



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Αρδεύσεις (Θεωρία)

Ενότητα 10 : Η άρδευση με αυλάκια
Δρ. Μενέλαος Θεοχάρης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

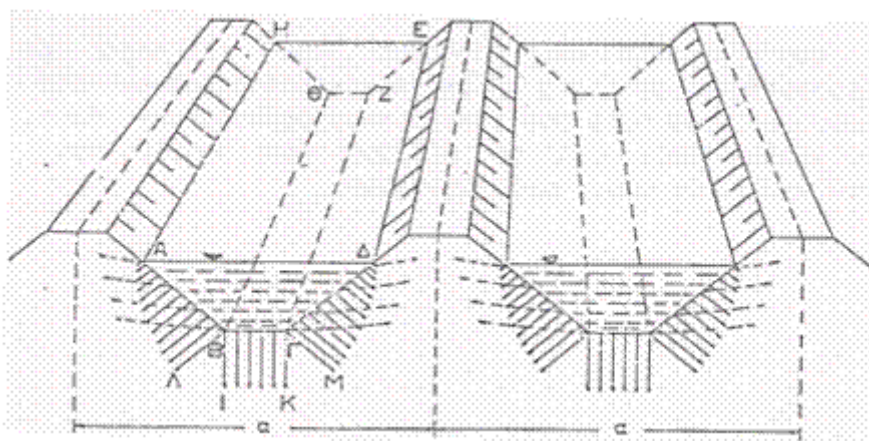
10.

Η άρδευση με αυλάκια

10.1. Γενικά.

Από τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης με ροή, η πιο γνωστή είναι η άρδευση με αυλάκια.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλες τις γραμμικές καλλιέργειες. Τα αυλάκια κατασκευάζονται μεταξύ των γραμμών των φυτών και το αρδευτικό νερό ρέει μέσα στην κοίτη των αυλακιών και με τη διήθηση και την τριχοειδή ανύψωση αρδεύει ολόκληρο το χωράφι, όπως φαίνεται στο σχήμα 11.



Σχήμα 11. Κίνηση του νερού από τα αυλάκια στο έδαφος.

Από την πλευρά αυτή η άρδευση με αυλάκια είναι μια ακόμη περιορισμένη διάχυση, που επιτρέπει ένα ευκολότερο έλεγχο της ροής του νερού και της άρδευσης.

Ενώ στην τυπική μέθοδο άρδευσης με περιορισμένη διάχυση το αρδευτικό νερό, που ρέει μέσα στις λωρίδες, καλύπτει ολόκληρη την έκταση, που είναι για άρδευση, στην άρδευση με αυλάκια αυτό καλύπτει μόνο το 20 έως 50 % της επιφάνειας του χωραφιού.

Συνήθως τα αυλάκια κατασκευάζονται στη σειρά, το ένα δίπλα στο άλλο κάθετα στη μέγιστη κλίση της επιφάνειας του χωραφιού. Όμως, σε κλίσεις εδάφους μεγαλύτερες του 1%, για να αποφεύγονται διαβρώσεις των χωραφιών, πρέπει να προτιμάται η κατασκευή των αυλακιών υπό γωνία προς τη μέγιστη κλίση τους, για να καταλήξουμε τελικά, στις περιπτώσεις μεγάλων κλίσεων, παράλληλα προς τις ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους.

Η άρδευση με αυλάκια κατά τις ισοϋψείς μπορεί να εφαρμοστεί σε κτήματα με κλίσεις έως 6 - 8%.

Πέρα από την κλίση αυτή πρέπει να αποφεύγεται η άρδευση με επιφανειακές μεθόδους άρδευσης και να επιλέγεται ο καταιονισμός, ή οι τοπικές αρδεύσεις.

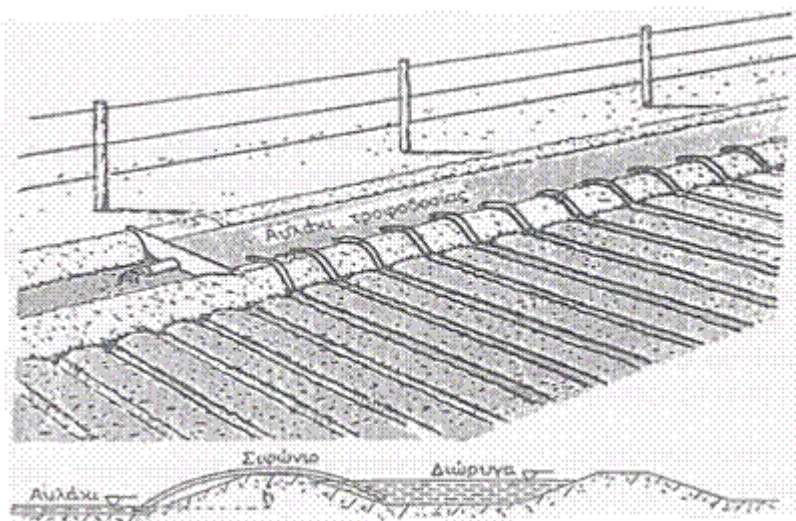
Η διατομή των αρδευτικών αυλακιών είναι συνήθως συμμετρική, τραπεζοειδής και σπανιότερα τριγωνική.

Τα αυλάκια κατασκευάζονται εύκολα και γρήγορα με μηχανοκίνητους αυλακωτήρες μετά τη λήξη των συνηθισμένων καλλιεργητικών εργασιών και πριν από την εποχή των αρδεύσεων. Αυτά, μετά τη λήξη των αρδεύσεων και το μάζεμα των προϊόντων, καταστρέφονται με το πρώτο όργωμα του χωραφιού.

10.2. Τρόποι παροχής του νερού στα αυλάκια.

Στα σύγχρονα αρδευτικά δίκτυα, το νερό μεταφέρεται με την τριτεύουσα διώρυγα κατά μήκος της υψηλότερης πλευράς του χωραφιού. Αν η τριτεύουσα διώρυγα είναι από προκατασκευασμένα τσιμενταυλάκια (καναλέτα), τότε πετυχαίνεται εύκολα η παροχέτευση του νερού από αυτά στα αρδευτικά αυλάκια του χωραφιού με μικρά σιφώνια από αλουμίνιο ή πλαστικό υλικό. Αν η τριτεύουσα διώρυγα είναι γαιώδους διατομής ή επενδεδυμένη με σκυρόδεμα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μικρά σιφώνια από τεμάχια εύκαμπτων πλαστικών σωλήνων. Αν όμως τα πρανή της διώρυγας είναι πολύ μεγάλα, ώστε να γίνεται δύσκολη η χρήση των σιφώνιων, τότε επιβάλλεται η κατασκευή μέσα στο χωράφι ενός βοηθητικού αυλακιού εφαρμογής παράλληλα προς την τριτεύουσα διώρυγα και το οποίο βοηθητικό αυλάκι υδροδοτείται, από την τριτεύουσα διώρυγα με τη βοήθεια 1-2 στομιών και από αυτό στη συνέχεια μέσω μικρών σιφώνιων, γίνεται η παροχέτευση του νερού, στα αρδευτικά αυλάκια του χωραφιού.

Με τη χρήση των σιφώνιων μπορούμε εύκολα να ελέγξουμε την παροχή, που χορηγείται σε κάθε αυλάκι, από τη διαφορά του ύψους φορτίου και της διαμέτρου αυτών ή ακόμη και ογκομετρικά.



Σχήμα 12. Παροχέτευση νερού απ' ευθείας από την τριτεύουσα διώρυγα με σιφώνια διαμέτρου 50 mm.

Η παροχή εκροής των σιφώνιων υπολογίζεται από τη γνωστή σχέση της εκροής από οπές:
 $Q = 1000 \cdot \mu \cdot E \cdot [2 \cdot g \cdot h]^{1/2} = 1000 \cdot \mu \cdot [\pi \cdot D^2 : 4] \cdot [2 \cdot g \cdot h]^{1/2}$

όπου: Q = η παροχή του σιφωνίου σε lit/sec.

μ = ο συντελεστής παροχής, που παίρνεται ίσος με 0,61.

g = 9,81 m/sec².

D = η διάμετρος του σιφωνίου σε m.

h = το ύψος φορτίου.

Σαν ύψος φορτίου παίρνεται η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού στη διώρυγα εφαρμογής και του μέσου της οπής εκροής του σιφωνίου.

Για να εξασφαλιστεί σταθερή παροχή των σιφωνίων, είναι απαραίτητη η διατήρηση σταθερής στάθμης μέσα στη διώρυγα εφαρμογής και η σταθεροποίηση των σιφωνίων στη στέψη αυτής.

Η παραπάνω σχέση υπολογισμού της παροχής, μετά την εκτέλεση των πράξεων, παίρνει τη μορφή:

$Q = 2122,096 \cdot D^2 \cdot h^{1/2}$, όπου τα D και h είναι σε m.

Αν το D εκφράζεται σε mm και το h σε cm, η εξίσωση παίρνει τη μορφή:

$Q = 0,212 \cdot 10^{-3} \cdot D^2 \cdot h^{1/2}$

Συνήθως χρησιμοποιείται ένα σιφώνιο για κάθε αυλάκι, αλλά για την επιθυμητή παροχή μπορεί να χρησιμοποιηθούν πολλές φορές 2-3 σιφώνια.

Αυτά στην αρχή γεμίζονται με νερό βουτώντας τα μέσα στη διώρυγα και, αφού πωματίσουμε με την παλάμη του χεριού μας το ένα στόμιο του σιφωνίου, τραβάμε το στόμιο εκροής έξω από τη διώρυγα μέσα στο αυλάκι και μετά απομακρύνουμε το χέρι και αρχίζει η εκροή του νερού από το στόμιο του σιφωνίου.

Τα πιο εύχρηστα σιφώνια είναι αυτά που έχουν διάμετρο μέχρι 63 mm.

Ανάλογα με την παροχή της τριτεύουσας διώρυγας και την ενδεδειγμένη παροχή κατά αρδευτικό αυλάκι, ένας αρδευτής μπορεί να αρδεύει συγχρόνως μεγάλο αριθμό αυλακιών του χωραφιού. Η σύγχρονη άρδευση με πολλά αυλάκια είναι επιθυμητή για τον περιορισμό της πλάγιας διήθησης.

Καλά κατασκευασμένα αυλάκια άρδευσης βοηθούν πάρα πολύ στην άνετη, εύκολη και επιτυχή άρδευση.

10.3. Η διήθηση του νερού από τα αρδευτικά αυλάκια.

Στις αρδευόμενες ετήσιες καλλιέργειες, κατασκευάζεται ένα αυλάκι ανάμεσα σε δυο γραμμές φυτών. Η απόσταση (ισαποχή) των αυλακιών είναι ίση με το πλάτος σποράς των φυτών και κυμαίνεται συνήθως από 0,75-0,90 m. Σε πυκνά καλλιεργούμενα φυτά, όπως είναι τα ζαχαρότευτλα και τα κρεμμύδια, τα αυλάκια κατασκευάζονται ανά ζεύγη γραμμών.

Στους οπωρώνες τα αυλάκια κατασκευάζονται ανά 1,00-1,50 m και ανάλογα με την απόσταση των δέντρων κατασκευάζεται μια ομάδα αυλακιών ανάμεσα σε δύο σειρές δέντρων. Το βάθος των αρδευτικών αυλακιών είναι συνήθως 0,15-0,25 m.

Το νερό, που ρέει μέσα στα αρδευτικά αυλάκια, μπαίνει μέσα στο έδαφος με τη διήθηση τόσο από τον πυθμένα, όσο και από τα πρηνή του αυλακιού καθώς επίσης και με την τριχοειδή ανύψωση από τα πρηνή τους.

Αν παραστήσουμε το πλάτος του πυθμένα με β και το βάθος του νερού που ρέει με h , το συνολικό βάθος του αυλακιού με H , τη σχέση την κλίση των πρανών με ϕ (συνήθως είναι $\phi = 1$), τότε η βρεχόμενη περιμέτρος του αυλακιού υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Pi = \beta + 2 \cdot h \cdot [1 + \phi^2]^{1/2}$$

Η ροή του νερού μέσω του εδάφους πραγματοποιείται αφού κατανικηθεί η αντίσταση των κόκκων, είναι επομένως αναγκαία η ύπαρξη διαφοράς υδραυλικού φορτίου.

Σύμφωνα με το νόμο του Pascal η κίνηση διήθησης που γίνεται κάθετα προς την βρεχόμενη επιφάνεια του αυλακιού είναι ευθέως ανάλογη με το βάθος νερού. Αυτή έχει την τιμή μηδέν στην επιφάνεια της στάθμης ροής, και αποκτά τη μέγιστη τιμή στον πυθμένα του αυλακιού. Αν θέσουμε τη μέση ένταση της κίνησης διήθησης κατά μήκος του πυθμένα ίση προς τη μονάδα, τότε η κατά μήκος των πρανών έντασή της έχει περίπου την τιμή 0,5.

Σύμφωνα με αυτό η στατικά ενεργός επιφάνεια διήθησης για κάθε μέτρο μήκους αυλακιού υπολογίζεται:

$$u_0 = [\beta + 0,5 \cdot 2 \cdot h \cdot [1 + \phi^2]^{1/2}] \cdot 1 = \beta + h \cdot [1 + \phi^2]^{1/2} \text{ σε } m^2$$

Επειδή, όπως αναφέρθηκε, υπάρχει και τριχοειδής κίνηση του νερού από τα πρανή του αυλακιού προς το μεταξύ των αυλακιών έδαφος του χωραφιού, πολλαπλασιάζουμε συνήθως την επιφάνεια διήθησης των πρανών με ένα συντελεστή λ , του οποίου η τιμή είναι τόσο υψηλότερη όσο μεγαλύτερο είναι το τριχοειδές δυναμικό του εδάφους. Στα συνηθισμένα μη οργανικά εδάφη η τιμή του λ κυμαίνεται ανάμεσα στο 1,5 και 2,5 ενώ η τιμή των 2,5 είναι ανεπαρκής σε οργανικά και τυρφώδη εδάφη.

Τελικά παίρνουμε την υπολογισθείσα επιφάνεια διήθησης ενός μέτρου μήκους αυλακιού από τη σχέση:

$$u = \beta + \lambda h [1 + \phi^2]^{1/2} \text{ σε } m^2$$

Σε ένα μέτρο μήκους αυλακιού, το νερό που μπαίνει μέσα στο έδαφος δια μέσου της επιφάνειας u , αρδεύει μια επιφάνεια πλάτους α , όση είναι η ισαποχή δύο γειτονικών αυλακιών.

10.4. Αρδευτική δόση και χρόνος άρδευσης.

Αν η δόση εφαρμογής του αρδευτικού νερού σε $m^3 / \text{στρέμμα}$ είναι d_u , τότε στο τυπικό μήκος ενός μέτρου του αυλακιού πρέπει να εισέλθουν στο έδαφος $d_u \cdot \alpha$ l mm νερού, δια μέσου της επιφάνειας διήθησης του αυλακιού, που υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$u_0 = \beta + h \cdot [1 + \phi^2]^{1/2}$$

Επομένως προκύπτει η ακόλουθη εξίσωση:

$$d_u \cdot \alpha = k_1 \cdot u \cdot t^n \text{ και από αυτή προκύπτει ότι:}$$

$$t = \sqrt[n]{\frac{d_u \cdot \alpha}{k_1 \cdot u}}$$

όπου: t = χρόνος εφαρμογής του αρδευτικού νερού στα αυλάκια σε h.

d_u = η δόση εφαρμογής του αρδευτικού νερού σε $m^3 / \text{στρέμμα}$.

α = η ισαποχή των αρδευτικών αυλακιών σε m.

k_1 = η διήθηση της πρώτης ώρας σε m.

n = η κλίση της γραμμής συσχέτισης.

u = η επιφάνεια διήθησης ενός μέτρου μήκους του αυλακιού.

Αν συγκρίνουμε τη σχέση υπολογισμού του χρόνου εφαρμογής του αρδευτικού νερού με τη μέθοδο των αυλακιών, με την αντίστοιχη σχέση υπολογισμού του χρόνου εφαρμογής του αρδευτικού νερού με τη μέθοδο της περιορισμένης διάχυσης, παρατηρούμε ότι στην άρδευση με αυλάκια η σχέση υπολογισμού του χρόνου, t , εφαρμογής του αρδευτικού νερού αυξάνει κατά την ποσότητα $[\alpha/u]^{1/n}$.

Επειδή $\alpha > u$, προκύπτει ότι στο ίδιο έδαφος, ο χρόνος εφαρμογής του αρδευτικού νερού με τη μέθοδο των αυλακιών είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο χρόνο, που χρειάζεται για την εφαρμογή ίσης ποσότητας νερού με τη μέθοδο της περιορισμένης διάχυσης.

10.5. Υπολογισμός των διαστάσεων των αρδευτικών αυλακιών.

Από τη σχέση υπολογισμού του χρόνου εφαρμογής του αρδευτικού νερού με τη μέθοδο των αυλακιών, προκύπτει ότι σε κάθε τμήμα του αυλακιού, για να διηθηθεί μέσα στο έδαφος η ποσότητα, d_w , του αρδευτικού νερού, δεν πρέπει να παραμείνει το νερό ούτε περισσότερο ούτε λιγότερο από το χρόνο t .

Το νερό, που μπαίνει μέσα στο έδαφος από το αυλάκι, πρέπει να κατέβει κατακόρυφα μέχρι το κατώτατο όριο του βάθους του ενεργού ριζοστρώματος και πλευρικά μέχρι το μέσο της λωρίδας του εδάφους που βρίσκεται ανάμεσα στα δύο αυλάκια. Η κίνηση αυτή του νερού γίνεται κατακόρυφα κάτω από την επίδραση της βαρύτητας και πλευρικά εξαιτίας της συνισταμένης των δυνάμεων, της διαφοράς τάσης υγρού και ξηρού εδάφους, της βαρύτητας και της τριχοειδούς ανύψωσης. Η κίνηση αυτή είναι μια κίνηση που επιβραδύνεται συνεχώς και απαιτεί χρονικό διάστημα 24-48 ώρες για να εξαπλωθεί πλήρως το νερό στη μάζα του ριζοστρώματος που πρόκειται να αρδευτεί.

Σε αμμώδη εδάφη, τα οποία είναι πολύ διαπερατά και έχουν μικρή υδατοϊκανότητα, η εγκάρσια διατομή του εδάφους που διαβρέχτηκε από το αυλάκι είναι στενή και ωσειδής, ενώ σε βαριά εδάφη αυτή είναι πολύ πλατιά περίπου κυκλική.

Επομένως στα πρώτα (ελαφρά) εδάφη, η ισαποχή των αυλακιών πρέπει να είναι μικρότερη όσο είναι δυνατό, για να εφάπτονται οι επιφάνειες που διαβρέχτηκαν και να μη παραμένει ξηρό έδαφος ανάμεσα στα αυλάκια.

Αντίθετα, σε βαριά εδάφη δεν είναι απαραίτητο η απόσταση των αυλακιών να είναι μικρή, αλλά να είναι ο χρόνος εφαρμογής του νερού μεγάλος.

Ο χρόνος εφαρμογής όμως είναι συνάρτηση της εφαρμοζόμενης ποσότητας και επομένως, οι αρδευτικές δόσεις, d_w , η απόσταση των αυλακιών, α , και ο χρόνος εφαρμογής του νερού, t , πρέπει να προσαρμόζονται στη διηθητική ικανότητα του εδάφους.

Οι αρδευτικές δόσεις, d_w , συνήθως κυμαίνονται από 40 mm στα ελαφρά εδάφη και μέχρι 100 mm στα βαριά εδάφη. Η απόσταση, α , μεταξύ των αυλακιών μπορεί να έχει τις παρακάτω τιμές ανάλογα με τη φύση των εδαφών.

Πίνακας 24. Ενδεικτικές αποστάσεις αυλακιών.

Κατηγορία εδάφους	Απόσταση, α, μεταξύ δύο γειτονικών αυλακιών (cm)
Ελαφρά, με γρήγορη διηθητικότητα εδάφη	50 - 60
Μέσα, με μέτρια διηθητικότητα εδάφη	65 - 75
Βαριά, με αργή διηθητικότητα εδάφη	75 - 80

Τελικά η απόσταση των αυλακιών εξαρτάται και από την απαραίτητη απόσταση των γραμμών των φυτών της αρδευόμενης καλλιέργειας.

Μικρές αποκλίσεις τόσο από τις τιμές απόστασης των αυλακιών, που δόθηκαν στον παραπάνω πίνακα, όσο και από την απαραίτητη απόσταση των γραμμών της καλλιέργειας, θα μας οδηγήσουν στην εκλογή της κατάλληλης απόστασης των αυλακιών, για να πετύχουμε μια ομοιόμορφη διαβροχή του εδάφους.

Το σωστό μήκος των αυλακιών και η κατάλληλη παροχή για κάθε αυλάκι υπολογίζεται ως εξής:

Υπολογίζεται ο χρόνος διήθησης, t , της δόσης εφαρμογής του αρδευτικού νερού, d_v , και έχοντας υπόψη ότι, κάθε τμήμα του αυλακιού δεν πρέπει να παραμείνει κάτω από την επίδραση του νερού άρδευσης περισσότερο ή λιγότερο από το χρόνο, t , το πρώτο μέτρο μήκους του αυλακιού πρέπει να απελευθερωθεί από το νερό μετά τη λήξη του χρόνου, t . Αυτό σημαίνει ότι μετά την παρέλευση του χρόνου, t , από την αρχή της εφαρμογής του νερού στο αυλάκι, διακόπτεται η παροχή.

Άρα ο χρόνος, t , είναι και ο χρόνος εφαρμογής του αρδευτικού νερού μέσα στο αυλάκι.

Κατά τη διάρκεια του χρόνου εφαρμογής της παροχής του νερού σε κάθε αυλάκι, ένα ποσοστό του νερού διηθείται μέσα στο έδαφος και το υπόλοιπο ρέει μέσα στο αυλάκι ανάλογα με την κλίση του πυθμένα του προς τα κάτω.

Κατά το χρόνο, t , μεταβάλλεται η ταχύτητα διήθησης σε συνάρτηση με το χρόνο. Η στιγμιαία ένταση διήθησης, i , μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση:

$$i = n \cdot k_1 \cdot t^{n-1}$$

Έτσι, καθώς περνάει ο χρόνος εφαρμογής του νερού, η ταχύτητα διήθησης συνεχώς ελαττώνεται, ενώ συγχρόνως το νερό που ρέει πιάνει συνεχώς μεγαλύτερο μήκος διαδρομής του αυλακιού, επομένως αυξάνει η επιφάνεια διήθησης. Επομένως το νερό που ρέει χρειάζεται, για να καλύψει κάθε μονάδα μήκους του αυλακιού, τόσο μεγαλύτερο χρόνο, όσο αυτή βρίσκεται μακρύτερα από την αρχή του αυλακιού.

Δηλαδή η ροή μέσα στο αυλάκι είναι ασταθής και ο υπολογισμός της αποτελεί ένα από τα δυσκολότερα προβλήματα.

Επειδή το αυλάκι πρέπει να αρδεύσει μια επιφάνεια α . $l \text{ m}^2$, για την εφαρμογή μιας αρδευτικής δόσης $d_v \text{ mm}$, πρέπει να χορηγήσει, ανάλογα με το μήκος l του αυλακιού, $d_v \cdot \alpha$. $l \text{ mm}$ νερού και από τη σχέση αυτή και την αντιστοιχία:

$$1 \text{ mm πάχους νερού} = 1 \text{ λίτρο} / \text{m}^2 = 1 \text{ m}^3 / \text{στρέμμα}$$

προκύπτει η εξίσωση:

$$q \cdot t = d_u \cdot \alpha \cdot l$$

όπου: q = η παροχή αυλακιού σε λίτρα / sec

t = ο χρόνος εφαρμογής του νερού σε sec.

d_u = η δόση εφαρμογής σε λίτρα / m^2 .

α = η ισαποχή των αυλακιών σε m.

l = το μήκος του αυλακιού σε m.

Από τη σχέση αυτή προκύπτει ότι υπάρχουν άπειροι συνδυασμοί των q και l . Όμως, για κάθε έδαφος υπάρχει ένας τουλάχιστο συνδυασμός των q , l και d_u σύμφωνα με τον οποίο πετυχαίνεται πρακτικά μια ομοιόμορφη άρδευση κατά μήκος του αυλακιού σε συνάρτηση και με την κλίση του.

Η ομοιόμορφη εφαρμογή του νερού είναι το πρώτο που χρειάζεται για μια αποδοτική χρησιμοποίηση του νερού άρδευσης.

Είναι πάντοτε ο πρωταρχικός παράγοντας της αρδευόμενης γεωργίας και εξακολουθεί να υπάρχει ως πρόβλημα στις περισσότερες αρδευόμενες εκτάσεις.

Από στατιστική επεξεργασία του πειραματικών δεδομένων προέκυψε η ακόλουθη σχέση υπολογισμού του ενδεδειγμένου μήκους του αυλακιού σε συνάρτηση με το χρόνο εφαρμογής του νερού και την παροχή του αυλακιού:

$$l = -51,56 + 168,3 t + 5,12 q$$

όπου: q = μέγιστη επιτρεπόμενη μη διαβρωτική παροχή κατά αυλάκι σε m^3 / ώρα. Το l εκφράζεται σε m, και το t σε ώρες.

Η διάβρωση του εδάφους μέσα στο αυλάκι είναι συνάρτηση του μεγέθους της χρησιμοποιούμενης παροχής, της κλίσης της κοίτης του αυλακιού, του πλάτους του πυθμένα του και της διαβρωτικότητας του εδάφους.

Σύμφωνα με τον Criddle η μέση μέγιστη μη διαβρωτική παροχή των αυλακιών μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$q = 0,631: j$$

όπου: q = παροχή αυλακιού σε lit/sec

j = κλίση του αυλακιού στα εκατό.

Γενικά, η πείρα έχει δείξει ότι παροχές κατά αυλάκι μεγαλύτερες των 3-4 lit/sec, είναι δυσκολόχρηστες και χρειάζονται αυλάκια μεγάλα και καλά κατασκευασμένα. Την κατασκευή όμως τέτοιων αυλακιών πολλές φορές εμποδίζει η ίδια η καλλιέργεια.

Για τον υπολογισμό του χρόνου εφαρμογής στο αυλάκι, όπως προκύπτει από τις σχέσεις:

$$t = \sqrt[n]{\frac{d_u \cdot \alpha}{k_1 \cdot u}}$$

σημαντική επίδραση έχει ο υπολογισμός του u , ήτοι της επιφάνειας του αυλακιού που διαβρέχεται.

Ο υπολογισμός του u είναι συνάρτηση του ύψους h του νερού που ρέει μέσα στο αυλάκι. Το ύψος h για το πρώτο μέτρο του αυλακιού μπορεί να υπολογιστεί από τις εξισώσεις της ομοιόμορφης ροής και επομένως ισχύει η εξίσωση συνέχειας:

$$q = E \cdot V$$

όπου: $E =$ υγρή επιφάνεια της διατομής του αυλακιού σε m^2

$V =$ ταχύτητα που υπολογίζεται από την εξίσωση του Manning:

$$V = 1/n \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3} \text{ σε } m/sec$$

όπου $n =$ συντελεστής που έχει τις τιμές από 0,025 έως 0,040.

$R =$ υδραυλική ακτίνα.

$R = E: \Pi,$

όπου $\Pi =$ η βρεχόμενη περίμετρος.

$J =$ κλίση του αυλακιού.

Ο υπολογισμός του βάθους h είναι πολύ επίπονος και πρέπει να υπολογίζεται με διαδοχικές προσεγγίσεις.

Η υγρή επιφάνεια του αυλακιού E και η υδραυλική ακτίνα R , υπολογίζονται ανάλογα με το σχήμα της διατομής της από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$\text{Για τριγωνική διατομή: } E = \varphi \cdot h^2 \quad \text{και} \quad R = \frac{\varphi}{2 \cdot [1 + \varphi^2]^{1/2}} h$$

$$\text{Για τραπεζοειδή διατομή: } E = h \cdot (\beta + \varphi \cdot h) \quad \text{και} \quad R = \frac{\beta + \varphi \cdot h}{\beta + h^2 \cdot [1 + \varphi^2]^{1/2}} h$$

όπου: $\beta =$ το πλάτος του πυθμένα του αυλακιού και

$\varphi =$ η κλίση των πρανών του αυλακιού.

Στα συνηθισμένα εδάφη είναι $\varphi = 1$, ενώ στα αμμώδη $\varphi = 1,5$.

Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν για σταθερή ροή. Όμως, από την έναρξη της άρδευσης αρχίζει η διήθηση του νερού, που μεταβάλλει την ποσότητα του νερού που ρέει.

Η μέση ταχύτητα διήθησης υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$i_{\mu} = \frac{D}{t} = \frac{k \cdot t^n}{t} = k \cdot t^{n-1}$$

Η ταχύτητα διήθησης, που εκφράζεται συνήθως cm / min , αν μετατραπεί σε lit / sec και πολλαπλασιαστεί με την τιμή του u δίνει τη μέση ταχύτητα διήθησης σε lit / sec , που είναι ασήμαντη και πρακτικά δεν επηρεάζει την υπολογισθείσα τιμή του u .

Αριθμητικό παράδειγμα:

Έστω σε ένα χωράφι με κλίση $i = 0,002$ η διηθητικότητα βρέθηκε

$$D = 1,187 \cdot t^{0,582}$$

όπου: D σε cm και t σε λεπτά της ώρας και πρόκειται να αρδευτεί με ποσότητα νερού εφαρμογής $90 m^3 / στρέμμα$.

Να βρεθεί το μήκος του αυλακιού.

Λύση:

Η μη διαβρωτική παροχή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$q = \frac{0,631}{2} = 3,1 \quad lit / sec$$

Εκλέγουμε παροχή 3 lit /sec, η οποία πετυχαίνεται με σιφώνια διαμέτρου 2 1/2 ιντσών και ύψος φορτίου 10 cm.

Από την εξίσωση του Manning υπολογίζουμε το $h = 6,6$ cm και στη συνέχεια υπολογίζουμε την επιφάνεια διήθησης του αυλακιού από τη σχέση:

$$u = \beta + \lambda h [1 + \phi^2]^{1/2} \quad \text{σε m}^2$$

όπου: $\lambda = 2$

$$\text{Άρα } u = 0,20 + (2 \cdot 0,066 \cdot \sqrt{2}) = 0,39 \text{ m}^2$$

Αν οι γραμμές σποράς της καλλιέργειας είναι 0,78 m, τότε υπολογίζεται ο χρόνος εφαρμογής του νερού:

$$t = \sqrt[n]{\frac{d_u \cdot \alpha}{k_1 \cdot u}} = \sqrt[0,582]{\frac{0,090 \cdot 0,78}{0,129 \cdot 0,39}} = 1,772 \text{ h}$$

Η μέση ταχύτητα διήθησης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$i_\mu = kt^{n-1} = 1,187 \cdot 106^{-0,418} = 1,16 \text{ cm / min.}$$

Η ποσότητα αυτή διηθούμενη μέσω της επιφάνειας $u = 0,39 \text{ m}^2$ αντιστοιχεί σε παροχή 0,011 lit /sec.

Η διηθούμενη αυτή ποσότητα πρακτικά δεν επηρεάζει τη μέση στάθμη $h = 6,6$ cm του νερού στο αυλάκι.

Από τη σχέση: $1 = -51,56 + 168,3 t + 5,12 q$ υπολογίζουμε το κατάλληλο μήκος του αυλακιού.

$$1 = -51,56 + (168,3 \cdot 1,772) + (5,12 \chi 10,8) = 301,96 \text{ m.}$$

και πρακτικά υπολογίζεται η ισοποχή των τριτεουσών διωρύγων σε 300 m.

10.6. Τρόποι εφαρμογής του νερού.

Όπως και στην άρδευση της περιορισμένης διάχυσης με λωρίδες, έτσι και στην άρδευση με αυλάκια διακρίνουμε δύο κυρίως τρόπους εφαρμογής του αρδευτικού νερού, την **κεκλιμένη άρδευση** και την **οριζόντια άρδευση**.

Όμως, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να εφαρμοστεί και μια ενδιάμεση λύση, η άρδευση με τα διακοπτόμενα αυλάκια.

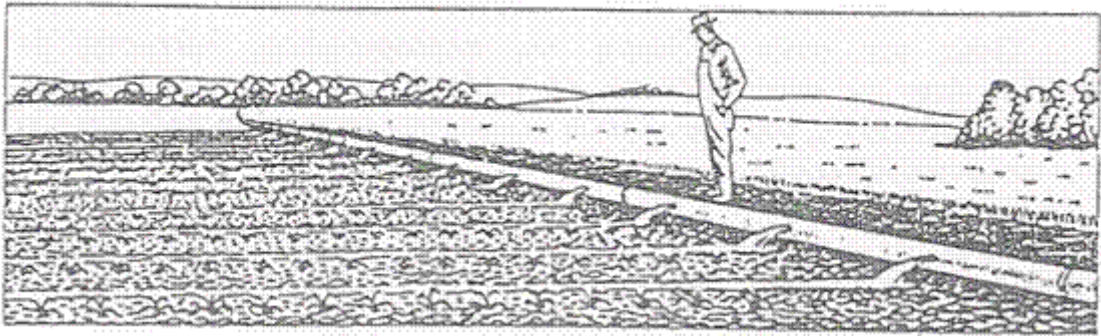
Η κεκλιμένη άρδευση εφαρμόζεται σε εδάφη με μέση διηθητική ικανότητα και με κατά μήκος κλίση του αυλακιού γύρω στο 0,005. Αν η ταχύτητα ροής του νερού μέσα στο αυλάκι είναι από 0,1-0,4 m/sec, υπάρχει κίνδυνος, ανάλογα με τη διαβρωτικότητα του εδάφους, να διαβρωθούν και τα πρανή και ο πυθμένας του αυλακιού.

Κατά την άρδευση αυτή το νερό ρέει ελεύθερο μέσα στα αυλάκια και αφού καλύψει το μήκος του αυλακιού χύνεται στην αντίστοιχη στραγγιστική τάφρο.

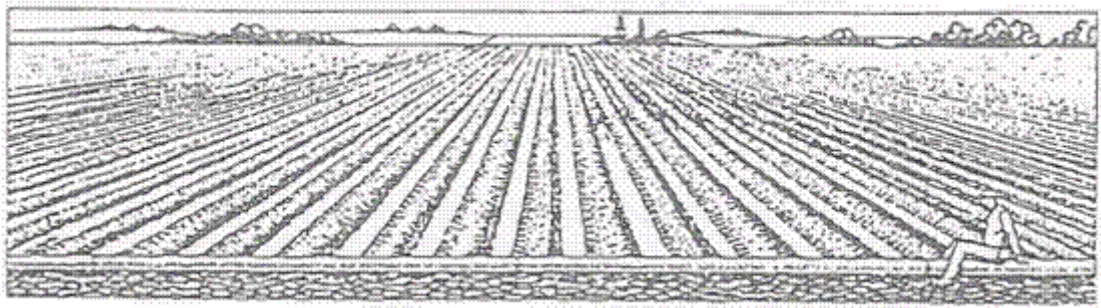
Για να πετύχουμε μια ομοιόμορφη άρδευση, ισχύουν οι ίδιες συνθήκες μείωσης του μήκους διαδρομής του αυλακιού, στο μήκος εκείνο που πετυχαίνεται στο 1/2 ή το 1/4 ή το 1/6 του χρόνου διαδρομής, ανάλογα με την τιμή του n της σχέσης της αθροιστικής διήθησης.

Κατά τον υπόλοιπο χρόνο χύνεται το νερό στην αντίστοιχη τάφρο. Μόλις, καλυφθεί το μήκος διαδρομής ο αρδευτής πρέπει τον υπόλοιπο χρόνο συνεχώς να ρυθμίζει το μέγεθος της παροχής του αυλακιού ανάλογα με τη μείωση της ταχύτητας διήθησης, για να μειωθεί η απορροή και να

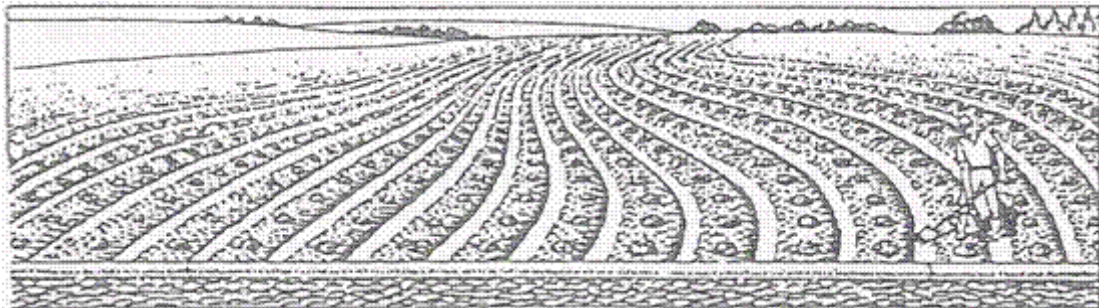
επιτευχθεί ορθή εφαρμογή του νερού. Οι άπειροι χειριστές της παροχής μπορούν να προκαλέσουν απώλειες νερού και να μειώσουν το βαθμό απόδοσης κατά την εφαρμογή του νερού μέχρι το 30%.



Σχήμα 13. Άρδευση με κεκλιμένα αυλάκια.



Σχήμα 14. Άρδευση με οριζόντια αυλάκια.



Σχήμα 15. Άρδευση με αυλάκια κατά τις ισοϋψείς.

Η οριζόντια άρδευση, που είναι ένας επιτυχής συνδυασμός εφαρμογής του νερού με ροή και με κατάκλυση, εφαρμόζεται σε μικρές κλίσεις π.χ. 0,0005-0,002. Τα αρχικά τμήματα του μήκους του αυλακιού αρδεύονται κατά το χρόνο της ροής του νερού μέσα σε αυτά, ενώ τα τελευταία τμήματα κατά το χρόνο της παραμονής του νερού πάνω σε αυτά. Για το σκοπό αυτό στο τέρμα των αυλακιών κατασκευάζεται ένα εγκάρσιο ανάχωμα, που εμποδίζει την απορροή του νερού. Καλό είναι η κατασκευή του εγκάρσιου αναχώματος να συνδυάζεται με την κατασκευή, στο τέρμα των αυλακιών, του εγκάρσιου αυλακιού που συνδέει τα τέρματα των αρδευτικών αυλακιών μεταξύ τους.

Το αυλάκι αυτό βοηθά ώστε το νερό των αρδευτικών αυλακιών, που από διάφορους αστάθμητους παράγοντες θα φθάσει πρώτο στο τέρμα του αυλακιού, να αντιστρέψει τη ροή του και να καλύψει από τα κάτω τμήματα των άλλων αυλακιών στα οποία επίσης αστάθμητοι παράγοντες δημιούργησαν συνθήκες επιβράδυνσης της ροής.

Με αυτό τον τρόπο η αρχική κάλυψη της έκτασης του αρδευόμενου χωραφιού, γίνεται γρηγορότερα, πετυχαίνεται πιο ομοιόμορφη άρδευση, και μπορεί να πετύχουμε βαθμούς απόδοσης κατά την εφαρμογή του νερού μέχρι 90 %.

Η οριζόντια άρδευση όπως και η κεκλιμένη άρδευση έχουν περιορισμούς στα πολύ διαπερατά εδάφη με μικρή αποθηκευτική ικανότητα. Στην περίπτωση αυτή εγκαταλείπεται η επιφανειακή άρδευση και σαν μόνη κατάλληλη λύση απομένει η άρδευση με καταιονισμό.

Αν τα εδάφη έχουν κλίσεις μεγαλύτερες του 0,002 και εμφανίζουν αργή διήθηση, δηλαδή η σχέση o εκθέτης, n , έχει τιμές γύρω στο 0,3-0,4, τότε χρησιμοποιούμε τη μέθοδο των διακοπτόμενων αυλακιών. Επειδή το νερό στις περιπτώσεις αυτές φτάνει γρήγορα στο τέρμα του αυλακιού, με εγκάρσιο ανάχωμα ανακόπτεται η απορροή και το νερό παραμένει μέσα στο αυλάκι μέχρι να διηθηθεί τελείως στο έδαφος.

Το νερό που παραμένει σχηματίζει μια οριζόντια επιφάνεια, ενώ ο πυθμένας του αυλακιού έχει μια κλίση j . Έτσι στο τέρμα του αυλακιού το νερό έχει ένα βάθος h_2 και στην αρχή της ηρεμίας της ροής ένα βάθος h_1 .

Για να πετύχουμε μια ομοιόμορφη άρδευση δεν πρέπει η διαφορά $h_2 - h_1$, να είναι μεγαλύτερη από 6-7 cm και το h_1 μικρότερο των 5-6 cm, ενώ το h_2 πρέπει να είναι 5-7 cm κάτω από το συνολικό βάθος H του αυλακιού.

Έτσι, το μήκος διακοπής του αυλακιού υπολογίζεται από τη σχέση:

$$l = \frac{h_2 - h_1}{j}$$

Αν το αυλάκι έχει κλίση 0,002 m, τότε $l = 30-35$ m.

Αν όμως έχει κλίση 0,005, τότε $l = 12-14$ m.

Ο όγκος του νερού, που έχει εναποθηκευτεί στο τμήμα αυτό, υπολογίζεται εύκολα από τις διαστάσεις του γεμάτου τμήματος του αυλακιού. Ο όγκος αυτός πρέπει να είναι τόσος, όση και η ποσότητα νερού άρδευσης που χρειάζεται για την επιφάνεια $a \cdot l$ m².

Έτσι, με διαδοχικές διακοπές από τα κάτω προς τα πάνω του αυλακιού, μπορούμε να ρυθμίσουμε το αρχικό τμήμα του αυλακιού, που θα αρδευτεί με ροή και τα τμήματα που θα αρδευτούν με κατάκλυση.

Σε όλες τις περιπτώσεις των συστημάτων άρδευσης κατά τις επόμενες, μετά την πρώτη, αρδεύσεις, η ταχύτητα ροής είναι μεγαλύτερη για το λόγο ότι το νερό που πέρασε κατά την πρώτη άρδευση εξομάλυνε το αυλάκι δημιουργώντας ιδανικές συνθήκες ροής του νερού.

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

1. Μενέλαος Θεοχάρης, "ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ", Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα, 2012.
2. Μενέλαος Θεοχάρης, "Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΕΣ", Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα, 1998.
3. Θεοχάρης Μ.: " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις ", Άρτα 1998
4. Θεοχάρης Μ.: " Η Άρδευση με Σταγόνες ", Άρτα 1998
5. Θεοχάρης Μ.: " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις , Εργαστηριακές Ασκήσεις", Άρτα 1998
6. Καρακατσούλης Π. : " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις και Προστασία των Εδαφών ", Αθήνα 1993.
7. Κωνσταντινίδης Κ. : "Η μέθοδος αρδεύσεως δια καταιονήσεως ", Θεσσαλονίκη - Αθήνα 1975.
8. Μιχελάκης Ν. : "Συστήματα Αυτόματης Άρδευσης - Άρδευση με Σταγόνες"
9. Daugerty - Franzini : "Υδραυλική" Τόμοι I , II, Εκδόσεις Πλαίσιο , Αθήνα.
10. Davis- Sorensen : " Handbook of applied Hydraulics" Third edition McGraw-Hill Book Company, 1969.
11. Ουζούνης Δ. "Θεωρητική και Πρακτική Μέθοδος της Άρδευσης με Σταγόνες" Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη 1997.
12. Τερζίδης Γ. : "Μαθήματα Υδραυλικής " , Τόμοι I ,II , III, Θεσσαλονίκη 1986.
13. Τερζίδης Γ. - Παπαζαφειρίου Ζ. : " Γεωργική Υδραυλική " Εκδόσεις Ζήτη , Θεσσαλονίκη 1997.
14. Τζιμόπουλος Χ. : " Γεωργική Υδραυλική ", Τόμοι I , II, Εκδόσεις Ζήτη , Θεσ-σαλονίκη 1982.
15. Τσακίρης Γ. : "Μαθήματα Εγγειοβελτιωτικών Έργων " , Αθήνα
16. Hansen V. - Israelsen : "Αρδεύσεις. Βασικοί Αρχαί και Μέθοδοι . Μετάφραση από τους Α. Νικολαΐδη και Α. Κοκκινίδη ", Αθήνα 1968.

Σημείωμα Αναφοράς

Θεοχάρης Μενέλαος, (2015). Αρδεύσεις (Θεωρία). ΤΕΙ Ηπείρου.
Διαθέσιμο από:

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG108/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Δημήτριος Κατέρης

Άρτα, 2015



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης