

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ”
ΜΑΘΗΜΑ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ - ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Γ. ΤΣΑΚΙΡΗΣ

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2004

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Υδατικοί Πόροι - Ποιότητα Αρδευτικού Νερού

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Όπως τονίστηκε και στο πρώτο κεφάλαιο μόνο μια πολύ μικρή ποσότητα του νερού που υπάρχει στη γη είναι διαθέσιμη για χρήση στις έγγειες βελτιώσεις. Επομένως ο ακριβής προσδιορισμός της ποσότητας νερού που είναι διαθέσιμη από κάθε πηγή είναι επιτακτικός πράγμα που γίνεται ακόμα σπουδαιότερο για περιοχές με ξηρό ή ημίξηρο κλίμα όπως η Ελλάδα.

Όμως η περιορισμένη διαθέσιμη ποσότητα νερού δεν αποτελεί τον μόνο περιοριστικό παράγοντα για την γεωργική ανάπτυξη μιας περιοχής. Το πρόβλημα της ποιότητας (και επομένως της καταλληλότητας του νερού για αρδεύσεις) αποτελεί παράγοντα επίσης πολύ σημαντικά για την γεωργική ανάπτυξη.

Επειδή το βιβλίο αυτό εξυπηρετεί εκπαιδευτικές ανάγκες, αλλά και για γενικότερη οικονομία, το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται μόνο στην ποιότητα νερού για αρδεύσεις με την ελπίδα ότι ο αναγνώστης θα ανατρέξει σε αντίστοιχα εγχειρίδια για τα άλλα θέματα που αναφέρονται στην εκτίμηση, εκμετάλλευση και διαχείριση των υδατικών πόρων.

3.2 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ανεξάρτητα από την πηγή προελεύσεως το νερό περιέχει υλικά σε μορφή διαλυμένων ή εν αιωρήσει στερεών. Η ποσότητα και η φύση αυτών των υλικών με δεδομένες περιβαλλοντικές, κλιματικές συνθήκες και καλλιέργειες καθορίζουν την χρησιμότητα και την ποιότητα του νερού.

Καλοί δείκτες, που χρησιμοποιούνται για το χαρακτηρισμό της ποιότητας νερού, είναι η αρχική περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα, το ποσό των αιωρούμενων στερεών και το ποσό των ρύπων (pollutants) από πηγές ανθρώπινης δραστηριότητας. Η αρχική περιεκτικότητα του νερού σε διαλυτά άλατα μπορεί βέβαια να μεταβληθεί κυρίως λόγω της περιεκτικότητας των εδαφών-πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το αρδευτικό νερό κατά την μεταφορά του στην αρδευόμενη έκταση. Τα αιωρούμενα υλικά που βρίσκονται στο νερό προέρχονται από διάβρωση περιοχών και επομένως βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα των υλικών αυτών είναι η σύνθεση των υλικών (πετρωμάτων- εδάφους) και η αιτία της διαβρώσεως (π.χ. βροχή). Τέλος οι ρύποι που φθάνουν στο αρδευτικό νερό προέρχονται από υπολείμματα αγροχημικών ουσιών όπως τα ανόργανα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα.

Προφανώς η ποσότητα και η φύση των υλικών που μεταφέρονται με το αρδευτικό νερό δεν μπορούν από μόνα τους να καθορίσουν απόλυτα την ποιότητα και την καταλληλότητα του αρδευτικού νερού. Βασικοί συντελεστές για τέτοιους χαρακτηρισμούς είναι εκτός από τα παραπάνω και η αντοχή των φυτών, οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους, το βιολογικό ισοζύγιο στο έδαφος, η υπάρχουσα τεχνολογία των αρδεύσεων (μέθοδος εφαρμογής) και η δυνατότητα για στράγγιση. Για παράδειγμα τα διαλυτά άλατα μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη των φυτών και συνεπώς να έχουν αρνητική επίπτωση στην παραγωγή, τα εν αιωρήσει υλικά μπορούν να έχουν αρνητική επίπτωση στην τεχνολογία της μεταφοράς νερού και των αρδεύσεων και τα αγροχημικά υπολείμματα μπορούν να καταστρέφουν τη βιολογική ισορροπία του εδάφους. Συνεπώς για την καταλληλότητα του νερού για άρδευση εκτός από τα χαρακτηριστικά του νερού θα πρέπει να εξετάζονται και όλοι οι παραπάνω παράγοντες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι συνήθως η ποιότητα αρδευτικού νερού εξετάζεται σε σχέση με τα άλατα που περιέχει. Έτσι σε πολλά συγγράμματα που επαναλαμβάνουν την αντιμετώπιση του θέματος των δεκαετιών 50 και 60 η ποιότητα νερού είναι μονοσήμαντα συνδεδεμένη με την αλατότητα του νερού και την περιεκτικότητα σε Νάτριο.

3.3 ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

α. Μεταφερόμενα στερεά

Το νερό που χρησιμοποιείται, για άρδευση μεταφέρει υλικά εν αιωρήσει. Η αποδοτικότητα της αρδευόμενης γεωργίας εξαρτάται εκτός των άλλων και από τα μεταφερόμενα οργανικά και ανόργανα υλικά. Περιοχές όπως του Νείλου ή του Δούναβη θεωρούνται εύφορες λόγω των μεταφερόμενων από το νερό υλικών. Σε αντίθεση με την πιθανή θετική επίδραση των στερεών υλικών του νερού στις αρδευόμενες εκτάσεις τα μεταφερόμενα υλικά (αιωρούμενα ή φορτίο κοίτης) πρέπει να εξετάζονται σε σχέση με την υπάρχουσα τεχνολογία. Είναι χαρακτηριστικό ότι τόσο στα δίκτυα αρδεύσεως (π.χ. αρδευτικά δίκτυα με σταγόνες) όσο και στα δίκτυα μεταφοράς (π.χ. διάβρωση και εναπόθεση) και αποθήκευσης (π.χ. μείωση του ωφέλιμου όγκου ταμιευτήρων) τα μεταφερόμενα υλικά έχουν αρνητικές συνέπειες.

β. Κύρια συστατικά

Η μελέτη των συστατικών του νερού για άρδευση πρέπει να γίνει σε σχέση με την πηγή νερού που χρησιμοποιείται. Για τα επιφανειακά ρέοντα νερά (π.χ. ποταμοί) τα πιο συνηθισμένα ανιόντα είναι τα Διτανθρακικά (HCO_3^-)

και τα θειικά (SO_4^{--}) και τα κύρια κατιόντα είναι το Ασβέστιο (Ca^{++}) και το Νάτριο (Na^+). Για τα στάσιμα επιφανειακά νερά (π.χ. λίμνες) η περιεκτικότητα σε άλατα μεταβάλλεται ανάλογα με το χρόνο (π.χ. περίοδος βροχοπτώσεων - μικρότερη αλατότητα). Έτσι σε μεγάλες περιόδους χωρίς βροχοπτώσεις και με μεγάλη εξάτμιση η περιεκτικότητα σε άλατα του νερού μιας λίμνης μπορεί να διπλασιασθεί. Αξίζει να σημειωθεί ότι από τα νερά όλων των τύπων το νερό της βροχής περιέχει τα λιγότερα άλατα. Το νερό της βροχής περιέχει διαλυμένα αέρια ($\text{N}_2, \text{O}_2, \text{CO}_2$) διαλυμένα άλατα που προέρχονται από τη γήινη επιφάνεια ή τη θάλασσα. Έχει αποδειχθεί ότι η περιεκτικότητα σε Cl και Na του νερού της βροχής ποικίλλει σε σχέση και με την απόσταση από τη θάλασσα. Γενικά η περιεκτικότητα του νερού της βροχής σε άλατα στις περιοχές ξηρού και ημίξηρου κλίματος επηρεάζει σημαντικά την περιεκτικότητα σε άλατα επιφανειακών και υπόγειων νερών.

γ. Άλλα συστατικά

Πολλές άλλες ουσίες μπορεί να βρεθούν σε νερό για άρδευση σε πολύ μικρές συχνά ποσότητες ώστε συνήθως να μην χρησιμοποιούνται ως δείκτες για την κατάταξη των νερών σε κατηγορίες. Στο νερό μπορούν να βρεθούν Φθόριο, Βρώμιο, Ιώδιο ως και Li, Rb, Cs, Be, Sr και άλλα, Ακόμα τα ιχνοστοιχεία As, Se, Sb, Bi και τα Cu, Co, Ni, Zn, Ti, κ.ά. Ένα στοιχείο που υπάρχει σε μικροποσότητες

στο νερό αλλά είναι πολύ επιβλαβές για την ανάπτυξη των καλλιεργειών είναι το Βόριο.

δ. Ανθρωπογενείς ρύποι

Οι ανθρωπογενείς ρύποι που υπάρχουν στο αρδευτικό νερό προέρχονται κυρίως από αστικά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα και εκπλύσεις γεωργικών εκτάσεων. Μεταξύ των ουσιών (που δεν διασπώνται σε ιόντα) αναφέρονται: λιπαρές ουσίες, Φαινόλες, σύνθετα απορρυπαντικά, διαλυμένα αέρια, εντομοκτόνα και ζιζανιοκτόνα.

Συστατικά με μορφή ιόντων είναι τα νιτρικά και ο διαλυτός φωσφόρος που εμπίπτουν στην κατηγορία της παραγράφου γ. Γενικά οι ανθρωπογενείς ρύποι βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες όταν για άρδευση χρησιμοποιείται νερό με οικιακά ή άλλα λύματα. Σ' αυτή την περίπτωση χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή προκειμένου περί καλλιεργειών που τα προϊόντα τους τρώγονται ωμά.

3.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Μεταξύ των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται ως κριτήρια για τη καταλληλότητα του νερού για αρδεύσεις είναι

- η αλατότητα
- η περιεκτικότητα σε νάτριο
- η περιεκτικότητα σε ανθρακικά ανιόντα, και σε στοιχεία όπως Χλώριο και Βόριο
- η περιεκτικότητα σε αιωρούμενα υλικά και
- η περιεκτικότητα σε βιοκτόνα

Προφανώς όλες οι παραπάνω ποσότητες δεν χρησιμοποιούνται μαζί για την ταξινόμηση του αρδευτικού νερού σε κατηγορίες ούτε υπάρχει ένα κοινά παραδεκτό σύστημα ταξινόμησης του αρδευτικού νερού. Τα βασικά κριτήρια ποιότητας του αρδευτικού νερού παρουσιάζονται πιο κάτω:

α. Αλατότητα

Η ολική συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων που παρέχει ενδείξεις για τον κίνδυνο αλατώσεως του εδάφους μετράται με την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα που εκφράζεται σε hmho/cm στους 25°C ⁽¹⁾. Το αρδευτικό νερό με βάση την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) κατατάσσεται στις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες ποιότητας (US Salini Laboratory, 1954):

Κατηγορία C1. Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) μικρότερη των $250 \mu\text{mho/cm}$ στους 25°C , περιεκτικότητα σε άλατα μικρότερη των 160 ppm ,

κίνδυνος αλατώσεως μικρός

Κατηγορία C2. EC μεταξύ $250\text{-}750 \mu\text{mho/cm}$ στους 25°C , περιεκτικότητα σε άλατα μεταξύ 160 έως 480 ppm , κίνδυνος αλατώσεως μέσος

Κατηγορία C3. EC μεταξύ $750\text{-}2250 \mu\text{mho/cm}$ στους 25°C , περιεκτικότητα σε άλατα 480 έως 1470 ppm , κίνδυνος αλατώσεως μεγάλος

Κατηγορία C4. $EC > 2250 \mu\text{mho/cm}$ στους 25°C , περιεκτικότητα σε άλατα $> 1470 \text{ ppm}$, κίνδυνος αλατώσεως πολύ μεγάλος.

1. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι εξ ορισμού το αντίστροφο της ηλεκτρικής αντίστασης. Ως προς τις μονάδες $1 \text{ mho} = 1/\text{ohm} = 1 \text{ Siemens} = 10^3 \text{ mmho} = 10^6 \mu\text{mho}$. Η ειδική αγωγιμότητα (EC) έχει τις μονάδες mho/cm , mmho/cm , $\mu\text{mho/cm}$ και στο σύστημα SI υπάρχει η μονάδα Siemens/m .

Η ίδια ταξινόμηση έγινε επίσης από τον Wilcox (1948). Άλλοι ερευνητές για τον προσδιορισμό της αλατότητας χρησιμοποίησαν άλλους δείκτες όπως:

- το σύνολο των διαλυμένων στερεών (Total dissolved solids, TDS) που εκφράζεται σε mg/l ή ppm.

- η ενεργός αλατότητα (effective salinity, ES) που εκφράζεται σε meq/l ή ppm.

Το σύνολο των διαλυμένων στερεών TDS που μπορεί να προσδιορισθεί με την εξάτμιση ορισμένου όγκου νερού συσχετίζεται με την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{TDS (ppm)} = 640 \cdot \text{EC (mmho/cm)} \quad (3.1)$$

για τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας μέχρι 10 mmho/cm (Shainberg και Oster, 1978). Όπως απέδειξε η έρευνα η αλατότητα του εδαφικού διαλύματος (πολύ περισσότερο από την αλατότητα του νερού που χρησιμοποιείται) επηρεάζει δυσμενώς την παραγωγή. Είναι γεγονός ότι με την εξατμισοδιαπνοή η αλατότητα του εδαφικού διαλύματος μεγαλώνει.

β. Περιεκτικότητα σε Νάτριο

Η περιεκτικότητα σε Νάτριο χρησιμοποιείται ως δείκτης της ποιότητας του αρδευτικού νερού κυρίως λόγω της επίδρασης του Νατρίου στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους όπως η διαπερατότητα, η διηθητικότητα και η καταλληλότητα για γεωργική χρήση.

Επειδή η επίδραση του νατρίου τόσο στο έδαφος όσο και στις καλλιέργειες είναι σημαντική, Διάφορες ποσότητες έχουν προταθεί ως βάσεις για την ταξινόμηση του νερού ως προς τον κίνδυνο που προέρχεται από τη συγκέντρωση διαλυτού νατρίου.

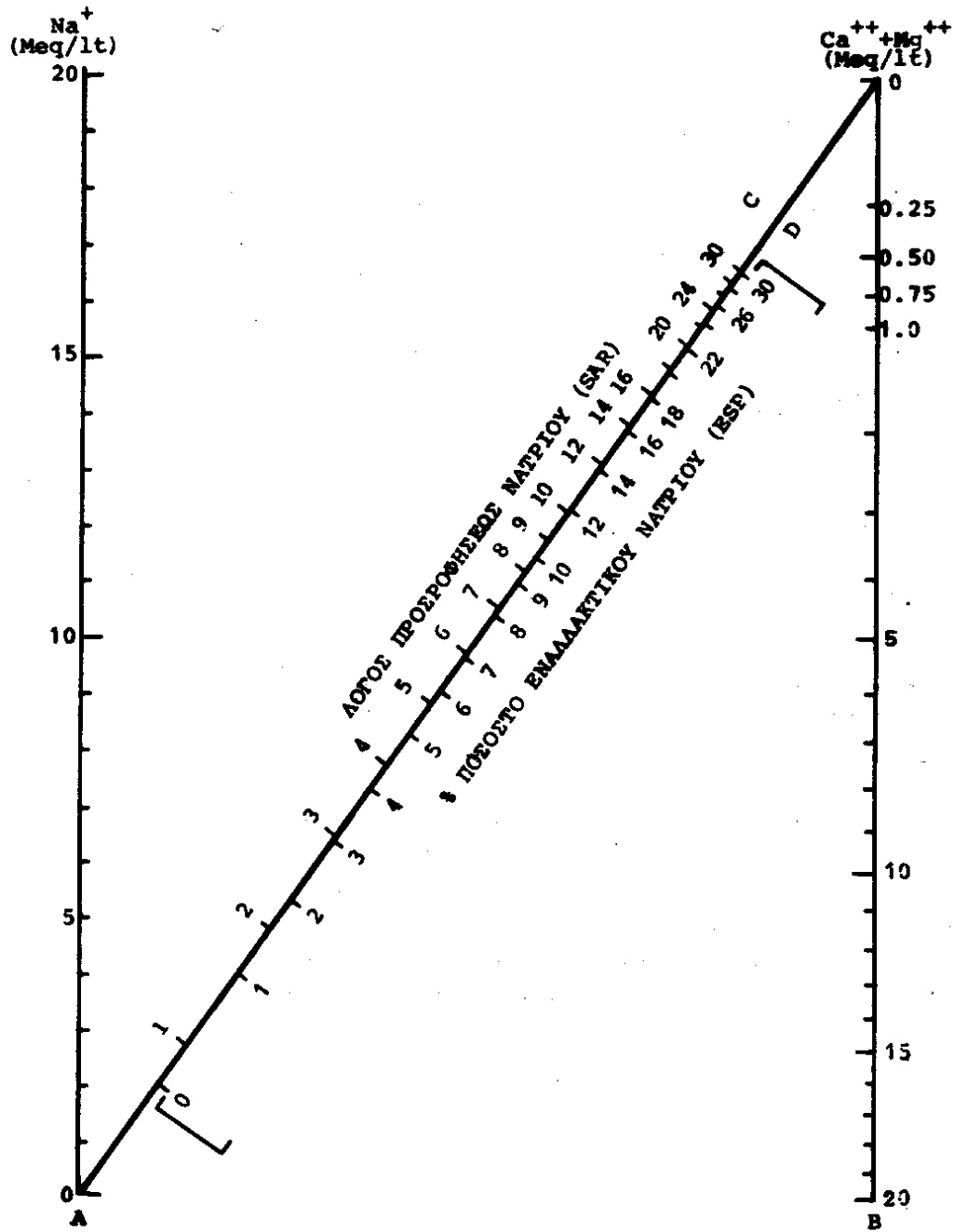
Η σχέση μεταξύ διαλυτού Νατρίου (Na^+) και των άλλων διαλυτών επίσης κατιόντων Ασβεστίου και Μαγνησίου (Ca^{++} και Mg^{++}) δίνεται από το "Λόγο Προσροφήσεως Νατρίου" (Sodium Absorption Ratio) γνωστό ως S.A.R που προτάθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας των Η. Π. Α. (U.S Salinity Laboratory - 1954):

$$\text{S.A.R} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}} \quad (32)$$

όπου οι συγκεντρώσεις Na, Ca και Mg αναφέρονται σε meq/l. Ο προσδιορισμός του S.A.R. γίνεται γραφικά με το νομογράφημα του σχήματος 3.1.

Η τιμή του S.A.R. εκφράζει την ενεργητικότητα των ιόντων νατρίου και καθορίζει την ικανότητα εναλλαγής τους με κατιόντα όπως Ca και Mg που έχουν προσροφηθεί από τα κολλοειδή του εδάφους. Με βάση την τιμή του S.A.R. διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες σύμφωνα με την ταξινόμηση του Υπουργείου Γεωργίας των Η. Π. Α. Οι κατηγορίες αυτές για ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα 100mmho/cm είναι οι ακόλουθες:

Κατηγορία 1:	S.A.R < 10, κίνδυνος νατρίου μικρός
Κατηγορία 2:	S.A.R από 10 έως 18, κίνδυνος νατρίου μέσος
Κατηγορία 3:	S.A.R από 18 έως 26, κίνδυνος νατρίου μεγάλος
Κατηγορία 4:	S.A.R > 26, κίνδυνος νατρίου πολύ μεγάλος



Σχ 3.1 Νομογράφημα για τον προσδιορισμό της τιμής S.A.R. νερού αρδεύσεως καθώς και για τον προσδιορισμό της τιμής του E.S.P. ενός εδάφους που βρίσκεται σε ισορροπία με το νερό αρδεύσεως (U.S. Salinity Lab., 1954)

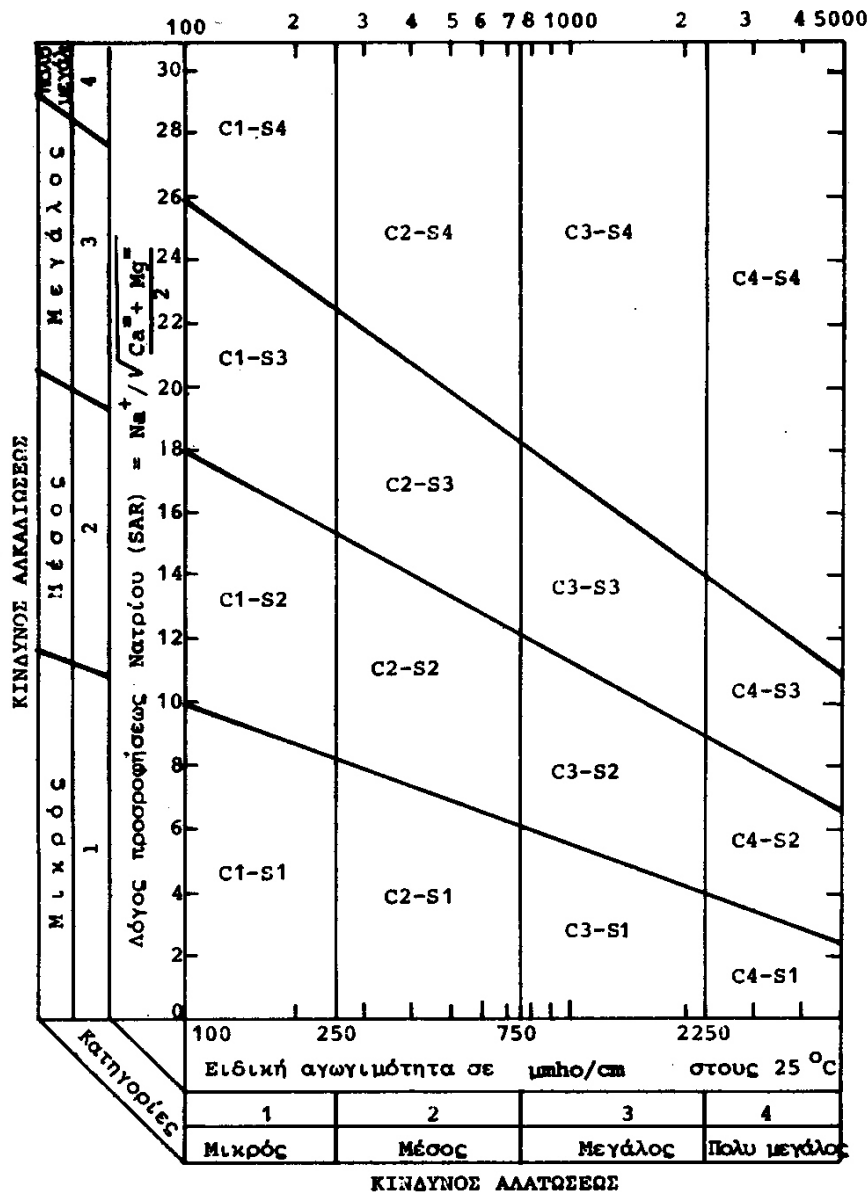
Οι παραπάνω τέσσερις κατηγορίες μεταβάλλονται ως συνάρτηση της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού. Έτσι για ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα $E = 2250 \mu\text{mho/cm}$ οι παραπάνω τέσσερις κατηγορίες γίνονται S.A.R. < 4, από 4.4 έως 9, από 9 έως 14 και >14 αντίστοιχα (Σχ. 3.2).

Όπως έχει αποδειχθεί υπάρχει μια ικανοποιητική συσχέτιση μεταξύ των τιμών S.A.R και του βαθμού αλκαλιώσεως του εδάφους (ή εναλλακτικού Na ή ποσοστού εναλλακτικού Νατρίου-Exchangeable Sodium Percentage-E.S.P. Τα ορυκτά της

αργίλου και η οργανική ουσία, δηλαδή τα ανόργανα και οργανικά κolloειδή προσροφούν ανιόντα και κατιόντα και τα συγκρατούν με μορφή εναλλακτικών. Το ποσοστό εναλλακτικού Νατρίου-E.S.P ορίζεται ως το ποσοστό (%) του προσροφημένου Na από τα κolloειδή του εδάφους, προς την ολική σε κατιόντα εναλλακτική ικανότητα σε meq/100gr εδάφους:

$$E.S.P = \frac{Na^+}{Na^+ + K^+ + Ca^{++} + Mg^{++}} \cdot 100$$

Στο νομογράφημα του σχήματος 3.1 φαίνεται ο γραφικός προσδιορισμός της τιμής E.S.P. από την τιμή του λόγου προσροφήσεως νατρίου S.A.R ενός εδάφους σε ισορροπία με το νερό αρδεύσεως.



Σχ. 3.2 Διάγραμμα για την ταξινόμηση του νερού αρδεύσεως σε κατηγορίες κατά το U.S Salinity Laboratory (1954)

γ. Περιεκτικότητα, σε Ανθρακικά Ανιόντα, Χλώριο και Βάριο

Τα όξινα ανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) έχουν την τάση να σχηματίζουν δυσδιάλυτες ενώσεις με ιόντα Ca^{++} και Mg^{++} με αποτέλεσμα την σχετική αύξηση της συγκεντρώσεως του Na^+ . Εκτός των όξινων ανθρακικών στο νερό υπάρχουν και ουδέτερα ανθρακικά (H_2CO_3) σε αμελητέες όμως συγκεντρώσεις. Η επίδραση, των ανθρακικών ιόντων (όξινων και ουδέτερων) στην ποιότητα του αρδευτικού νερού εκφράζεται ως Υπολειμματικό Ανθρακικό Νάτριο (Residual Sodium Carbonate, RSC) που υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\text{RSC} = (\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$$

όπου όλες οι ποσότητες αναφέρονται σε συγκεντρώσεις Meq/lit.

Στον Πιν. 3.1 δίνεται η ταξινόμηση του αρδευτικού νερού συναρτήσει της τιμής του Υπολειμματικού Νατρίου (R.S.C. Στην περίπτωση χρήσης νερού της δεύτερης κατηγορίας με R.S.C μεταξύ 1.25 και 2.50 πρέπει να γίνεται σημαντική έκπλυση ώστε η συγκέντρωση των ανθρακικών να συγκρατείται σε χαμηλά επίπεδα και να προστίθενται ποσότητες γύψου ή άλλου διαλυτού άλατος του ασβεστίου ώστε ο λόγος ασβεστίου/ νατρίου να παραμένει ευνοϊκός. Στην περίπτωση που το R.S.C. υπερβαίνει τα 2.50 meq/lit το νερό είναι ακατάλληλο για αρδευτική

Πίν. 3.1: Ταξινόμηση του αρδευτικού νερού ως προς το Ανθρακικό Νάτριο (Wilcox 1958)

Ποιότητα Νερού	Υπολειμματικό Na_2CO_3 meq/lit
Άριστη-Καλή	<1.25
Μέτρια	1.25 -2.50
Κακή	>2.50

Κατά άλλους ερευνητές για την εκτίμηση της επίδρασης του R.S.C. πρέπει να εξετάζεται, ο τύπος του εδάφους. Νερό με δεδομένο R.S.C. μπορεί να είναι επικίνδυνο για το έδαφος με αλκαλικό pH αλλά μπορεί να έχει βελτιωτική επίδραση σε εδάφη με όξινο pH.

Τα ιόντα Χλωρίου δεν έχουν σημαντική, επίδραση στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους και δεν απορροφούνται από το έδαφος. Αυτός είναι ο λόγος που τα ιόντα Χλωρίου δεν χρησιμοποιήθηκαν αρκετά για την ταξινόμηση του αρδευτικού νερού σε κατηγορίες.

Ο Scofield (1935) χρησιμοποίησε πέντε κατηγορίες (ποιότητες) νερού, από άριστη μέχρι κατάλληλη με όρια στα 4,7,12 και 20 meq/lit Αργότερα επικράτησε η άποψη ότι η επίδραση του Χλωρίου μπορεί να αντιμετωπίζεται για ειδικό έδαφος και καλλιέργειες. Μια τέτοια ταξινόμηση προτάθηκε από τον Konda et al (1967) και παρουσιάζεται στον Πίν.3.2.

Το βάριο ακόμα και σε μικρή συγκέντρωση στο εδαφικό διάλυμα είναι τοξικό για τα φυτά και επιδρά αρνητικά στην παραγωγή. Το βόριο του εδαφικού διαλύματος

προέρχεται κατά κύριο λόγο από το νερό αρδεύσεως και συνεπώς απαιτείται η γνώση της περιεκτικότητας σε βόριο του αρδευτικού νερού. Στον Πίν.3.3. φαίνεται η ταξινόμηση του νερού ως συνάρτηση της περιεκτικότητας σε βόριο και σε

Πιν. 3.2 Η ταξινόμηση του αρδευτικού νερού σε σχέση με την συγκέντρωση Χλωρίου για συγκεκριμένη καλλιέργεια (citrus) και περιοχή (παραθαλάσσια πεδιάδα του Ισραήλ)

EC μmho/cm	Cl meq/lt:	Τύπος εδάφους		
		Αμμώδεις	Πηλώδεις	Αργιλώδεις
<1200	6	A	A	A
1200-1500	6-7.5	A	A	B
1500-1750	7.5-9	A	A	C
1750-2250	Σεπ-15	A	B	D
όπου A= ακίνδυνο, B = με μικρή επικινδυνότητα C=με μέτρια επικινδυνότητα και D= επικίνδυνο				

σχέση με την αντοχή της αρδευόμενης καλλιέργειας (Scofield,1935), Τέλος τα όρια αντοχής των διαφόρων καλλιεργειών στις συγκεντρώσεις του βορίου παρουσιάζονται στον Πιν.3.4.

Πιν. 3.3 Κατηγορίες αρδευτικού νερού σε σχέση με την περιεκτικότητα σε Βόριο και την αντοχή των καλλιεργειών σ' αυτό.

Ποιότητα νερού	Ομάδες Φυτών		
	Ευπαθή (ppm)	Μετρίως ανθεκτικά (ppm)	Ανθεκτικά (ppm)
Άριστη	<0.33	<0.67	<1.00
Πολύ καλή	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
Καλή	0.67-1.00	1.33-2.00	2.00-3.00
Κακή	1.00-1.25	2.00-2.50	3.00-3.75
Χείριστη	>1.25	>2.50	>3.75

Πιν 3. 4 Ταξινόμηση των καλλιεργειών από πλευράς αντοχής στη συγκέντρωση Βορίου

Ευπαθή φυτά	Μετρίως Ανθεκτικά φυτά	Ανθεκτικά φυτά
Αχλαδιά	Ηλιάνθος	Αρμυρίκι
Μηλιά	Πατάτα	Σπαράγγι
Αμπέλι	Βαμβάκι	Τεύτλα
Κερασιά	Ντομάτα	Μηδική
Ροδακινιά	Ελιά	Κρεμμύδι
Βερικοκιά	Κριθάρι	Λάχανο
Πορτοκαλιά	Καλαμπόκι	Μαρούλι
Λεμονιά	Βρώμη	Καρότο

δ. Η περιεκτικότητα σε αιωρούμενα

Όπως αναφέρθηκε ήδη σημαντικές ποσότητες αιωρούμενων υλικών στο αρδευτικό νερό έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην τεχνολογία των

αρδεύσεων και στην διαπερατότητα του εδάφους. Στα αρδευτικά δίκτυα καταιονισμού τα μεταφερόμενα υλικά μπορούν να προξενήσουν βιολογική διαταραχή με την συγκέντρωσή τους στα φύλλα των καλλιεργειών ενώ στα συστήματα αρδεύσεως με σταγόνες υπάρχει κίνδυνος εμφράξεως των σταλλακτηρών με αποτέλεσμα την κακή λειτουργία του συστήματος και την ανομοιομορφία της κατανομής του αρδευτικού νερού.

Επίσης στις μεθόδους επιφανειακής αρδεύσεως, νερό με σημαντική περιεκτικότητα σε στερεά έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της διαπερατότητας των εδαφών. Το πρόβλημα της διαπερατότητας γίνεται εντονότερο όταν τα αρδευόμενα εδάφη είναι λεπτόκοκκα. Σαν αποτέλεσμα δημιουργείται κρούστα στην επιφάνεια του εδάφους με σταδιακή εμφράξη των πόρων του εδάφους που εκτός της μείωσης της διηθητικότητας δημιουργεί προβλήματα στο φύτρωμα των σπόρων.

ε. Η περιεκτικότητα σε βιοκτόνα

Τα βιοκτόνα είναι ισχυρά δηλητήρια που χρησιμοποιούνται στη γεωργία για την προστασία της παραγωγής από ανεπιθύμητα φυτά (ζιζάνια), διάφορους μικροοργανισμούς και ασθένειες.

Η χρησιμοποίηση βιοκτόνων στη γεωργία τα τελευταία 30 χρόνια αποτελεί, ως γνωστό, μια δυσάρεστη εξέλιξη για την ποιότητα των επιφανειακών αλλά και των υπόγειων νερών.

Τα βιοκτόνα είναι επικίνδυνα κυρίως για τον μεγάλο χρόνο βιοαποδομήσεως τους με αποτέλεσμα την βιολογική μεγέθυνση στους διάφορους οργανισμούς και τελικά στον άνθρωπο. Τα κυριότερα βιοκτόνα είναι τα: Aldrin, Captan, DDT, Dieldrin, Endosulfan, Endrin, Lindan, Marathion, MCPA, Parathion

Επιτρεπόμενα όρια αυτών των ουσιών καθορίστηκαν από την Διοίκηση για την Μόλυνση των Νερών του Υπουργείου Γεωργίας των Η. Π. Α. μαζί με πληροφορίες για τη διαχείριση του νερού, την ένταση εφαρμογής σε σχέση με τον αγρό και την καλλιέργεια και περιλαμβάνονται στα κυριότερα συγγράμματα που είναι σχετικά με τη μόλυνση του νερού.

3.5.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΩΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Πολλά συστήματα ταξινομήσεως του αρδευτικού νερού έχουν προταθεί από ερευνητές και οργανισμούς χωρίς κανένα να θεωρείται γενικά αποδεκτό. Εντούτοις το σύστημα ταξινομήσεως του Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα πλησιάζοντας την γενική αναγνώριση. Τα κυριότερα συστήματα ταξινομήσεως του αρδευτικού νερού είναι:

1. Ο Scofield (1936) πρότεινε το ακόλουθο σύστημα (Πιν.3.5) που περιλαμβάνει τους δείκτες: αλατότητα, Νάτριο, Χλώριο, και Θειικά.

2. Σύστημα των Wilcox και Magistad (1943)

Οι Wilcox και Magistad πρότειναν την ταξινόμηση που φαίνεται στον Πίν.3.6 χρησιμοποιώντας ως δείκτες την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, το περιεχόμενο Νάτριο (%), και τη συγκέντρωση του Χλωρίου και του Βορίου.

Πιν. 3.5 Σύστημα ταξινόμησης του αρδευτικού νερού κατά Scofield (1936)

Κατηγορία	Συγκέντρωση διαλυμένων στερεών			Συγκέντρωση	
	EC ($\mu\text{mho/cm}$)*	Κατά βάρος (p.p.m)	Na (%)	Cl (meq/lit)	SO ₄ , (meq/lit)
1 (Άριστη)	250	175	20	4	4
2 (Καλή)	250-750	175-525	20-40	4-7	4-7
3 (Επιτρεπόμενη)	750-2000	525-1400	40-60	7-12	7-12
4 (Αμφίβολη)	2000-3000	1400-2100	60-80	12-20	12-20
5 (Ακατάλληλη)	3000	2100	80	20	20

Μια παραλλαγή του συστήματος προτάθηκε από τον Wilcox (1948) που χρησιμοποίησε ως δείκτες την αλατότητα και το Νάτριο ως εκατοστιαίο ποσοστό των κατιόντων. Τέλος μια περισσότερο βελτιωμένη πρόταση για την ταξινόμηση των νερών για άρδευση έγινε από τον Wilcox (1958).

3. Σύστημα ταξινόμησης του Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ (1954) Το σύστημα αυτό παρουσιάζεται στο Σχ.3.2. Σύμφωνα με το Σχ. 3.2 διακρίνονται οι ακόλουθες κατηγορίες: C1, C2, C3, και C4 για την ολική συγκέντρωση αλάτων και S1, S2, S3, S4, για τις αντίστοιχες τιμές του S.A.R.

Πίν. 3.6 Σύστημα ταξινόμησης του αρδευτικού νερού κατά Wilcox και Magistad

Κατηγορία	I	II	III
Δείκτες	Άριστη μέχρι καλή	Καλή μέχρι επιζήμια	Επιζήμια μέχρι ακατάλληλη
Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC στους 25°C, $\mu\text{mho/cm}$)	<1000	1000-3000	>3000
Νάτριο (%)	< 60	60-75	>75
Χλώριο, meq/lit.	< 5	5-10	>10
Βόριο, ppm	< 0.5	0.5-2	>2

4. Σύστημα Doneen

Κατά το σύστημα Doneen (1958) ο κίνδυνος αλατώσεως εκτιμάται όχι με την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα αλλά με μια ποσότητα που ονομάζεται "ενεργός αλατότητα" (effective salinity, ES) και εκφράζεται συνήθως σε meq/lit.. Κατά την θεωρία της "ενεργού αλατότητας" το ανθρακικό ασβέστιο, το ανθρακικό μαγνήσιο και το θειικό ασβέστιο δεν πρέπει να περιλαμβάνονται στον προσδιορισμό της ολικής αλατότητας λόγω της μικρής των διαλυτότητας. Συνεπώς αυτά αφαιρούνται από το σύνολο των αλάτων με αποτέλεσμα να προσδιορίζεται η ενεργός αλατότητα.

Σύμφωνα με το σύστημα Doneen οι δείκτες για την κατάταξη του αρδευτικού νερού είναι η ενεργός αλατότητα και οι συνθήκες στράγγισης του εδάφους Η προτεινόμενη κατάταξη φαίνεται στον Πιν.3.7 όπου δίνονται τρεις εκφράσεις της ενεργού αλατότητας.

Νεώτερες Απόψεις

Παρά τη χρησιμότητα της ταξινόμησης του αρδευτικού νερού χρησιμοποιώντας 1,2 ή

περισσότερα κριτήρια εντούτοις δεν είναι εύκολο πάντα να αποφανθεί κανείς για την καταλληλότητα του αρδευτικού νερού χωρίς να λάβει υπόψη του τις καλλιέργειες, το κλίμα, το έδαφος, τις συνθήκες στραγγίσεως, την διαχείριση του αρδευτικού νερού την υπάρχουσα τεχνολογία μεταφοράς νερού και αρδεύσεων ως και τους σχετικούς οικονομικούς παράγοντες. Γενικά η καταλληλότητα του νερού για άρδευση είναι ένα σύνθετο πρόβλημα που δεν μπορεί πάντα να λύνεται απ' ευθείας και μονοσήμαντα. Αν για παράδειγμα οι ανάγκες αρδεύσεως είναι μεγάλες και το διαθέσιμο νερό κρίνεται ακατάλληλο για ένα υπό μελέτη έργο σύμφωνα με τα κριτήρια ενός συστήματος ταξινομήσεως, δεν σημαίνει ότι γι' αυτό τον λόγο η αγροτική ανάπτυξη της περιοχής θα διακοπεί.

Πιν. 3.7 Σύστημα ταξινομήσεως κατά Doneen

Συνθήκες στραγγίσεως του εδάφους	Ενεργός Αλατότητα ES	Κατηγορίες		
		I	II	III
Ελάχιστη απόπλυση του εδάφους	meq/lit: ppm kg/m ³ νερού	<3 165 0.165	3-5 165-275 0.165-0.275	>5 275 0.275
Μικρή έως περιορισμένη απόπλυση. Στράγγιση βραδεία	meq/lit: ppm kg/m ³ νερού	<5 275 0.275	5-10 275-550 0.275-0.550	>10 550 0.550
Εδάφη διαπερατά. Στράγγιση καλή	meq/lit: ppm kg/m ³ νερού	<7 385 0.385	7-15 385-825 0.385-0.825	>15 815 0.815

Σ' αυτήν την περίπτωση εξετάζονται άλλες εναλλακτικές λύσεις όπως π.χ. η υιοθέτηση διαφορετικής διαχείρισης του νερού ή ακόμα και η αλλαγή των καλλιεργειών και η υιοθέτηση άλλων ανθεκτικότερων στη παρουσία του συστατικού που δημιουργεί το πρόβλημα. Αν προς την κατεύθυνση αυτή δεν υπάρχει πρόσφορη λύση μπορεί να μελετηθεί και η βελτίωση του νερού με διάφορες μεθόδους εφόσον κρίνεται οικονομικά εφικτό.

Σχετικά με την χημική ανάλυση που εξακολουθεί κατά κύριο λόγο να χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας του αρδευτικού νερού έχει επικρατήσει η άποψη να υπολογίζονται οι ακόλουθες επτά ποσότητες (Christiansen et al, 1977):

- Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, EC
- Εκατοστιαίο ποσοστό Νατρίου, Na(%)
- Λόγος προσροφήσεως Νατρίου, SAR
- Na₂CO₃
- Χλώριο, Cl⁻
- Ενεργός αλατότητα, ES
- Βόριο

Έξι κατηγορίες αρδευτικού νερού προτείνονται σε σχέση με τους παραπάνω δείκτες που εφαρμόζονται χωριστά. Τα άνω όρια κάθε κατηγορίας που προέρχονται από πολλές βιβλιογραφικές πηγές παρουσιάζονται στον Πιν.3.8.

Πιν. 3.8 Κατηγορίες ποιότητας νερού (Christiansen et al, 1977)

Κατηγορία	EC(mmho/cm)	Na ⁺ (%)	SAR	NaCO ₃ (meq/lt)	Cl ⁻ (meq/lt)	ES (meq/lt)	B (ppm)
1	0.5	40	3	0.5	3	4	0.5
2	1.0	60	6	1.0	6	8	1.0
3	2.0	70	9	2.0	10	16	2.0
4	3.0	80	12	3.0	15	24	3.0
5	4.0	90	15	4.0	20	32	4.0
6	>4,0	>90	>15	>4.0	>20	>32	>4.0

Τέλος κατά τον χαρακτηρισμό της ποσότητα του νερού δεν πρέπει να παραβλέπονται και άλλα κριτήρια όπως η περιεκτικότητα σε αιωρούμενα υλικά καθώς και η επίδραση των βιοκτόνων.

Παράδειγμα

Στον Πιν. 3.9 φαίνεται, η ανάλυση νερού για άρδευση που χρησιμοποιήθηκε για πειραματικούς σκοπούς στο Εργαστήριο Υδραυλικής του Δ.Π.Θ. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα και την ταξινόμηση του Υπουργείου Γεωργίας των Η.Π.Α. το νερό χαρακτηρίστηκε μέσης αλατότητας (C₂) και μικρής αλκαλικότητας (S₁) και επομένως κατάλληλο για αρδευτική χρήση χωρίς δυσμενείς συνέπειες στο έδαφος ή τις αρδευόμενες καλλιέργειες.

Πιν. 3.9 Παράδειγμα αναλύσεως νερού αρδέυσεως

Παράμετρος	Μέγεθος	Μονάδα
EC	581	μmho/cm
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	4.34	meq/lt
Na ⁺	1.06	meq/lt
K ⁺	0.05	meq/lt
Σύνολο κατιόντων	5.45	meq/lt
CO ₃ ⁻	3.50	meq/lt
Cl ⁻	1.15	meq/lt
SO ₄ ⁻	1.50	meq/lt
NO ₃ ⁻	0	meq/lt
B	0	ppm
pH	7.7	
Na	19.4	%
SAR	0.72	
ES	1.11	meq/lt

Σύμφωνα με τα άλλα συστήματα ταξινόμησης το χρησιμοποιηθέν δείγμα κατατάσσεται.

- Κατά Scofield: EC : 2 (Καλή)
Na%: 1 (Άριστη)
Cl : 1 (Άριστη)
SAR: 1 (Άριστη)
- Κατά Wilcox και Magistad (1943):
EC : 1
Na : 1
Cl : 1
B : 1 } (Άριστη μέχρι καλή)

3. Κατά Doneen:
Κατηγορία I για όλες τις συνθήκες στραγγίσεως του εδάφους.

3.6.ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΝ ΕΛΑΦΩΝ

3.6.1 Ταξινόμηση των εδαφών

Η ύπαρξη περίσσειας διαλυτών αλάτων ή αλκαλιώσεως στο έδαφος έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην παραγωγή και την παραγωγικότητα του εδάφους. Επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις με διάφορες επεμβάσεις τόσο η αλατότητα όσο και η αλκαλίωση του εδάφους μπορούν να βελτιωθούν πρέπει πριν από οποιαδήποτε ενέργεια να ελέγχονται εργαστηριακά.

Στο εργαστήριο η αλατότητα εκτιμάται με τον προσδιορισμό της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εκχυλίσματος κορεσμού του εδάφους σε mmho/cm στους 25°C ενώ η αλκαλίωση με τον προσδιορισμό του ποσοστού ανταλλάξιμου νατρίου (ESP).

Σύμφωνα με την ταξινόμηση του US Salinity Laboratory τα εδάφη ταξινομούνται σε πέντε κατηγορίες από άποψη αλατότητας;

- I. EC: 0-2 mmho/cm
- II. EC: 2-4 mmho/cm
- III. EC: 4-8 mmho/cm
- IV. EC: 8-16 mmho/cm
- V. EC: >16 mmho/cm

Επίσης σε σχέση με την αλκαλίωση ένα έδαφος θεωρείται, αλκαλικό αν η μέση τιμή ESP είναι μεγαλύτερη του 15%.

Τελικά μπορούν να διακριθούν οι εξής κατηγορίες:

Μη αλατούχα - μη αλκαλικά, EC < 4, ESP < 15%.

Αλατούχα, EC > 4, ESP > 15%.

Αλατούχα - Αλκαλικά EC > 4, ESP > 15%.

Αλκαλικά EC < 4, ESP > 15%.

Νεώτερες απόψεις για το θέμα της ταξινόμησης των εδαφών σε σχέση με την αλκαλίωση προτάθηκαν στο Σεμινάριο του FAO (Baghdad, 1970) και παρουσιάζονται στον Πιν. 3.10.

Πιν. 3.10 Ταξινόμηση των εδαφών σε σχέση με την αλκαλίωση

Κατηγορία	ESP (%)	Περιγραφή
0	< 10	Ελεύθερο αλκαλιώσεως
I	10-20	Ελαφρώς αλκαλικό
II	20-30	Μετρίως αλκαλικό
III	30-50	Έντονα αλκαλικό
IV	> 50	Πολύ έντονα αλκαλικό

3.6.2 Ανάγκες εκπλύσεως

Ο πιο πρακτικός τρόπος βελτιώσεως των εδαφών από τον κίνδυνο αλατώσεως είναι η έκπλυση με ποσότητα νερού πλέον της αρδευτικής δόσης που απαιτείται για την ικανοποίηση των αναγκών των καλλιεργειών. Για τον υπολογισμό του ποσοστού εκπλύσεως έχουν προταθεί διάφορες εξισώσεις. Γενικά η ποσότητα νερού εκπλύσεως που απαιτείται για έκπλυση από την αρχική αλατότητα του

εδάφους την ποιότητα του νερού εκπλύσεως, τη μέθοδο εκπλύσεως (π.χ. με κατάκλιση), το βάθος του εδάφους στο οποίο γίνεται η έκπλυση¹ και τα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους.

Η περισσότερο αποδεκτή εξίσωση είναι η ακόλουθη που προκύπτει με τη θεώρηση μόνιμης κατάστασης. Δηλαδή η ποσότητα αλάτων που εισέρχεται σ' ένα όγκο εδάφους (όγκος ριζοστρώματος) από την επιφάνεια πρέπει να εξέρχεται από τον πυθμένα του ριζοστρώματος χωρίς να αλλάζει την περιεκτικότητα σε άλατα του ριζοστρώματος.

Η εξίσωση γράφεται:

$$d_i C_i = d_d C_d \quad \text{ή} \quad \frac{d_d}{d_i} = \frac{C_i}{C_d} \quad (3.5)$$

όπου d_i = το ύψος εφαρμογής (δόση αρδεύσεως, mm) .

d_d = το ύψος του νερού που απομακρύνεται με στράγγιση.

C_i και C_d = οι συγκεντρώσεις αλάτων του νερού εφαρμογής και στραγγίσεως, αντίστοιχα.

LF = ποσοστό εκπλύσεως.

Από την παραπάνω εξίσωση με απλό μετασχηματισμό* και λαμβάνοντας υπόψη ότι το καθαρό ύψος εφαρμογής $d_n = d_i - d_d$ προκύπτει η ακόλουθη εξίσωση:

$$d_i = d_n C_d / (C_d - C_i) \quad (3.6)$$

Από αυτή την εξίσωση γνωρίζοντας την συγκέντρωση αλάτων του αρδευτικού νερού (που μετράται ως ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα) και την αντοχή των καλλιεργειών στη συγκέντρωση αλάτων (C_d σε EC του εκχυλίσματος κορεσμού) χωρίς μεγάλες απώλειες στην παραγωγή είναι δυνατό να υπολογισθεί το συνολικό απαιτούμενο ύψος εφαρμογής. Εμπειρικά εφαρμόζεται τιμή ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας που αντιστοιχεί σε μείωση της παραγωγής κατά 50%. Αυτό δικαιολογείται γιατί με την τιμή αυτή στον πυθμένα του ριζοστρώματος και λόγω της κατανομής των αλάτων στο ριζόστρωμα η τελική μείωση της παραγωγής δεν ξεπερνά το 10%.

Εφαρμογή

Δίνεται, καλλιέργεια με αντοχή στην αλατότητα 6 mmho/cm και, το αρδευτικό νερό που χρησιμοποιείται έχει, EC=2mmho/cm. Το καθαρό* εποχιακό ύψος των αναγκών σε αρδευτικό νερό είναι 600mm που εφαρμόζεται, σε 6 αρδεύσεις των 100 mm.

Ζητείται, το ύψος νερού που απαιτείται επιπλέον των καθαρών αναγκών για την διατήρηση της αντοχής της καλλιέργειας στον πυθμένα του ριζοστρώματος.

Σύμφωνα με την Εξ. 3.6 για το εποχιακό ύψος εφαρμογής

$$d_i = d_n C_d / (C_d - C_i) = 600 \cdot 6 / (6 - 2) = 900 \text{ mm}$$

Επομένως το συνολικό ύψος εφαρμογής για κάθε άρδευση είναι 150 mm. Συνεπώς για την διαστασιολόγηση του στραγγιστικού δικτύου θα πρέπει, να ληφθεί υπόψη ότι, το δίκτυο πρέπει, να είναι, ικανό να απομακρύνει, 50 mm ή 50m³/στρ αμέσως μετά κάθε άρδευση.

1. Το βάθος εδαφικής ζώνης για έκπλυση είναι, συνήθως από 0.50-2 m ανάλογα με την καλλιέργεια
 * $\frac{d_d - d_i}{d_i} = \frac{C_i - C_d}{C_d}$ ή $d_i = C_d (d_d - d_i) / (C_i - C_d)$ ή τέλος $d_i = C_d (d_i - d_d) / (C_d - C_i)$

3.6.3 Χρησιμοποίηση βελτιωτικών των εδαφών

Για τα αλκαλικά εδάφη η έκπλυση συνήθως δεν επαρκεί για την βελτίωση τους. Πρόσθετα απαιτείται η αντικατάσταση των εναλλακτικών ιόντων του Na^+ με εναλλακτικά ιόντα του Na^- . Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη γύψου ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ή CaCl_2 σε περίπτωση που είναι διαθέσιμο. Είναι προφανές ότι η ποσότητα νερού που απαιτείται για την βελτίωση των αλκαλικών εδαφών είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή για έκπλυση των αλατούχων. Ο λόγος είναι ότι η διαλυτότητα των βελτιωτικών (κυρίως του γύψου είναι πολύ μικρή (π.χ. απαιτούνται 500mm αρδευτικού νερού για να απομακρυνθούν 1meq Na σε βάθος 0.3mm) .

Εφαρμογή

Η χημική ανάλυση δείγματος νερού ενός ποταμού που προορίζεται, για αρδευτική χρήση έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Παράμετρος	Περιεκτικότητα (meq/lit)
N^+	17.39
Ca^{++}	5.49
Mg^{++}	2.47
EC ($\mu\text{mho/cm}$)	3000

Να υπολογισθεί ο Λόγος προσροφήσεως του νατρίου (SAR) και να υπολογισθεί η ποσότητα γύψου ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ανά m^3 που απαιτείται για τον υποβιβασμό του SAR στη τιμή 5.

Λύση

Σύμφωνα με την Εξ. 3.2 ή το Σχ. 3.1 ο Λόγος προσροφήσεως του νατρίου (SAR) υπολογίζεται: $\text{SAR}=8.72$. Από τις τιμές του SAR και την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα προκύπτει ότι σύμφωνα με την ταξινόμηση του Σχ. 3.2 το νερό χαρακτηρίζεται Ca_4S_3 δηλαδή κίνδυνος αλατώσεως: πολύ μεγάλος και κίνδυνος αλκαλιώσεως: μεγάλος.

Από την Εξ. 3.2 για $\text{SAR}=5$ προκύπτει $[\text{Ca}^{++}] = 21.73 \text{ meq/lit}$ δηλαδή διαφορά $21.73 - 5.49 = 16.24 \text{ meq/lit}$. Επειδή το ισοδύναμο βάρος του Ca είναι

Μοριακό βάρος/ σθένος = $40.08/2 = 20.04$ απαιτούνται: $16.24 \cdot 20.04 = 325.45$

mgr/lit ή 325.45 gr/m^3 . Για την ποσότητα του γύψου που απαιτείται, γνωρίζοντας ότι το ισοδύναμο βάρος του γύψου ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) είναι 86.09 gr, ο υπολογισμός μπορεί να γίνει κατ' ευθεία.

$$16.24 \cdot 86.09 = 1398.10 \text{ mgr/lit gr/m}^3$$

Αναφερόμενη βιβλιογραφία

Ayers, R., 1977. Quality of water for irrigation. Journal of the Irrigation Drainage Div., Proc. ASCE, 103 (IR2): 135-154.

Ayers, R., xat Westcot, D., 1976. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29, 97 p., FAO, Rome.

Cristiansen, J., Olsen, E., Willardson, !>., 1977. Irrigation water quality evaluation. Journal of the Irrigation Drainage Div., Proc. ASCE, 103 (IR2): 155-169.

Dodeen, L., 1958. Studies of water quality criteria. Proc. of the conference on Quality for water irrigation. Water Resources Center, Univ. of California, Davis.

Kovda, V., Yaron, B., Shalhevet, J., 1967. Quality of irrigation water. In: Int. Sourcebook on Irrigation and Drainage of Arid Lands in Relation to Salinity and Alkalinity. Ed. Kovda V. et al, FAO, 246-282.

Scofield, C., 1935. The salinity of irrigation water. Smithsonian Institute Annual Report, 275-287.

Shainberg, I, xcu Oster, J., 1978. Quality of irrigation water. Int. Irrigation Information Center Publication, No2, 65 p.

Wilcox, L., 1948. The quality of water for irrigation use. Technical Bull. 962, U.S.D.A., Washington.

Wilcox, L., 1958. Water quality from the standpoint of irrigation. Journal of the American Waterworks Association, 5.

Wilcox, L. and Magistad, 0., 1943. Interpretation of Analysis of irrigation waters and the relative tolerance of crop >lants. U.S. Bureau of Plant Industry, Soils and Agr. Eng. Washington.