των φυτών. Τα ωσμωτικά δυναμικά μπορούν να βοηθήσουν τα φυτά να αναπτύσσονται σε συνθήκες βελτιώνοντας την ικανότητά τους να διατηρούν ωσμωτική ισορροπία εντός του κυττάρου (Hasegawa et al., 2000; Arse & Blumwald, 2002). Η πίεση του νερού εξαρτάται από την ένταση της αλατότητας την ποικιλία και την αναπτυξιακό στάδιο της καλλιέργειας (Levy, 1986, Miller and Martin, 1987)

Η διατήρηση του με ωσμωτική προσαρμογή είναι σημαντική φυσιολογική προσαρμογές για την ελαχιστοποίηση των επιβλαβών συνεπειών του άγχους (Munns, 2002).



Διάγραμμα 3

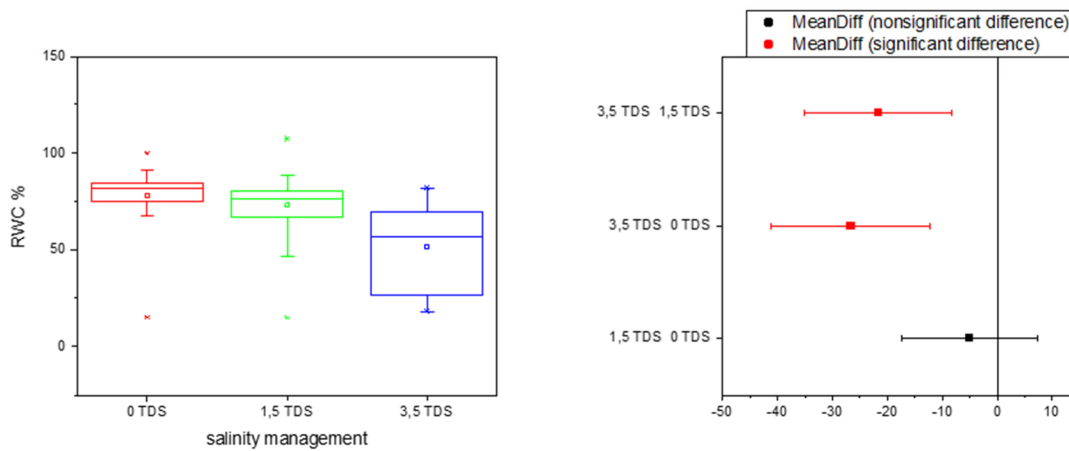


Διάγραμμα 4

Διαγράμματα περιεκτικότητας σε δυο διαφορετικές ημερομηνίες

Παρατηρούμε ότι η περιεκτικότητα σε νερό στους φυτικούς ιστούς είναι μεγαλύτερη στην μηδενική αλατότητα ενώ όσο αυξάνεται η αλατότητα η περιεκτικότητα σε νερό των φυτικών ιστών ελαττώνεται. Ο Corey et.all 1995 αναφέρει ότι όταν στα φυτά

πατάτας υπάρχει μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό έχουμε και αύξηση των κονδύλων καθώς το σχήμα και το μέγεθός τους.



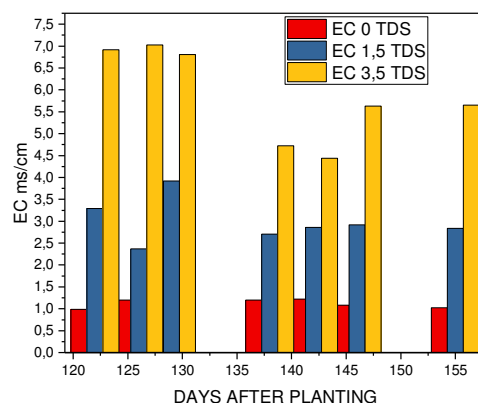
Διάγραμμα 5

Η στατιστική ανάλυση με ORIGIN 2017 εφαρμόζοντας Tukey Test έδειξε ότι υπάρχει μεγάλη στατιστική ανάμεσα στους χειρισμούς με $p < 0.5$ ως προς την περιεκτικότητα σε νερό στον φυτικό ιστό ανάμεσα στους χειρισμούς 1,5 TDS και 3.5 TDS καθώς και μεταξύ του χειρισμού 0 TDS και 3.5 TDS ενώ δεν παρατηρείται σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στον χειρισμό 0 TDS και 1.5 TDS

2.2.1.3 Αγωγιμότητα νερού άρδευσης

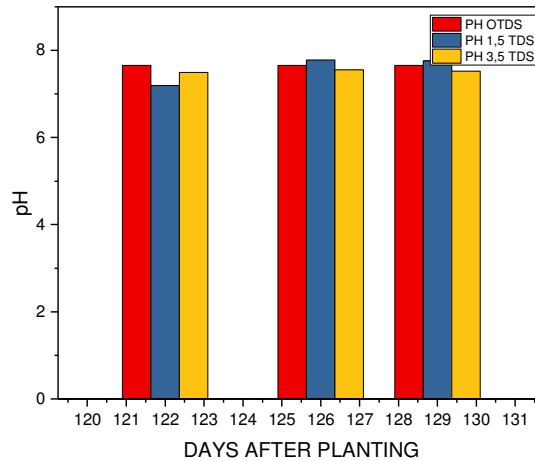
Η άρδευση πραγματοποιήθηκε με νερό συγκεκριμένης αλατότητας την οποία μετρούσαμε. Κατά την άρδευση λαμβάναμε νερό που γινόταν η άρδευση και μετρούσαμε την ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού. Η διακύμανση της αλατότητας κατά τις ημέρες εφαρμογής της άρδευσης φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα

Διάγραμμα 6



2.2.1.4(pH) νερού άρδευσης

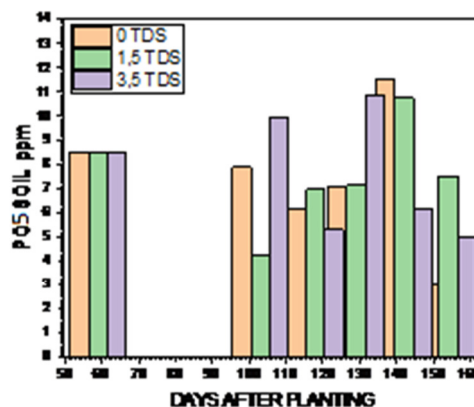
Κατά την άρδευση λαμβάναμε νερό και μετρούσαμε το pH το οποίο δεν παρουσιάζει καμιά μεταβολή κατά την περίοδο της άρδευσης. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στο κάτωθι διάγραμμα και δείχνουν μια σταθερότητα στο pH του νερού άρδευσης



Διάγραμμα 7

2.2.1.5 Μεταβολή φωσφόρου στο έδαφος.

Κατά την διάρκεια του πειράματος έγιναν κάποιες δειγματοληψίες εδάφους. Με τα δείγματα αυτά μετρούσαμε το πεντοξείδιο του φωσφόρου παρατηρώντας πως υπήρχε μεγάλη διακύμανση όσο προχωρούσαν οι μέρες. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα όπου φαίνεται και η μεγάλη διακύμανση.



Διάγραμμα 8

2.2.1.6 Δείκτης φιλικής επιφάνειας Leaf Area Index LAI

Οι περισσότερες καλλιέργειες αντέχουν στην αλατότητα έως ένα σημείο πάνω από το οποίο οι αποδόσεις μειώνονται καθώς αυξάνεται η αλατότητα (Maas, 1986). Η καλλιέργεια της πατάτας θεωρείται ότι παρουσιάζει μέτρια ευαισθησία στην αλατότητα (Maas and Hoffman, 1977, Ahmad και Abdullah, 1979) Επίσης σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει έχει αναφερθεί πως τα φυτά πατάτας που εκτέθηκαν σε αλατότητα έδειξαν μειωμένο φρέσκο βάρος και μέγεθος με μικρότερη επιφάνεια φύλλων (Levi, 1992).

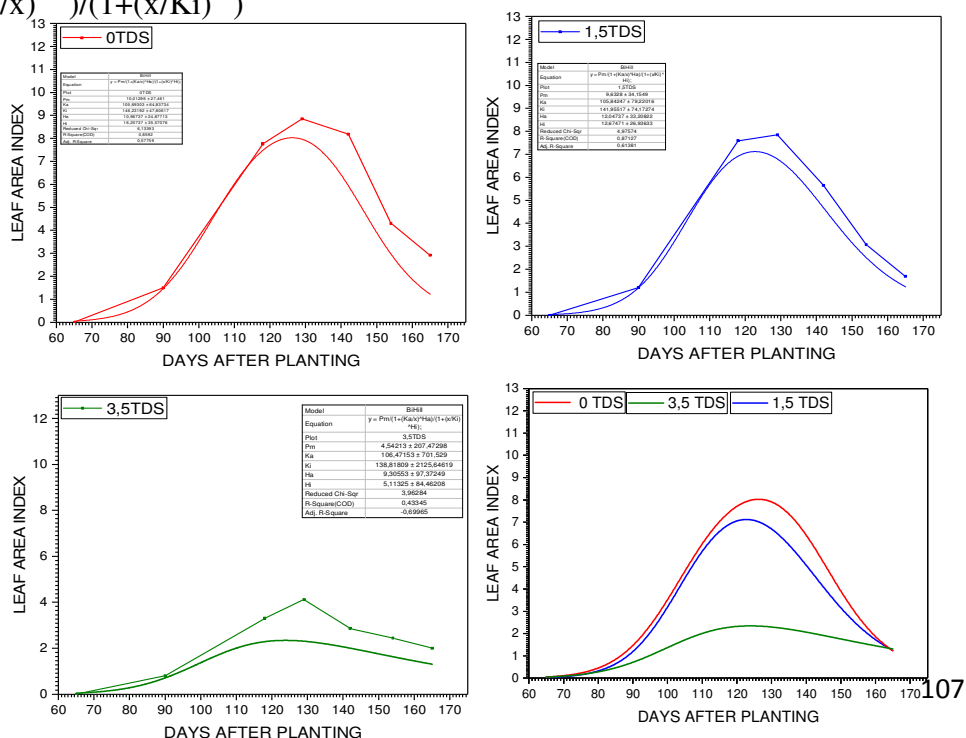
Το φύλλωμα της πατάτας είναι αυτό στο οποίο πραγματοποιούνται διάφορες διεργασίες όπως είναι η φωτοσύνθεση, αναπνοή και διαπνοή του φυτού. Επίσης μετέχει στην βιοσύνθεση των υδατανθράκων, των αμινοξέων, των πρωτεϊνών. Επίσης γίνεται η σύνθεση αυξητικών ρυθμιστικών ουσιών, χρωστικών και διαφόρων φαινολών.

Για τη μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας χρησιμοποιείται ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας leaf area index (LAI) που είναι ο λόγος της φυλλικής επιφάνειας προς την εδαφική επιφάνεια. Η φωτοσυνθετική ικανότητα εξαρτάται από την φυλλική επιφάνεια και την κατάστασή της που έχει άμεση σχέση με την απόδοση της καλλιέργειας.

Στο πείραμα που πραγματοποιήσαμε τα φυτά που λαμβάνονταν από τον αγρό τοποθετούνταν μέσα σε σακούλες ώστε να μην χάνουν νερό και αφού της πηγαίναμε άμεσα στο εργαστήριο με την καταστρεπτική μέθοδο μετρούσαμε νεπό βάρος φύλλων, βλαστών καρπού. Στην συνέχεια γινόταν απόξήρανση σε θερμοκρασία 30⁰ C για 24 ώρες και μετρούσαμε το ξηρό βάρος τους. Επίσης μετρήθηκαν ο αριθμός φύλλων. Ρυθμός μεταβολής του LAI ακολουθεί μια εξίσωση σιγμοειδής με την παρακάτω μορφή:

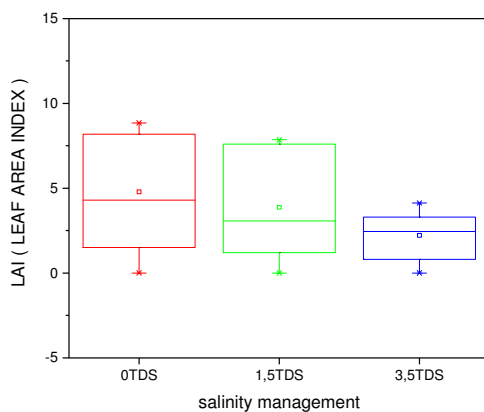
$$y = Pm / (1 + (Ka/x)^{Ha}) / (1 + (x/Ki)^{Hi})$$

Διάγραμμα 9



Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας δείχνει να μην επηρεάζεται στην μηδενική αλατοτητα. Εμφανίζει σημαντική μείωση όσο αυξάνεται η αλατότητα στα οποία συμφωνούμε τον (Munns, 1993).

Η στατιστική ανάλυση με ORIGIN 2017 εφαρμόζοντας Tukey Test έδειξε ότι υπάρχει μεγάλη στατιστική ανάμεσα στους χειρισμούς με $p < 0.5$ ως προς τον δείκτη LAI ανάμεσα στους χειρισμούς 0 TDS και 3.5 TDS 1,5 TDS και 3.5 TDS και ενώ δεν παρατηρείται σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στον χειρισμό 0 TDS και 1.5 TDS όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα



Διάγραμμα 10

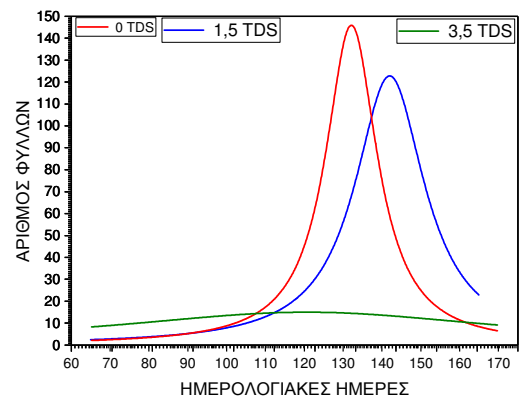
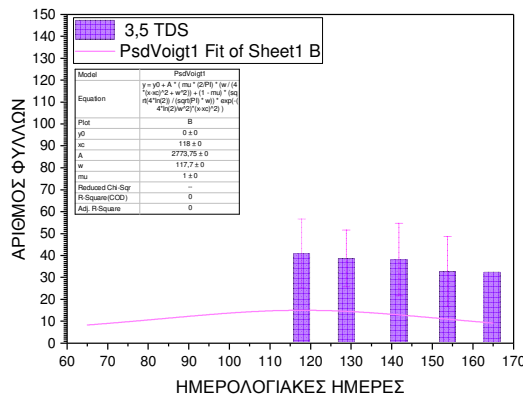
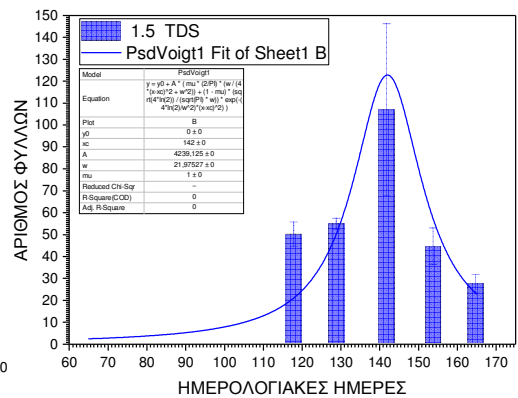
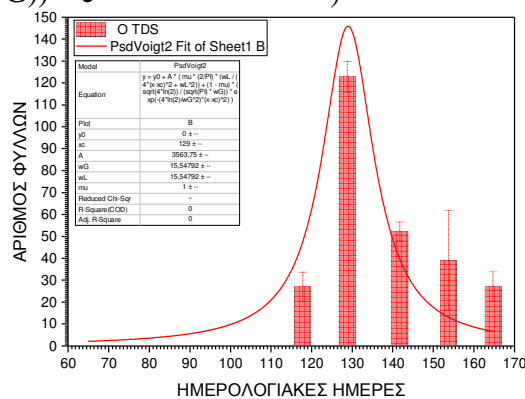
2.2.1.7 Αριθμός φύλλων

Ο αριθμός φύλλων συσχετίζεται άμεσα με τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας καθώς στον χειρισμό 0 TDS η απώλεια των κατώτερων φύλλων δεν επηρεάζει ανάπτυξη φυτού διότι πλησιάζει τον αριθμό των νέων φύλλων. Στους χειρισμούς 1.5 TDS και 3,5 TDS όπου η αλατότητα αλλάζει το δυναμικό του νερού στο έδαφος (Munns, 1993) ο ρυθμός αναγέννησης νέων φύλλων είναι μικρότερος από αυτόν που καταστρέφονται και συνεπώς έχουμε σημαντική μείωση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας με συνέπεια την μειωμένη φωτοσυνθετική παραγωγή με σημαντική μείωση των αφομοιώσιμων οργανικών ουσιών που συνεισφέρουν στην ανάπτυξη του φυτού και ως εκ τούτου οδηγεί σε σημαντική καταστολή της ανάπτυξης των φυτών. Έτσι εμφανίζεται μεγαλύτερη μείωση του LAI στον χειρισμό 3,5 TDS.

Ο ρυθμός μεταβολής του αριθμού των φύλλων είναι πιο γρήγορος και πιο μεγάλος στο χειρισμό 0 TDS και είναι λίγο παρόμοιος με τον ρυθμό που εμφανίζει ο χειρισμός 1,5 TDS. Ο χειρισμός 0 TDS εμφανίζει πιο γρήγορα και περισσότερα φύλλα σε σχέση με τον

1,5 TDS. Ο αριθμός των φύλλων αυξάνεται σταδιακά όσο προχωρά η καλλιεργητική περίοδος φθάνει σε ένα μέγιστο όταν έχουμε την μέγιστη ανάπτυξη του φυτού και στη συνέχεια φθίνει όσο το φύλλωμα της καλλιέργειας μαραίνεται ως επακόλουθο της ωρίμανσης και της αύξησης των κονδύλων της πατάτας. Ο ρυθμός μεταβολής στον χειρισμό 3,5 TDS είναι πολύ μικρός και εμφανίζει λιγότερα φύλλα ως αποτέλεσμα της υψηλής αλατότητας.

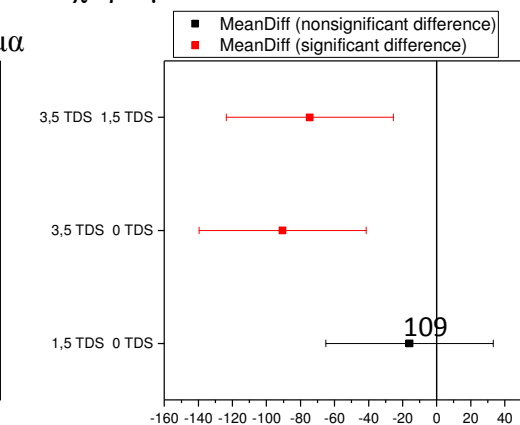
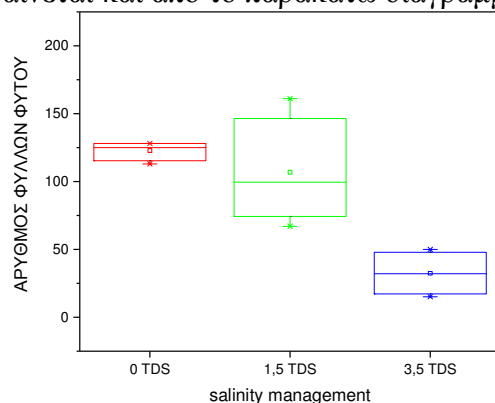
Ο ρυθμός μεταβολής είναι μια σιγμοειδή καμπύλη που περιγράφεται με την ακόλουθη εξίσωση $y = y_0 + A * (\mu * (2/\pi) * (wL / (4*(x-xc)^2 + wL^2))) + (1 - \mu) * (\text{sqrt}(4*\ln(2)) / (\text{sqrt}(\pi) * wG)) * e^{-(4*\ln(2)/wG^2)*(x-xc)^2}$



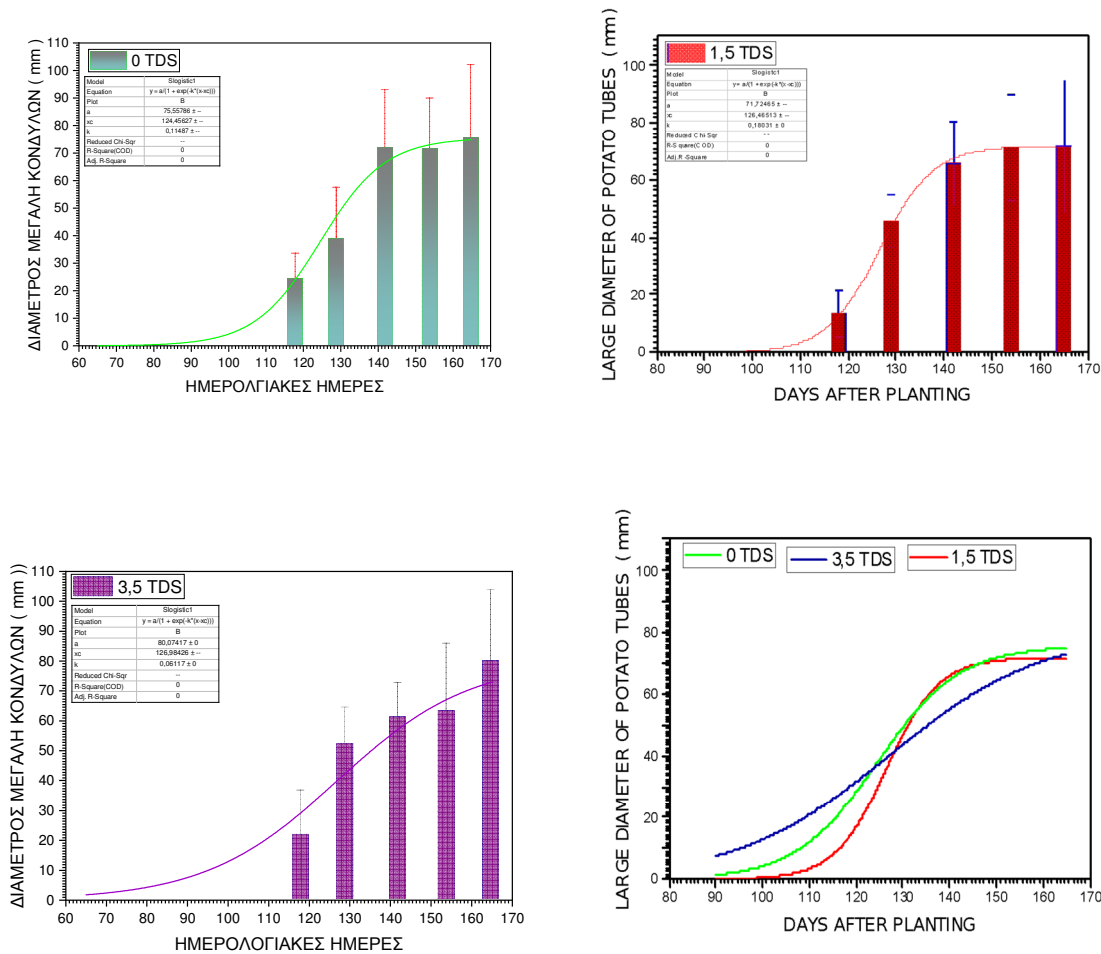
Διάγραμμα 11

Η στατιστική ανάλυση με ORIGIN 2017 εφαρμόζοντας Tukey Test έδειξε ότι υπάρχει μεγάλη στατιστική ανάμεσα στους χειρισμούς με $p < 0.5$ ως προς τον αριθμό φύλλων ανάμεσα στους χειρισμούς 1,5 TDS και 3.5 TDS και 0 TDS και 3.5 TDS Δεν παρατηρείται σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στον χειρισμό 0 TDS και 1.5 TDS με $p > 0.5$ όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα

Διάγραμμα 12



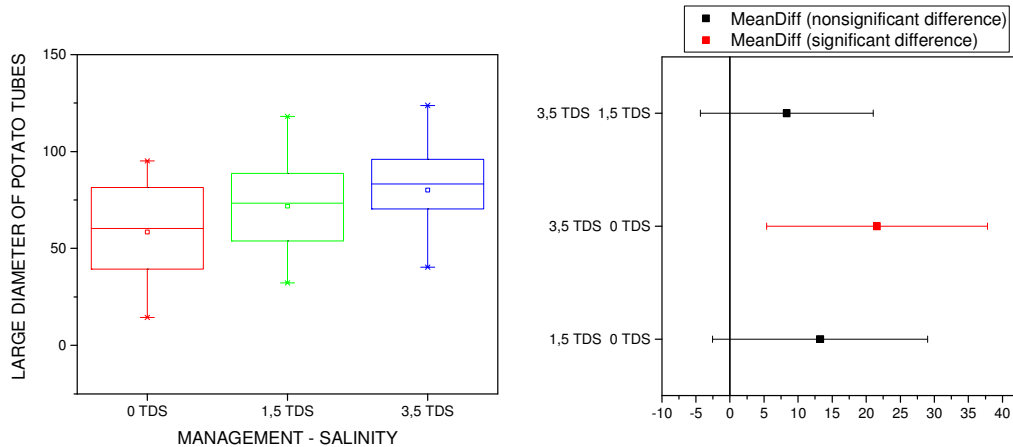
2.2.1.8 Ρυθμός μεταβολής μεγάλης διαμέτρου πατάτας



Διάγραμμα 13

Ο ρυθμός μεταβολής της μεγάλης διαμέτρου είναι μια σιγμοειδή καμπύλη που περιγράφεται από την εξίσωση $y = a/(1 + \exp^{-k*(x-xc)})$. Παρατηρώντας τα διαγράμματα βλέπουμε ότι η αύξηση της διαμέτρου είναι εμφανίζεται στους κονδύλους της πατάτας πιο γρήγορα στον χειρισμό 3,5 TDS και λίγο πιο αργά στον χειρισμό 1,5 TDS και πιο αργά στον χειρισμό 0 TDS. Αυτό ίσως οφείλεται στο στρες που δέχονται τα φυτά λόγω αλατότητας και της μειώσεως της φυλλικής επιφάνειας που εμφανίζεται περισσότερο στον χειρισμό 3,5 TDS. Την μέγιστη διάμετρο των καρπών την έχουμε κατά την ολοκλήρωση της καλλιεργητικής περιόδου λίγο πριν την συγκομιδή. Φαινομενικά από την παρατήρηση των διαγραμμάτων βλέπουμε ότι δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά στην διάμετρο των κονδύλων της πατάτας. Εφαρμόζοντας στατιστική ανάλυση με ORIGIN 2017 εφαρμόζοντας Tukey Test έδειξε ότι υπάρχει μεγάλη στατιστική ανάμεσα στους χειρισμούς με $p < 0.5$ ως προς την μεγάλη διάμετρο των κονδύλων πατάτας ανάμεσα στους

χειρισμούς 0 TDS και 3.5 TDS Δεν παρατηρείται σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στον χειρισμό 0 TDS και 1.5 TDS με $p > 0.5$ καθώς και μεταξύ των χειρισμών 1,5 TDS και 3.5 TDS όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα



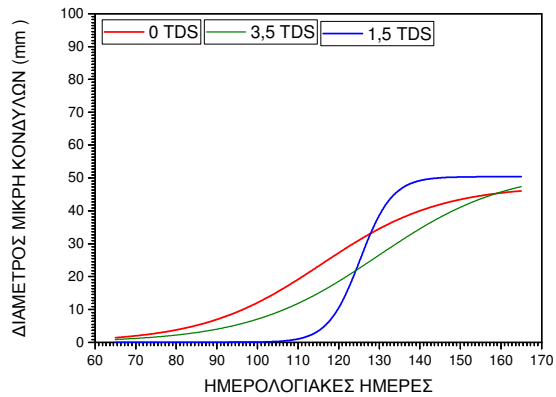
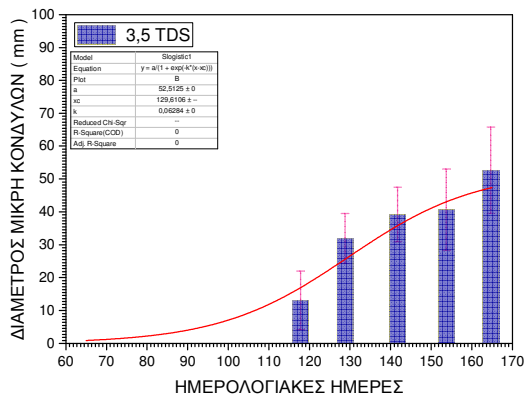
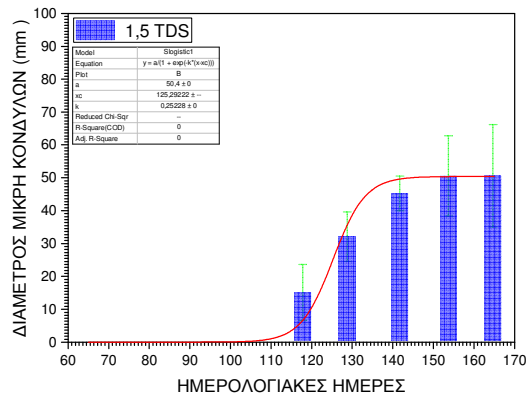
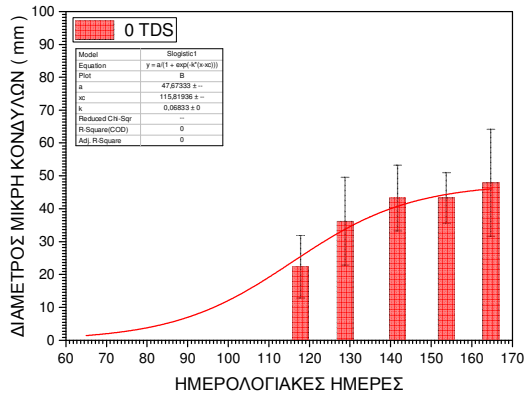
Διάγραμμα 14

Το ότι δεν υπάρχει στατιστική σημαντική διαφορά ανάμεσα στον χειρισμό 0 TDS και 1.5 TDS με $p > 0.5$ σημαίνει ότι η πατάτα ως φυτό αντέχει την αλατότητα. Σύμφωνα με τον (Maas, 1986) οι περισσότερες καλλιέργειες ανέχονται την αλατότητα έως ένα σημείο. Όταν η αλατότητα αυξηθεί παραπάνω αυτό έχει επίδραση στις απόδόσεις οι οποίες μειώνονται καθώς αυξάνεται η αλατότητα. Το επίπεδο αλατότητας το οποίο καθορίζεται από την ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός κορεσμένου διαλύματος εδάφους συνήθως χαμηλώνει τις απόδόσεις κονδύλων άνω του 25% σύμφωνα (Maianu, 1985). Η ανοχή στην αλατότητα εξαρτάται και από την ποικιλία και το αναπτυξιακό στάδιο της καλλιέργειας σύμφωνα με τους (Levy, 1986, Miller and Martin, 1987, Haverkort et al., 1990)).

2.2.1.9 Ρυθμός μεταβολής μικρής διαμέτρου πατάτας

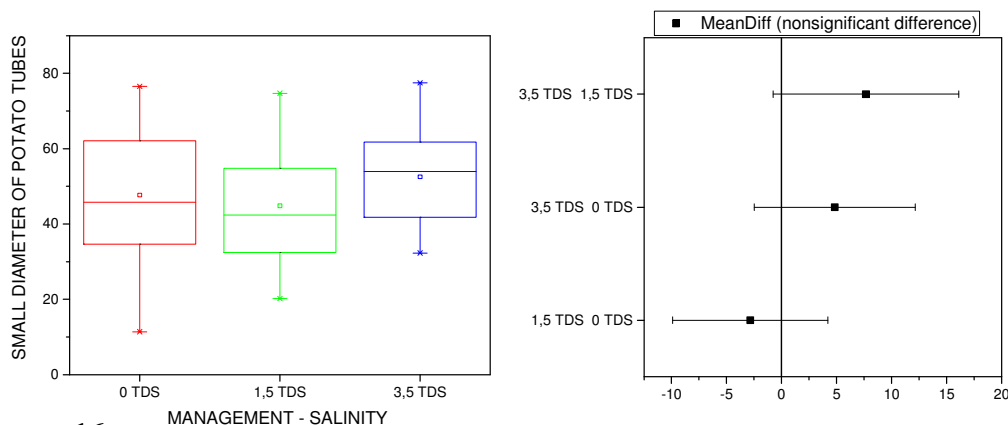
Ο ρυθμός μεταβολής της μεγάλης διαμέτρου είναι μια σιγμοειδή καμπύλη που περιγράφεται από την εξίσωση $y = a / (1 + \exp(-k \cdot (x - x_c)))$. Παρατηρώντας τα διαγράμματα βλέπουμε ότι η αύξηση της διαμέτρου είναι εμφανίζεται στους κονδύλους της πατάτας πιο γρήγορα στον χειρισμό 3,5 TDS και λίγο πιο αργά στον χειρισμό 1,5 TDS και πιο αργά στον χειρισμό 0 TDS. Αυτό ίσως οφείλεται στο στρες που δέχονται τα φυτά λόγω αλατότητας και της μείωσης της φυλλικής επιφάνειας που εμφανίζεται περισσότερο στον χειρισμό 3,5 TDS. Την μέγιστη διάμετρο των καρπών την έχουμε κατά την ολοκλήρωση της καλλιεργητικής περιόδου λίγο πριν την συγκομιδή. Φαινομενικά

από την παρατήρηση των διαγραμμάτων βλέπουμε ότι δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά στην διάμετρο των κονδύλων της πατάτας.



Διάγραμμα 15

Εφαρμόζοντας στατιστική ανάλυση με ORIGIN 2017 εφαρμόζοντας Tukey Test έδειξε ότι με $p > 0.5$ και συνεπώς δεν υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στους χειρισμούς ως προς την μικρή διάμετρο των κονδύλων. ανάμεσα στους χειρισμούς ως προς την μεγάλη διάμετρο των κονδύλων πατάτας ανάμεσα στους χειρισμούς 0 TDS και 3.5 TDS Δεν παρατηρείται σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στον χειρισμό 0 TDS και 1.5 TDS με $p > 0.5$ καθώς και μεταξύ των χειρισμών 1,5 TDS και 3.5 TDS όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα



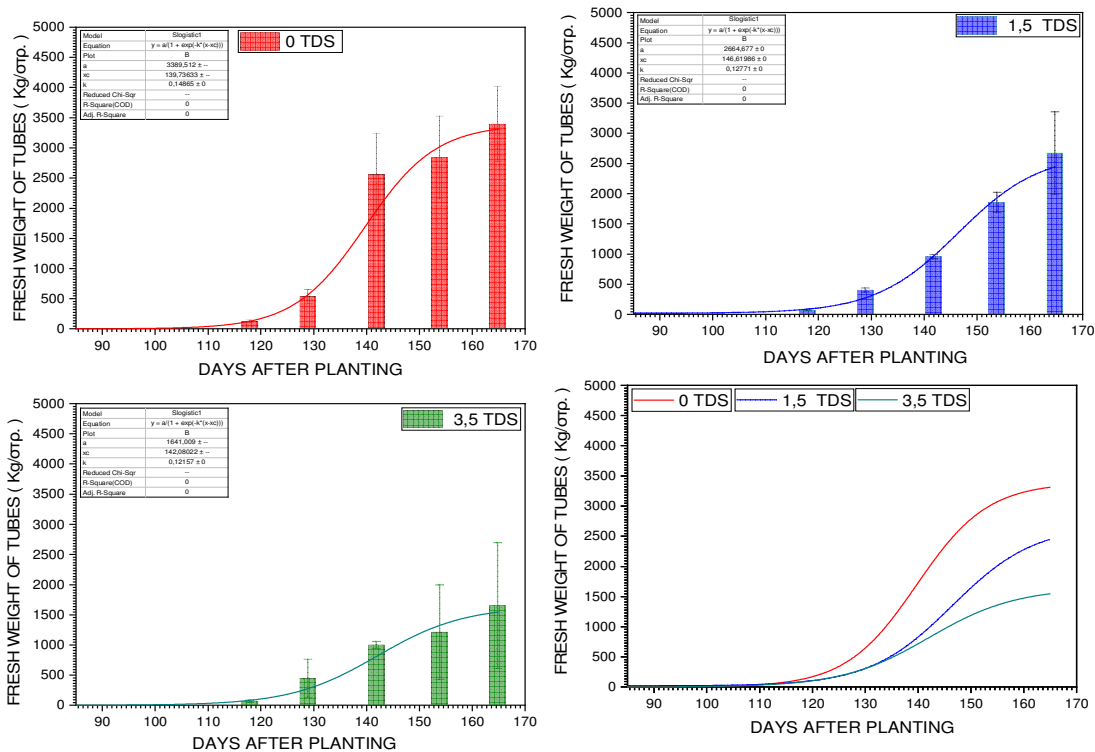
Διάγραμμα 16

2.2.1.10 Νωπό βάρος κονδύλων πατάτας

Ο ρυθμός μεταβολής του νωπού βάρους των κονδύλων είναι μια σιγμοειδή καμπύλη που περιγράφεται από την εξίσωση $y = a/(1 + \exp(-k*(x-x_c)))$. Παρατηρώντας τα διαγράμματα βλέπουμε ότι η αύξηση του νωπού βάρους εμφανίζεται στους κονδύλους της πατάτας πιο γρήγορα στον χειρισμό 0 TDS λίγο πιο αργά στον χειρισμό 1,5 TDS και πιο αργά στον χειρισμό 3,5 TDS. Αυτό οφείλεται στο στρες που δέχονται τα φυτά λόγω αλατότητας και της μειώσεως της φυλλικής επιφάνειας που εμφανίζεται περισσότερο στον χειρισμό 3,5 TDS. Το μέγιστο νωπό βάρος των κονδύλων το έχουμε κατά την ολοκλήρωση της καλλιεργητικής περιόδου λίγο πριν την συγκομιδή. Φαινομενικά από την παρατήρηση των διαγραμμάτων βλέπουμε ότι δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά στο νωπό βάρος των κονδύλων της πατάτας που σημαίνει ότι η αλατότητα επηρέασε την απόδοση της καλλιεργείας. Συμφωνα με παλαιότερες έρευνες οι αρνητικές επιπτώσεις της αλατότητας στο φυτό πατάτας μπορεί να περιγραφούν ως εξής:

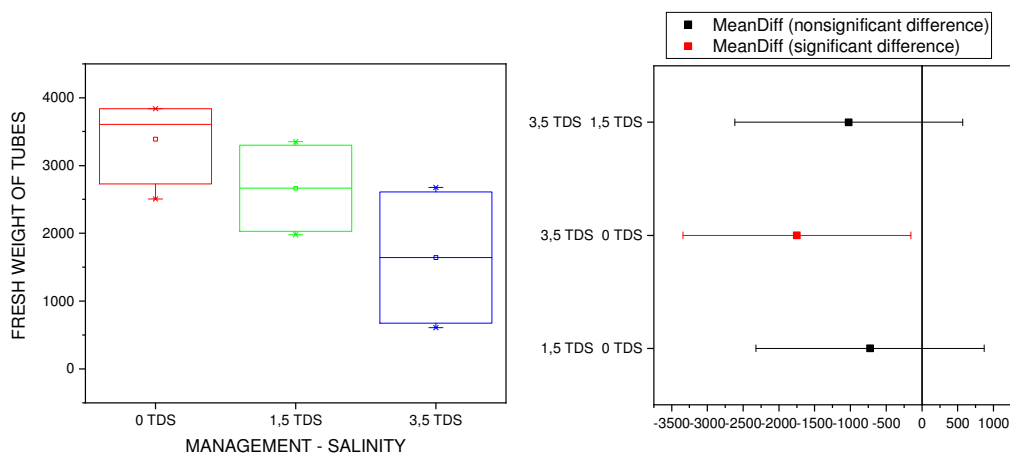
- μειωμένη ανάπτυξη των στελεχών (stunting), των φύλλων και των κονδύλων
- χλωρίωση των φύλλων (κιτρίνισμα), έγκαυμα των άκρων και των φύλλων
- περιορισμός στη λήψη νερού από τις ρίζες
- αυξημένη γήρανση των φυτών
- μειωμένη απόδοση κονδύλων
- αμαύρωση και ρωγμή της επιφάνειας των κονδύλων.

(Adaptation of Potato to High Temperatures and Salinity A Review David Levy and Richard E. Veilleux)



Διάγραμμα 17

Εφαρμόζοντας στατιστική ανάλυση με ORIGIN 2017 εφαρμόζοντας Tukey Test έδειξε ότι με $p < 0.5$ και συνεπώς υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στους χειρισμούς ως προς το νωπό βάρος των κονδύλων και γενικότερα την απόδοση της καλλιέργειας ANAMEΣΑ στους χειρισμούς 0 TDS και 3.5 TDS.



Διάγραμμα 18

Δεν παρατηρείται σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στον χειρισμό 0 TDS και 1.5 TDS με $p > 0.5$ καθώς και μεταξύ των χειρισμών 1,5 TDS και 3.5 TDS όπως φαίνεται και από το διάγραμμα

2.2.1.11 Απόδοτικότητα χρήσης νερού water use efficiency (WUE)

Η σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην απόδοση μιας καλλιέργειας με την κατανάλωση νερού αποτελεί ένα ισχυρό μέτρο αξιολόγησης της μεθόδου άρδευσης. Αυτή η σχέση εκφράζεται με την απόδοτικότητα χρήσης νερού (Water Use Efficiency – WUE).

Η απόδοτικότητα χρήσης του νερού υπολογίζεται από το πηλίκο της τελικής απόδοσης της καλλιέργειας προς την ποσότητα νερού που καταναλώθηκε για να επιτύχουμε την παραπάνω απόδοση. Η απόδοτικότητα χρήσης νερού (Water Use Efficiency – WUE) επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Μια άλλη μεθοδολογία υπολογισμού του Water Use Efficiency είναι στον αριθμητή του κλάσματος να βάλουμε την συνολική παραγόμενη ξηρά ουσία της καλλιέργειας (Sinclair et al., 1984), αλλά συνήθως η παραγωγή εκφράζεται σε νωπή (εμπορεύσιμη) μάζα, με πρότυπη σε κάποιες περιπτώσεις περιεκτικότητα σε υγρασία. Οι μαθηματικές εκφράσεις στον υπολογισμό του Water Use Efficiency παρουσιάζονται παρακάτω:

Υπολογισμός του Water Use Efficiency με την χρήση του νερού άρδευσης $WUE_{irrigation}$ (kg/ στρ mm).

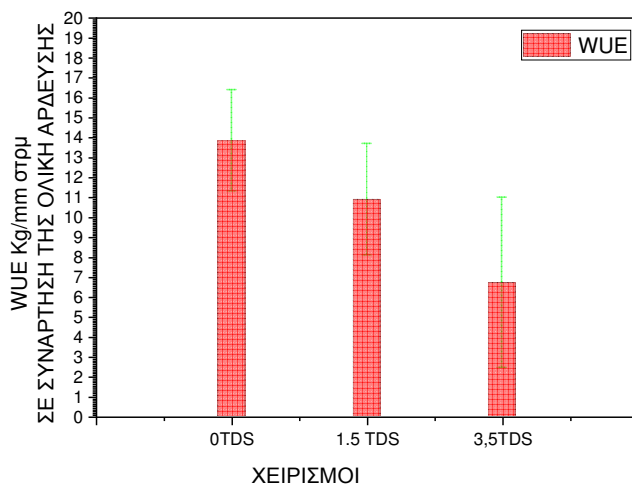
Η απόδοτικότητα χρήσης του αρδευτικού νερού δίνεται από τον τύπο:

$$WUE_{irrigation} = \frac{\text{μάζα του παραγόμενου προϊόντος (kg /στρ)}}{\text{το νερό που εφαρμόστηκε με την άρδευση (mm)}}$$

Η απόδοτικότητα χρήσης του νερού WUE_{ET} (kg/ στρ mm) δίνεται από τον τύπο:

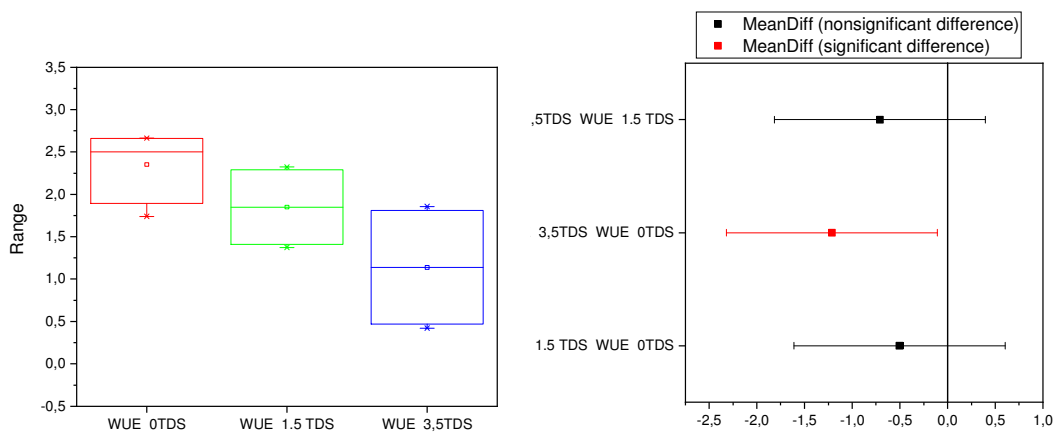
$$WUE_{ET} = \frac{\text{μάζα του παραγόμενου προϊόντος (kg /στρ)}}{ETi \text{ υδατοκατανάλωση (mm)}}$$

Στην εργασία χρησιμοποιήσαμε Η απόδοτικότητα χρήσης του νερού WUEET (kg/ στρ mm) και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



Διάγραμμα 19

Εφαρμόζοντας στατιστική ανάλυση με ORIGIN 2017 εφαρμόζοντας Tukey Test έδειξε ότι με $p < 0.5$ και συνεπώς δεν υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά ως προς την χρήση απόδοτικότητας νερού ανάμεσα στους χειρισμούς 1,5 TDS και 3.5 TDS καθώς και μεταξύ των χειρισμών 0 TDS και 1.5 TDS, παρατηρείται όμως σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στον χειρισμό 0 TDS και 3.5 TDS με $p > 0.5$ όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα



Διάγραμμα 20

Βιβλιογραφία

- Zhou, Z, Plauborg, F, Parsons, D, & Andersen, M. N. (2018). Potato canopy growth, yield and soil water dynamics under different irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 202, 9-18.
- Hussein Abdullah Ahmed Ahmed , Nilüfer Koçak Şahin , Güray Akdoğan , Cennet Yaman , Deniz Köm , Serkan Uranbey: Variability in salinity stress tolerance of potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties using in vitro screening. *Ciência e Agrotecnologia*, 44:e004220, 2020.
- Zhu, J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 53: 247-273.
- Hodges, D.M., J.M. DeLong, C.F. Forney and R.K. Prange. 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substance assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207: 604-611.
- Hong, Z., K. Lakkineni, Z. Zhang and D.P.S. Verma. 2000. Removal of feedback inhibition of pyrroline-5-carboxylate synthetase results in increased proline accumulation and protection of plants from osmotic stress. *Plant Physiol.*, 122: 1129-1136.
- Ramanjulu, S. and C. Sudhakar. 2001. Proline metabolism during dehydration in two mulberry genotypes with contrasting drought tolerance. *J. Plant Physiol.*, 157: 81-85.
- Ashraf, M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotech.*, 27: 84-93.
- Ashraf, M. and M.R. Foolad 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Env. Exp. Bot.*, 59(2): 206-216.
- Ashraf, M. and P.J.C. Harris 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.*, 166: 3-16.
- Apse, M.P. and E. Blumwald. 2002. Engineering salt tolerance in plants. *Curr. Opin. Biotech.*, 13: 146-150.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.*, 25: 239-250.

- Maas EV, Hoffman GJ (1977) Crop salt tolerance – current assessment. J Irrig Drainage Div, ASCE No. IR2, 103: 115-134
- Maas EV (1986) Salt tolerance of plants. Appl Agric Res 1: 12-26
- Ahmad R, Abdullah Z (1979) Salinity induced changes in the growth and chemical composition of potato. Pak J Bot 11: 103-112
- Levy D (1986) Tuber yield and tuber quality of several potato cultivars as affected by seasonal high temperatures and by water deficit in a semiarid environment. Potato Research 29: 95-107.
- Miller DE, Martin MW (1987) Effect of declining or interrupted irrigation on yield and quality of three potato cultivars grown on sandy soil. Am Potato J 64: 109-117.
- Munns R (1993) Physiological processes limiting plant growth in saline soils: Some dogmas and hypotheses. Plant, Cell Environ 16: 15-24
- Haverkort AJ, van de Waart M, Bodlaender KBA (1990) The effect of early drought stress on numbers of tubers and stolons of potato in controlled and field conditions. Potato Research 33: 89-96
- TR Sinclair, CB Tanner, JM Bennett - Bioscience, 1984 BioScience, Vol. 34, No. 1 (Jan., 1984), pp. 36-40. <http://www.jstor.org/stable/1309424?origin=JSTOR-pdf>
- Corey, G. L., and V. I. Meyers. 1955. Irrigation of Russet Burbank potatoes in Idaho. Idaho Agr. Exp. Sta. Bull. 246.
- Ανδροβιτσανέας Π. (2013) Επίδραση της φωτοπεριόδου στην ανάπτυξη και παραγωγή σποροφύτων πατάτας
- Δημητράκης Κ.Γ. (1998). Λαχανοκομία. Εκδόσεις Αγρότυπος Α.Ε.
- Διαλυνά, Ι, (2008). Φυτοπροστατευτικά προβλήματα στη βιολογική καλλιέργεια πατάτας στο οροπέδιο Λασιθίου.
- Διαλυνά, Ι., (2008). Φυτοπροστατευτικά προβλήματα στη βιολογική καλλιέργεια πατάτας στο οροπέδιο Λασιθίου.
- Καραμπάγιας, Α. (2015). Η καλλιέργεια της πατάτας στο δήμο Μεσσήνης.
- Καραμπάγιας, Α. (2015). Η καλλιέργεια της πατάτας στο δήμο Μεσσήνης.
- Μουζάκης Γ, (2011). Επίδραση της εδαφοκάλυψης με πλαστικά φύλλα διαφόρων τύπων στην ανάπτυξη, παραγωγή και ποιότητα της πατάτας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Μουζάκης Γ., (2011). Επίδραση της εδαφοκάλυψης με πλαστικά φύλλα διαφόρων τύπων στην ανάπτυξη, παραγωγή και ποιότητα της πατάτας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Μπικάκη, Ν. Δ. (2012). Κρυοπροστατευτικά υλικά σε κατεψυγμένα προϊόντα πατάτας (Bachelor's thesis).

Μπικάκη, Ν. Δ. (2012). Κρυοπροστατευτικά υλικά σε κατεψυγμένα προϊόντα πατάτας (Bachelor's thesis).

Νικόπουλος Δ. (2004). «Πατάτα - Ψυχανθή». Σημειώσεις, Εκδόσεις ΤΕΙ Καλαμάτας

Πετρέα Α. (2005). Επίδραση αζωτούχου και μαγνησιούχου λίπνασης στη συγκέντρωση του ολικού νιτρικού αζώτου στους φυτικούς ιστούς της καλλιέργειας της πατάτας

Σιγανού, Ό, και Γραμματικάκης, Γ. (2009). Αξιολόγηση οργανικών υλικών σε καλλιέργεια πατάτας στο οροπέδιο Λασιθίου.

Σιγανού, Ό., και Γραμματικάκης, Γ. (2009). Αξιολόγηση οργανικών υλικών σε καλλιέργεια πατάτας στο οροπέδιο Λασιθίου.

Πηγές στο διαδίκτυο

<http://ikee.lib.auth.gr/record/113778/files/%CE%95%CE%99%CE%A3%CE%91%CE%93%CE%A9%CE%93%CE%97.pdf>

<http://www.agrimore.gr/el/>

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%A0%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CE%BB%CE%AF%CE%B5%CF%82_%CF%80%CE%B1%CF%84%CE%AC%CF%84%CE%B1%CF%82

<http://www.gpkagrohellas.com/>

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5164/3/01_chapter_12.pdf

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5164/3/01_chapter_12.pdf

<http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx>