

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

**Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών με τίτλο «Φυσικοί πόροι, γεωπεριβάλλον,
γεωπληροφορική και γεωργική μηχανική» και κατεύθυνση «Υδατικοί, εδαφικοί
πόροι και διαχείριση περιβάλλοντος»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Αξιολόγηση της χρησιμοποίησης ειδών ιχθύων για τον καθαρισμό αρδευτικών
και στραγγιστικών διωρύγων»**

Αγγελική Σ. Παπακωνσταντίνου

ΑΘΗΝΑ, 2019

Επιβλέπων καθηγητής: Ιωάννης Αργυροκαστρίτης

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Αξιολόγηση της χρησιμοποίησης ειδών ιχθύων για τον καθαρισμό αρδευτικών
και στραγγιστικών διωρύγων»**

“Evaluation of the use of fish for weed control in irrigation canals and drains”

Παπακωνσταντίνου Σ. Αγγελική

Επιβλέπων καθηγητής: Ιωάννης Αργυροκαστρίτης

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Αργυροκαστρίτης Ιωάννης

Καρακατσούλη Ναυσικά

Ψυχογιού Μαρία

Αφιέρωση

Στην οικογένειά μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Δεδομένου ότι η γεωργική ανάπτυξη είναι ο κύριος άξονας προόδου σε πολλές περιοχές της χώρας μας και προϋποθέτει σύγχρονα και αποδοτικά εγγειοβελτιωτικά έργα που να εξασφαλίζουν την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων, όπως η μείωση των απωλειών κατά την αποθήκευση, μεταφορά και εφαρμογή του νερού που αποτελούν σημαντικά στοιχεία αντιμετώπισης της ολοένα αυξανόμενης ζήτησής του. Η ύπαρξη βλάστησης μέσα στα αρδευτικά συστήματα παρεμποδίζει την ομαλή ροή του νερού μέσα στα κανάλια μεταφοράς ή αποθήκευσης και υποβαθμίζει την ποιότητά του. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό οι διώρυγες άρδευσης και στράγγισης να διατηρούνται καθαρές και αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τρεις τρόπους: μηχανικά, χημικά και βιολογικά. Ο μηχανικός και ο χημικός έλεγχος έχουν μεγάλο κόστος και ο δεύτερος εγκυμονεί κινδύνους για την υγεία του οικοσυστήματος, επομένως, προτιμώνται βιολογικές μέθοδοι. Στην παρούσα εργασία γίνεται αξιολόγηση της χρησιμοποίησης ειδών ιχθύων ως βιολογικά μέσα απομάκρυνσης της βλάστησης από τα αρδευτικά και περισσότερο από τα στραγγιστικά δίκτυα. Το ψάρι που χρησιμοποιείται αποτελεσματικά σε όλο τον κόσμο είναι ο χορτοφάγος κυπρίνος (*Ctenopharyngodon idella*). Τα νεαρά άτομα καταναλώνουν μαλακές φυτικές και ζωικές τροφές λόγω των αδύναμων φαρυγγικών δοντιών τους ενώ τα ενήλικα είναι επιλεκτικά, δείχνοντας προτίμηση στα μαλακά υδρόβια φυτά και ιδιαιτέρως στο *Hydrilla verticillata*. Παράγοντες όπως η ηλικία και το μέγεθος των ψαριών, η θερμοκρασία του νερού, η σύνθεση και η διαθεσιμότητα των φυτών και η πυκνότητα φόρτωσης των ψαριών μπορεί να επηρεάσουν τις στρατηγικές διατροφής του χορτοφάγου κυπρίνου. Το κατά πόσο ή όχι επηρεάζεται η ποιότητα του νερού από την εισαγωγή του ψαριού αυτού έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον, διότι η κατανάλωση των φυτών προκαλεί ένα δύσπεπτο μέρος στο έντερο των ψαριών, το οποίο θεωρητικά, πυροδοτεί την εμφάνιση ευτροφισμού, ωστόσο κάτι τέτοιο δεν έχει επιβεβαιωθεί σε πραγματικές συνθήκες. Για να είναι αποτελεσματικός ο έλεγχος είναι απαραίτητη η ταυτοποίηση της βλάστησης, η σωστή εκτίμηση της πυκνότητας φόρτωσης και η προτίμηση γενετικά τροποποιημένων, τριπλοειδών χορτοφάγων κυπρίνων ώστε να εξασφαλιστεί η στειρότητα.

Λέξεις κλειδιά: βιολογικός έλεγχος, υδρόβια βλάστηση, χορτοφάγος κυπρίνος, αρδευτικές διώρυγες, στραγγιστικές τάφροι, αρδευτικό δίκτυο, *Ctenopharyngodon idella*

ABSTRACT

As agricultural development is the mainstay of progress in many regions of our country, it requires more modern and efficient land reclamation projects to ensure the rational management of water resources, such as reducing water storage, transport and water losses to address its ever-increasing demand. The existence of vegetation in the irrigation systems prevents the smooth flow of water into transport or storage channels and degrades its quality. Therefore, it is important that irrigation and drainage canals are kept clean and this can be achieved in three ways: mechanically, chemically and biologically. Mechanical and chemical control is costly and the second one is risky to the health of the ecosystem, therefore biological methods are preferred. In the present study the use of fish species as biological agents is evaluated for the removal of the vegetation from irrigation and drainage channels. The fish that is mostly used effectively all over the world is the Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). The species' juveniles consume soft plant and animal food due to their pharyngeal teeth whereas adults are selective, showing strong preference for soft aquatic plants and especially for *Hydrilla verticillata*. Factors such as fish age and size, water temperature, composition and availability of plants and fish stocking density may affect grass carp's feeding strategies. Whether or not the quality of the water is affected by the introduction of grass carp has stimulated interest, because the consumption of plants causes an indigestible part in their gut, which theoretically may favour eutrophication, but this has not been confirmed in real conditions. In order for the control to be effective it is necessary to identify the vegetation, to correctly estimate the stocking density and to use triploid fish to ensure sterility.

Key words: grass carp, *Ctenopharyngodon idella*, irrigation canals, drains, biological weed control, weed control, irrigation system, aquatic weeds

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Εγγειοβελτιωτικά έργα, ανάπτυξη και περιβάλλον	1
1.1.1. Συστήματα άρδευσης.....	3
1.1.2. Στραγγιστικά συστήματα.....	9
1.1.3. Διαστάσεις στραγγιστικών τάφρων	11
1.2. Γιατί είναι σημαντικά στην Ελλάδα	13
1.2.1. Ποιο είναι το πρόβλημα που προκύπτει	14
1.3. Υδρόβια βλάστηση.....	16
1.3.1. Τύποι υδρόβιας βλάστησης	16
1.4. Τρόποι αντιμετώπισης.....	18
1.5. Σκοπός της εργασίας	18
2. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΔΡΟΒΙΑΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	19
2.1. Κοπτικά σκάφη.....	19
2.2. Μηχανές συγκομιδής.....	20
2.3. Τεμαχιστές.....	20
3. ΧΗΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΔΡΟΒΙΑΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	22
3.1. Χημικά που χρησιμοποιούνται	22
3.2. Συνέπειες χρήσης χημικών	27
4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΔΡΟΒΙΑΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	28
4.1. Χρήση εντόμων	29
4.2. Χρήση σαλιγκαριών	29
4.3. Χρήση φυτοπαθογόνων.....	30
4.4. Χρήση υδρόβιων θηλαστικών και τρωκτικών.....	30
4.5. Χρήση ψαριών.....	31
4.5.1. Ιχθυολογία χορτοφάγου Κυπρίνου	34
4.5.2. Διατροφή χορτοφάγου Κυπρίνου	39
4.5.3. Αναπαραγωγή χορτοφάγου κυπρίνου.....	43
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	45
5.1. Συνθήκες στραγγιστικών τάφρων.....	45
5.1.1. Ποιότητα νερού	47
5.2. Βλάστηση	53

5.2.1.	Είδος βλάστησης	54
5.3.	Χρησιμοποίηση ψαριών	55
5.3.1.	Οικονομικότητα.....	58
5.4.	Συνέπειες μετά την εισαγωγή ψαριών	60
5.4.1.	Συνέπειες στην υδρόβια βλάστηση	60
5.4.2.	Συνέπειες στην ποιότητα του νερού	60
5.4.3.	Συνέπειες στην πανίδα.....	61
5.5.	Case studies	62
5.5.1.	Εισαγωγή χορτοφάγου κυπρίνου σε αρδευτικά και στραγγιστικά κανάλια της Αιγύπτου.....	62
5.5.2.	Αξιολόγηση της χρησιμοποίησης βιολογικών μεθόδων αντιμετώπισης της υδρόβιας βλάστησης σε αρδευτικά κανάλια	64
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	65
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	68
6.2.	Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	68
6.3.	Ελληνική βιβλιογραφία	75
6.4.	Ηλεκτρονική βιβλιογραφία.....	76
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	77

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δεδομένου ότι η γεωργική ανάπτυξη είναι ο κύριος άξονας προόδου σε πολλές περιοχές της χώρας μας και προϋποθέτει σύγχρονα και αποδοτικά εγχειοβελτιωτικά έργα που να εξασφαλίζουν την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων, η χρήση προηγμένων τεχνολογιών άρδευσης, η ανακύκλωση νερού και η μείωση των απωλειών κατά την αποθήκευση, μεταφορά και εφαρμογή του αποτελούν σημαντικά στοιχεία αντιμετώπισης της ολοένα αυξανόμενης ζήτησής του. Το νερό αποτελεί έναν εκ των περισσότερο βασικών παραγόντων για την ανάπτυξη και την επέκταση της γεωργίας, αφού είναι απαραίτητο για όλα τα στάδια της ανάπτυξης των φυτών, των ζώων και των ανθρώπων. Για τον επιτυχή έλεγχο του νερού και την αξιοποίησή του, προκειμένου να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα στις καλλιέργειες φυτών, την εκτροφή ζώων, την παροχή, αποθήκευση, μεταφορά και εφαρμογή του σε πολλούς τομείς, χρειάστηκε και η βοήθεια της Υδραυλικής.

1.1. Εγχειοβελτιωτικά έργα, ανάπτυξη και περιβάλλον

Τα εγχειοβελτιωτικά έργα (έργα που βελτιώνουν τη γη) από την αρχαία εποχή αποτελούσαν σημαντικό παράγοντα για την επιβίωση του ανθρώπου και την οικονομική ανάπτυξη. Κατηγοριοποιούνται σε αρδευτικά, στραγγιστικά, αντιπλημμυρικά και αποξηραντικά έργα, έργα διευθέτησης ποταμών και χειμάρρων και έργα εξυγίανσης περιοχών, όπως και φράγματα συλλογής, αποθήκευσης και εκτροπής του νερού (Μυλόπουλος, 2007). Η άρδευση συνδέεται με την προσπάθεια του ανθρώπου να εξασφαλίσει την διατροφή του σε περιοχές στις οποίες τα φυσικά κατακρημνίσματα δεν επαρκούν για την ύγρανση του εδάφους και επομένως για την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Οι καλλιέργειες παίρνουν το νερό που τους χρειάζεται για την ανάπτυξή τους από την βροχή, την ήδη αποθηκευμένη υγρασία στο έδαφος και την υγρασία που φτάνει στη ρίζα τους με την βοήθεια του φαινομένου της τριχοειδούς ανύψωσης από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Σε μία χώρα σαν την Ελλάδα, η οποία χαρακτηρίζεται από εύκρατο κλίμα και η οποία ανήκει στην ξηροθερμική ζώνη, με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και υγρούς και ήπιους χειμώνες και με το δεδομένο ότι οι ελληνικές αγροτικές καλλιέργειες αναπτύσσονται κυρίως κατά τη θερινή περίοδο, το πρόβλημα της άνισης κατανομής του νερού στο χώρο και

στο χρόνο, αποκτά σημαντικές διαστάσεις για την άρδευση των καλλιεργειών. Σκοπός των συλλογικών αρδευτικών δικτύων είναι να καλύψουν το κενό αυτό της ανισοκατανομής των υδατικών πόρων κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι καλλιέργειες να παίρνουν συμπληρωματικά και με τεχνητούς τρόπους το νερό που χρειάζονται όταν αυτό δεν επαρκεί πλήρως για τις ανάγκες των φυτών. Έτσι, επιβάλλεται ένα αρδευτικό δίκτυο να λειτουργεί όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά και σε αυτό συμβάλλει η επιστήμη της υδραυλικής των ανοικτών αγωγών, η οποία είναι η επιστήμη που ασχολείται με την κίνηση του νερού που γίνεται σε ανοιχτούς ή σε κλειστούς αγωγούς με ελεύθερη επιφάνεια. Η ροή στους ανοιχτούς αγωγούς πραγματοποιείται υπό ατμοσφαιρική πίεση και με την βοήθεια της επίδρασης της βαρύτητας που ενεργεί ως η κύρια κινητήρια δύναμη της ροής. Εφαρμογές της υδραυλικής των ανοικτών αγωγών αποτελούν τα δίκτυα αποχέτευσης, οι αρδευτικές διώρυγες, οι οχετοί, τα υδραυλικά έργα της οδοποιίας, οι διευθετήσεις ποταμών και χειμάρρων και οι στραγγιστικές τάφροι (Ψιλοβίκος, 2014).

Πριν 5.000 χρόνια, στην Αίγυπτο, κατασκευάστηκε το αρχαιότερο φράγμα αποθήκευσης νερού στον κόσμο, μήκους 107 μέτρων και ύψους 12 μέτρων, για άρδευση και ύδρευση. Στην ίδια χώρα και περίπου την ίδια χρονική περίοδο εφαρμοζόταν άρδευση με λεκάνες, η οποία εξακολουθεί να εφαρμόζεται τη σημερινή ημέρα στην Αίγυπτο. Στην Κίνα, η επιτυχία των πρώτων βασιλέων κρινόταν από την σοφία μετά της οποίας λαμβάνονταν μέτρα για την προστασία των νερών. Για παράδειγμα, ο βασιλιάς Yu της δυναστείας Hsia (2200 π.Χ.) εξελέγη βασιλιάς κυρίως χάρη στην ιδιότητά του αυτή να δραστηριοποιείται σχετικά με τον έλεγχο των υδάτων. Ακόμη, στην Ινδία, η εφαρμογή των αρδεύσεων είναι τόσο αρχαία όσο και η ιστορία αυτής της χώρας. Αναφορές από το 300 π.Χ. αποδεικνύουν ότι ολόκληρη αυτή η χώρα αρδευόταν και ότι μέσω αυτών των αρδεύσεων πραγματοποιούνταν δύο σοδειές ετησίως (Χαλκιάς, 1968). Γενικώς, δύναται να ειπωθεί ότι η εμφάνιση του πολιτισμού υπήρξε σχεδόν πάντοτε συνυφασμένη με την ανάπτυξη της αρδευόμενης γεωργίας.

Στην Ελλάδα, από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα ξεκίνησαν σημαντικά προγράμματα για την αγροτική ανάπτυξη και την κατασκευή εγγειοβελτιωτικών έργων. Τα πρώτα μεγάλα προγράμματα αφορούσαν την αποξήρανση της λίμνης Κωπαΐδας και την κατασκευή υδραυλικών έργων στην κοιλάδα του Παμίσου της Μεσσηνίας. Ακολούθησαν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, έργα στις πεδιάδες της Θεσσαλίας, του

Βοιωτικού Κηφισού, του ποταμού Λούρου, του ποταμού Αχέροντα, του ποταμού Στρυμόνα κ.ά. (Κωνσταντινίδης, 1993). Μεταπολεμικά, ακολούθησαν εκτεταμένα προγράμματα νέων έργων σε όλη την Ελλάδα, με τυπικό παράδειγμα τα εγχειοβελτιωτικά έργα στον Αχελώο. Μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα η άρδευση των καλλιεργούμενων εκτάσεων γινόταν αποκλειστικά με δίκτυα ανοικτών αγωγών και η εφαρμογή του νερού γινόταν με επιφανειακές μεθόδους (άρδευση με αυλάκια, με λωρίδες ή με λεκάνες). Μετά το 1950 εμφανίστηκε μία τάση για επένδυση στα εγχειοβελτιωτικά έργα προκειμένου να αναπτυχθεί η ύπαιθρος. Δημιουργήθηκαν, τότε, επιφανειακά έργα με βελτιωμένες προδιαγραφές, όπως πυκνότερο δίκτυο διανομής, επενδεδυμένες διώρυγες, βελτιωμένο σύστημα ρύθμισης λειτουργίας κ.ά. Μετά το 1970 κατασκευάστηκαν κυρίως δίκτυα με κλειστούς αγωγούς υπό πίεση που επέτρεψαν να αναπτυχθούν τα συστήματα καταιονισμού και μικροάρδευσης.[1]

Είναι σημαντικό να επιλυθούν ζητήματα που αφορούν την ανάπτυξη και την εφαρμογή νέων μεθόδων άρδευσης που εξοικονομούν νερό και να εφαρμοστούν τεχνολογίες ελέγχου και μείωσης των διαρροών σε δίκτυα και μεγάλα εγχειοβελτιωτικά έργα, ιδιαίτερα για μία χώρα όπου το 85% του υδατικού της δυναμικού καταναλώνεται στις αγροτικές δραστηριότητες. Επιβάλλεται, λοιπόν, ο εκσυγχρονισμός των αρδευτικών δικτύων, η μελέτη και η λειτουργία των δικτύων με βάση τις πραγματικές υδατικές ανάγκες, η αναδιάρθρωση των καλλιεργειών και η προσαρμογή τους στη διαθεσιμότητα του νερού, η επιλογή καλλιεργειών ανθεκτικών σε νερό χαμηλής ποιότητας, η υιοθέτηση σύγχρονων τεχνολογιών, η χρήση τηλεμετρίας (ηλεκτρονική παρακολούθηση) και ο έλεγχος των απωλειών των υδραυλικών δικτύων, η πληροφόρηση και η επιμόρφωση των αγροτών, καθώς και η λειτουργία των αρδευτικών έργων ως μέρος ενός ευρύτερου πλαισίου μίας ολοκληρωμένης διαχείρισης σε επίπεδο λεκάνης απορροής.

1.1.1. Συστήματα άρδευσης

Με τον όρο άρδευση εννοείται η δια τεχνικών μέσων και μεθόδων εφαρμογή του νερού επί του εδάφους με σκοπό την αύξηση της εδαφικής υγρασίας, όταν η υπάρχουσα διαθέσιμη υγρασία του εδάφους δεν επαρκεί για την πλήρη ανάπτυξη των διαφόρων καλλιεργειών και για την επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων. Οι εκτάσεις που έχουν ανάγκη για άρδευση εκτείνονται σε όλο τον κόσμο, ωστόσο στις ξηρές και

ημίξηρες περιοχές, οι οποίες καταλαμβάνουν παραπάνω από τη μισή έκταση του πλανήτη, η άρδευση αποτελεί τη μόνη λύση για τη διατροφή του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού. Στην Ελλάδα όπου το κλίμα χαρακτηρίζεται από πολύ θερμά και ξηρά καλοκαίρια και από ήπιους και υγρούς χειμώνες, δεδομένου ότι οι περισσότερες καλλιέργειες αναπτύσσονται κατά τη θερινή περίοδο η ζήτηση νερού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι μεγάλη. Η διαθεσιμότητα του νερού άρδευσης το καλοκαίρι είναι περιοριστικός παράγοντας στην παραγωγή βαμβακιού, μία καλλιέργεια της οποίας η παραγωγή στην Ελλάδα, κατέχει από τις πρώτες θέσεις σε πανευρωπαϊκό επίπεδο (Argyrokastritis et al. 2015).

Τα αρδευτικά δίκτυα διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στα δίκτυα ελεύθερης ροής και στα δίκτυα υπό πίεση. Τα δίκτυα της πρώτης κατηγορίας είναι γνωστά ως επιφανειακά δίκτυα άρδευσης και τα δίκτυα της δεύτερης κατηγορίας περιλαμβάνουν όλα τα δίκτυα τεχνητής βροχής και στάγδην άρδευσης, όπου το νερό εκρέει από σταλακτήρες με τη μορφή ελεύθερων σταγόνων, κυκλοφορεί όμως μέχρι την έξοδό του υπό πίεση μέσα στις σωληνώσεις του δικτύου (Καρακατσούλης, 1985).

Οι αρδευτικές διώρυγες είναι υδραυλικά έργα που έχουν ως σκοπό την τεχνητή προσθήκη νερού στα αγροτεμάχια στις ποσότητες και τους ρυθμούς που απαιτούνται, έτσι ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες τους σε νερό και να πραγματοποιηθεί κανονική ανάπτυξη και απόδοση. Ένα αρδευτικό έργο αποσκοπεί στην πρόσληψη, μεταφορά και διανομή του νερού στα αγροτεμάχια και ακολούθως την εφαρμογή του μέσα στον αγρό. Το 50% περίπου της αρδεύσιμης έκτασης στην Ελλάδα αρδεύεται με κρατικά έργα ενώ το υπόλοιπο με έργα που έγιναν με ιδιωτική πρωτοβουλία (Βαλιάντζας, 2009).

Ένα τυπικό αρδευτικό έργο απαρτίζεται συνήθως από τέσσερα βασικά μέρη:

- i. την πηγή προμήθειας του νερού, η οποία στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από ποτάμια (50%), τεχνητές λίμνες (25%), γεωτρήσεις (16%) κ.ά.,
- ii. το δίκτυο μεταφοράς – διανομής του νερού που συνίσταται από τεχνητούς αγωγούς μεταφοράς, οι οποίοι μπορεί να είναι είτε ανοικτοί αγωγοί (διώρυγες) είτε κλειστοί σωληνωτοί υπό πίεση (στην Ελλάδα, ένα μεγάλο μέρος των συλλογικών δικτύων που έχουν κατασκευαστεί είναι επιφανειακά),

- iii. το σύστημα εφαρμογής του νερού μέσα στους αγρούς, το οποίο συνήθως είναι με λεκάνες, με αυλάκια ή με λωρίδες και
- iv. το δίκτυο των στραγγιστικών τάφρων.



Εικόνα 1. Αρδευτικό κανάλι, Θράκη. Πηγή: <https://www.ecothraki.gr>

Υπάρχει πληθώρα μεθόδων άρδευσης που διακρίνονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

A) Επιφανειακή άρδευση: αποτέλεσε την πρώτη μορφή αρδύσεως αρχίζοντας με την κατάκλυση μεγάλων εκτάσεων (π.χ. πεδιάδα του Νείλου), όπου παράλληλα με την αποθήκευση νερού στο έδαφος πραγματοποιούνταν και η εναπόθεση γόνιμης γης που καθιστούσε τα εδάφη εύφορα και παραγωγικά. Πλέον η επιφανειακή άρδευση χρησιμοποιείται σε περιορισμένες περιπτώσεις, όπου είναι ενδεδειγμένη, λόγω κυρίως της έλλειψης εργατικών χεριών για αγροτικές εργασίες και της ανόδου του βιοτικού επιπέδου του γεωργού, ο οποίος αναζητά άλλα συστήματα, λιγότερο επίπονα που θα του επιτρέπουν να ασχολείται και με άλλες γεωργικές εργασίες. Επιπλέον, άλλος ένας παράγοντας που είναι περιοριστικός στη χρήση επιφανειακής αρδύσεως είναι οι απώλειες νερού από διαρροές και βαθιά διήθηση, οι οποίες είναι μεγάλες και αυτό σημαίνει ότι η επιφανειακή άρδευση έχει ανάγκη από μεγάλες παροχές. Η επιφανειακή άρδευση δεν μπορεί να αξιοποιήσει

μικρές παροχές νερού (Καρακατσούλης, 1985). Υφίσταται, επίσης άρδευση με λωρίδες, η οποία εφαρμόζεται σε εδάφη με μέση κλίση 0,2-2% όπου η αρδευόμενη έκταση χωρίζεται σε λωρίδες, με την κατασκευή αναχωμάτων. Το πλάτος και το μήκος των λωρίδων καθώς και η κλίση του εδάφους και η διαθέσιμη παροχή είναι τα βασικά μεγέθη που μελετώνται στην μέθοδο αυτή. Η μέθοδος εφαρμόζεται για πυκνά αναπτυσσόμενες καλλιέργειες όπως η μηδική, το τριφύλλι κ.ά. (Λατινόπουλος και Κρεστενίτης, 2001). Τέλος, υφίσταται και άρδευση με αυλάκια, κατά την οποία το χωράφι χωρίζεται σε αυλάκια που είναι παράλληλα μεταξύ τους και συνήθως βαίνουν προς την κλίση του εδάφους (κεκλιμένο έδαφος). Οι αποστάσεις μεταξύ των αυλακίων κυμαίνονται από 0,5 έως 1,8 μέτρα. Το νερό παροχετεύεται σε ένα ή περισσότερα σημεία στο άνω άκρο του χωραφιού όπου αφού διηθηθεί μία ποσότητα, το υπόλοιπο κινείται προς τα κάτω με μειωμένη παροχή. Παράγοντες που διαμορφώνουν την προς τα κάτω ροή είναι η παροχή, το μήκος της διαδρομής, η διηθητικότητα του εδάφους, η κλίση του καθώς και η ταχύτητα της επιφάνειας του χωραφιού.

B) Άρδευση με Τεχνητή βροχή: όταν πρωτοεμφανίστηκε αξιολογήθηκε πολύ δαπανηρή λόγω του υψηλού κόστους των σιδηροσωλήνων. Γι' αυτό περιορίστηκε στην άρδευση κήπων και σπανιότερα σε περιπτώσεις πολύ παραγωγικών καλλιεργειών. Ωστόσο, η βιομηχανική πρόοδος και η μείωση του κόστους εγκατάστασης των αρδευτικών δικτύων, ιδιαίτερα μετά τα επιτεύγματα στον τομέα των πλαστικών, βοήθησαν στη γρήγορη εξάπλωση του συστήματος αυτού σε ατομική ή συλλογική βάση. Η ιδέα της συλλογικής αρδύσεως μείωσε ακόμη περισσότερο το κόστος των δικτύων και έκανε τη μέθοδο προσιτή για τους γεωργούς, στις ευρύτερες κατηγορίες εδαφών και καλλιεργειών. Επιπλέον, από άποψη ποιότητας εργασίας, η τεχνητή βροχή παρέχει πολλά πλεονεκτήματα, διότι η εργασία του γεωργού περιορίζεται στην τοποθέτηση της γραμμής άρδευσης η οποία παραμένει στην ίδια θέση για 8 με 10 ώρες, γεγονός που του δίνει την ελευθερία να απασχοληθεί και με άλλες γεωργικές εργασίες. Τα συλλογικά δίκτυα επιτρέπουν στο γεωργό να αρδεύσει όποτε το επιθυμεί, ωστόσο το σύστημα ελεύθερης ζήτησης, όπως χαρακτηρίζεται, ενέχει προβλήματα. Οι γεωργοί δεν συνειδητοποιούν ότι για να είναι αποδοτικό το δίκτυο πρέπει να λειτουργεί 18 με 20 ώρες ημερησίως και προτιμούν να εργάζονται τις κανονικές ώρες της μέρας με συνέπεια η ζήτηση να παρουσιάζεται συγκεντρωμένη και να μειώνεται η αποδοτικότητα του δικτύου. Για το λόγο αυτό, παρουσιάζεται η τάση η τεχνητή βροχή να χρησιμοποιείται με πρόγραμμα, που

σημαίνει ότι ο κάθε γεωργός μπορεί να αρδεύσει σε συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα, γεγονός που καθιστά τα δίκτυα πιο οικονομικά και εξασφαλίζει τον έλεγχο του αρδευτικού νερού (Καρακατσούλης, 1985).

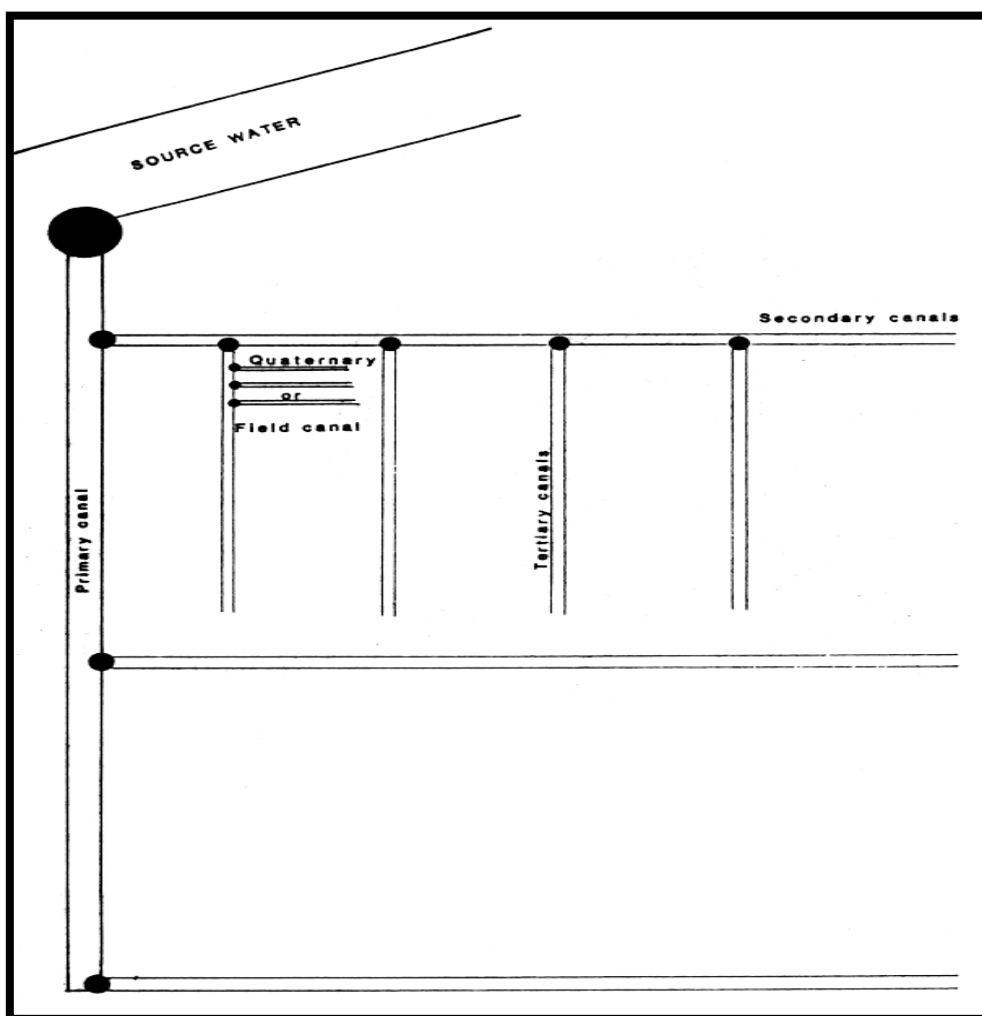
Γ) Στάγδην άρδευση: είναι μία μέθοδος η οποία ενέχει κινδύνους όσον αφορά την ορθολογική χρησιμοποίησή της και τη χρήση τυχόν αλατούχων νερών. Αν οι συνθήκες εδάφους, νερού και καλλιεργειών είναι καλές, η εφαρμογή της μεθόδου είναι θέμα αποκλειστικά οικονομικό. Οι παρατηρούμενες υψηλές αποδόσεις των καλλιεργειών σε συνδυασμό με την κατακόρυφη άνοδο αμοιβής των εργατικών ημερομισθίων τείνουν να καλύψουν το υψηλό κόστος της πρώτης εγκατάστασης και συνηγορούν στην εξάπλωση του συστήματος (Καρακατσούλης, 1985).

Δ) Υπόγεια άρδευση: σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή το νερό διοχετεύεται σε ανοικτές τάφρους και καταλήγει στο έδαφος μέσω πλευρικής διήθησης. Εφαρμόζεται ως συμπληρωματική άρδευση και απαιτεί πολύ διαπερατά εδάφη. Θεωρείται απαρχαιωμένη μέθοδος και πλέον έχει καταργηθεί.

Τα δίκτυα της επιφανειακής άρδευσης αποτελούνται από ένα σύστημα ανοικτών αγωγών (διωρύγων), συνήθως τραπεζοειδούς ή ορθογώνιας διατομής και σπανιότερα ημικυκλικής ή παραβολικής διατομής (καναλέτα), από τους οποίους μεταφέρεται το νερό και διανέμεται προς την αρδευόμενη έκταση με τη βοήθεια αυλακίων, λεκανών ή λωρίδων. Οι παραπάνω διώρυγες ανάλογα με τη σπουδαιότητα και τη θέση τους στο δίκτυο, διακρίνονται σε κύριες, πρωτεύουσες, δευτερεύουσες και τριτεύουσες διώρυγες (Εικ. 2).

Η κύρια διώρυγα, κατά κανόνα τραπεζοειδούς διατομής, μεταφέρει το νερό από την πηγή τροφοδοσίας νερού στην αρδευόμενη έκταση. Η διώρυγα αυτή πρέπει να μπορεί να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες νερού, ανάλογα με τον αριθμό των πρωτεύουσών διωρύγων που ταυτόχρονα τροφοδοτούνται από αυτή. Δεδομένου ότι η ταχύτητα του νερού μέσα σε αυτή πρέπει να είναι σχετικά μικρή, είναι προφανές ότι η κλίση της πρέπει να είναι επίσης πολύ μικρή, για να επιτυγχάνεται ο καλύτερος έλεγχος της ροής του νερού. Οι πρωτεύουσες διώρυγες ξεκινούν από την κύρια διώρυγα και χαράσσονται ακολουθώντας τις ισοΰψείς καμπύλες τους εδάφους, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη τροφοδοσία των δευτερευουσών διωρύγων που ξεκινούν από αυτές. Οι δευτερεύουσες διώρυγες ξεκινούν από τις πρωτεύουσες ακολουθώντας, παρομοίως, την κλίση του εδάφους και χαράσσονται έτσι ώστε να

επιδιώκεται, στα πλαίσια που οι τοπογραφικές και εδαφικές συνθήκες το επιτρέπουν, η διαίρεση της αρδευόμενης έκτασης σε ομοιόμορφες εδαφικές ζώνες. Οι τριτεύουσες διώρυγες τροφοδοτούνται από τις δευτερεύουσες και χαράζονται κατά τις ισούψεις καμπύλες του εδάφους με μία επιθυμητή απόκλιση από αυτές ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή ροή μέσα σε αυτές καθώς και η ομοιόμορφη τροφοδοσία των αυλακίων.



Εικόνα 2. Ενδεικτική διάταξη δικτύου επιφανειακής αρδύσεως. Πηγή: Redding and Midlen, 1990. Source Water: Πηγή τροφοδοσίας νερού, Primary canal: Πρωτεύουσα διώρυγα, Secondary canals: Δευτερεύουσες διώρυγες, Tertiary canals: Τριτεύουσες διώρυγες, Quaternary canals: Τετραδικές διώρυγες ή διώρυγες εφαρμογής.

Η επιλογή μίας από αυτές τις μεθόδους είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως είναι το κλίμα, το έδαφος, το είδος του φυτού, ο τρόπος καλλιέργειας, η διαθέσιμη ποσότητα και ποιότητα νερού, το διαθέσιμο εργατικό προσωπικό και τεχνικό δυναμικό, το επίπεδο επιμόρφωσης των αγροτών και το κόστος των διαφόρων μεθόδων άρδευσης (Αραβιώτης, 1997).

1.1.2. Στραγγιστικά συστήματα

Με τον όρο στράγγιση εννοούμε την έγκαιρη και ομοιόμορφη απομάκρυνση των νερών που πλεονάζουν από μία γεωργική περιοχή, με σκοπό τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την κανονική ανάπτυξη των καλλιεργειών και την επίτευξη υψηλών γεωργικών αποδόσεων. Ανάγκη στραγγίσεως έχουν εδάφη κορεσμένα με νερό ή καλυμμένα με λιμνάζοντα νερά. Τα αλατούχα επίσης εδάφη έχουν ανάγκη εκπλύσεων με άφθονο νερό για τη διάλυση και απομάκρυνση των αλάτων που περιέχουν. Για την απομάκρυνση αυτή απαιτείται η εφαρμογή συστηματικής στραγγίσεως. Η παρουσία των πλεοναζόντων νερών σε μία γεωργική περιοχή μπορεί να οφείλεται σε συγκέντρωση, επιφανειακώς ή υπογείως, νερών της βροχής ή ακόμα και νερών από υπερβολική άρδευση. Η απομάκρυνση αυτών των νερών επιτυγχάνεται με την κατασκευή ενός συστήματος αγωγών και άλλων συμπληρωματικών τεχνικών έργων που αποτελούν το λεγόμενο στραγγιστικό δίκτυο. Οι αγωγοί αυτοί είναι ελεύθερης ροής και μπορεί να είναι είτε επιφανειακοί, γνωστοί ως τάφροι, είτε υπόγειοι σωληνωτοί, γνωστοί ως δραίνα.

Η αναγκαιότητα των στραγγίσεων είναι μεγάλη. Αποδίδεται στην παραγωγική καλλιέργεια η οποία προκύπτει από την συστηματική στράγγιση των υγρών περιοχών οι οποίες θα ήταν αδύνατο να αξιοποιηθούν, στα εδάφη στα οποία η στάθμη των υπογείων υδάτων είναι υψηλή ή ανέρχεται σε ανεπιθύμητα βάθη από την επιφάνεια του εδάφους, στα εδάφη που υπεραρδεύονται και τέλος, στα εδάφη που κατακλύζονται από έντονες βροχοπτώσεις. Επίσης, οι στραγγίσεις είναι απαραίτητες γιατί επιτρέπουν την εξυγίανση των παθογενών, λόγω αλάτων, εδαφών ή την έκπλυση αρδευόμενων εδαφών με νερά που δεν είναι απαλλαγμένα διαλυτών αλάτων. Ιδιαίτερα αναγκαία είναι η στράγγιση των εδαφών των ξηρών και ημίξηρων περιοχών που αρδεύονται με το σύστημα των σταγόνων, γιατί στην περίπτωση αυτή, λόγω ανεπαρκών βροχοπτώσεων, παρατηρείται συσσώρευση των αλάτων που περιέχονται

στο αρδευτικό νερό στα ανώτερα στρώματα του εδάφους όπου βρίσκεται και το μεγαλύτερο μέρος του ριζικού συστήματος των φυτών. Στην παρούσα εργασία, μεγαλύτερο ενδιαφέρον συγκεντρώνουν τα στραγγιστικά δίκτυα, τα οποία, σε αντίθεση με τα περισσότερα, τουλάχιστον, αρδευτικά δίκτυα δεν είναι κατασκευασμένα από σκυρόδεμα ή τσιμέντο, και άρα ευνοείται η ανάπτυξη της υδροχαρούς βλάστησης. Επομένως, η χρησιμοποίηση ειδών ιχθύων σε αυτά τα δίκτυα είναι περισσότερο αναγκαία απ' ό,τι στα αρδευτικά δίκτυα, για την αντιμετώπιση της υδρόβιας βλάστησης και αποτελεί και τον κεντρικό άξονα ανάλυσης της παρούσας εργασίας.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της εφαρμογής των στραγγίσεων στα εδάφη είναι τα εξής:

α) Διευκολύνει τον αερισμό του εδάφους επιτρέποντας την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα στους πόρους του.

β) Διευκολύνει τη διείσδυση και ανάπτυξη των ριζών, οι οποίες μετά τη σήψη τους δημιουργούν ένα σύστημα αγωγών που αυξάνει τη διαπερατότητα του εδάφους και καθιστά γενικά το έδαφος πιο πρόσφορο στις καλλιέργειες.

γ) Ευνοεί την ανάπτυξη μικροοργανισμών, οι οποίοι αποσυνθέτουν την οργανική ουσία σε αφομοιώσιμη τροφή για τα φυτά (νιτροποίηση) υπό μορφή νιτρικών αλάτων.

δ) Ευνοεί την καλύτερη θέρμανση του εδάφους από την ηλιακή ενέργεια.

στ) Ευνοεί την εκτέλεση των καλλιεργητικών εργασιών και συμβάλλει στην καταστροφή των ζιζανίων, ενώ δυσχεραίνει την ανάπτυξη των άλλων ασθενειών.

ζ) Επιτρέπει τη βελτίωση των παθογενών λόγων αλάτων εδαφών.

Τα στραγγιστικά έργα αφορούν την στράγγιση του νερού από τις αρδευτικές διώρυγες, όταν επιστρέφει μετά την χρήση του στους διάφορους τομείς. Η βλάστηση στα στραγγιστικά κανάλια κυριαρχείται από μακρόφυτα τα οποία τείνουν να καταλείψουν την υδάτινη στήλη και την επιφάνεια, όπως επίσης και τα πρηνή των στραγγιστικών τάφρων. Συνήθως αναπτύσσονται μεγάλα φυτά που εμποδίζουν την εγκατάσταση του φυτοπλαγκτόν και άλλων περίφυτων στο υδάτινο σώμα. Λίγα εκατοστά κάτω από την επιφάνεια του νερού, επικρατούν ανοξικές συνθήκες, γι'

αυτό το ζωοπλαγκτόν και τα ψάρια πρακτικά εξαφανίζονται (Moreira et al. 1989). Από την πλευρά των αγροτών, τα φυτά εμποδίζουν την ομαλή ροή του νερού στα κανάλια, μειώνουν την ψυχαγωγική τους αξία και την απόδοση της στράγγισης και έτσι δημιουργούν προβλήματα στις καλλιέργειές τους. Τα στραγγιστικά κανάλια συχνά χαρακτηρίζονται από αργές ταχύτητες ή στάσιμα νερά, επομένως ευνοείται η ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης (Redding and Midlen, 1990).

1.1.3. Διαστάσεις στραγγιστικών τάφρων

Σύμφωνα με την Ghazaw (2012), υπάρχουν τρεις τύποι διατομών τάφρων: τραπεζοειδείς, παραλληλόγραμμες, τριγωνικές. Τα κανάλια αυτά σχεδιάζονται για να φέρουν μία συγκεκριμένη ποσότητα νερού χωρίς να συμβαίνει διάβρωση στον πυθμένα τους και παραδοσιακά έχουν τραπεζοειδές σχήμα (Redding and Midlen, 1990). Για κάθε καλλιέργεια και τύπο εδάφους υπάρχει ένα άριστο βάθος στραγγίσεως που επιτρέπει την καλή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών και ταυτόχρονα εξασφαλίζει καλό αερισμό του εδάφους. Γενικά, μπορεί να ειπωθεί ότι το βάθος αυτό για τις συνήθεις καλλιέργειες και κατηγορίες εδαφών κυμαίνεται μεταξύ 0,7 και 1,5 m (Πιν 1). Επίσης, το πλάτος του πυθμένα κυμαίνεται από 5 έως 6 μέτρα για τις πρωτεύουσες διώρυγες και από 2-3 μέτρα για τις δευτερεύουσες διώρυγες (Redding and Midlen, 1990). Το πλάτος της επιφάνειας του νερού σε ένα κανάλι με πλάτος πυθμένα 5-6 μέτρα είναι ίσο με 15-18 μέτρα, δηλαδή, συνήθως, περίπου το τριπλάσιο του πλάτους του πυθμένα. Με τη βοήθεια των παραπάνω δεδομένων και έχοντας υπόψη ένα συγκεκριμένο πλάτος για κάθε κατηγορία καναλιού, μπορεί να υπολογιστεί εύκολα ο όγκος του νερού μέσα σε ένα αρδευτικό σύστημα.

Σύμφωνα με τον Χαλκιά (1968) το σύστημα στραγγίσεως εντός των αρδευτικών δικτύων πρέπει να μελετηθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε η στάθμη του υπόγειου νερού να είναι τουλάχιστον 1,5 μέτρο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Η κλίση του πυθμένα γενικά είναι 1:1,5, παρόλα αυτά η αναλογία αυτή αυξάνεται συνήθως σε 1:2 όταν πρόκειται για αμμώδη εδάφη και μειώνεται σε 1:1 όταν πρόκειται για αργιλώδη εδάφη.

Πίνακας 1. Ενδεικτικό βάθος στραγγίσεως σε m. Πηγή: Καρακατσούλης, 1954

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	ΕΛΑΦΗ			
	Τυρφώδη	Αμμώδη και Ιλοαμμώδη	Πηλώδη	Αργιλώδη
Μίγμα βίκου, βρώμης, λίνου, μονοετή χορτοδοτικά φυτά	0,5-0,6	0,4-0,5	0,45-0,6	0,5-0,55
Πολυετή χορτοδοτικά φυτά για παραγωγή ξηρής τροφής	0,6-0,7	0,45-0,6	0,55-0,7	0,5-0,65
Πολυετή χορτοδοτικά φυτά για βοσκή	0,8-0,9	0,5-0,7	0,7-0,9	0,8-0,85
Σιτηρά	0,7-0,9	0,5-0,65	0,6-0,8	0,7-0,75
Πατάτες, κονδυλόριζα	0,8-0,9	0,55-0,8	0,7-1	0,8-0,9
Κηπευτικά	0,75-0,85	0,5-0,75	0,7-0,9	0,7-0,85
Καννάβι, μπιστανικά	0,8-1	0,6-0,85	0,8-1	0,85-0,95
Οπωροφόρα δέντρα	1-1,25	0,8-0,95	0,9-1,2	1-1,1

Τα περισσότερα αρδευτικά και στραγγιστικά συστήματα είναι κατασκευασμένα με κανάλια χωρίς κλίση, με σχετικά αργή ταχύτητα ρεύματος για να αποφεύγεται η υπερβολική διάβρωση (συνήθως 0,5 m/s) (Brabben and Botton, 1988). Η κλίση του πυθμένα της τάφρου είναι κατά κανόνα μικρή και κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 0,15 και 1m/km (Καρακατσούλης, 1954). Καθοριστικό, όμως ρόλο παίζουν και οι ταχύτητες του νερού μέσα στις τάφρους ώστε να μην προκαλείται διάβρωση του πυθμένα και των πρανών τους (Πιν. 2).

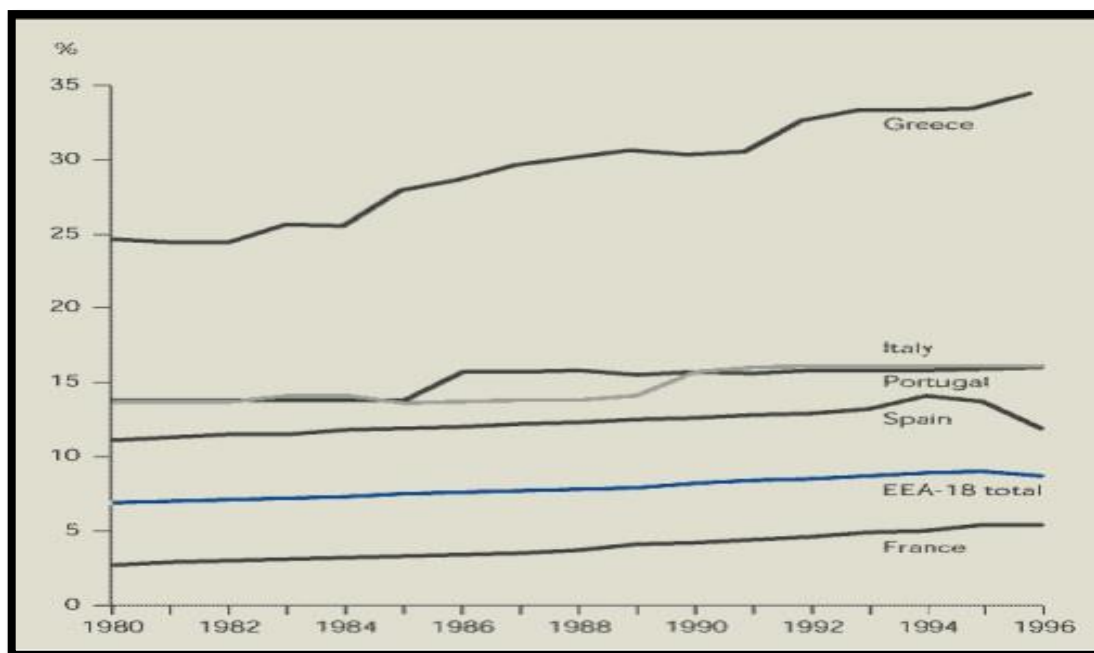
Οι πρωτεύουσες διώρυγες για κάθε αρδευόμενη έκταση των 1000 εκταρίων, έχουν μήκος 2,5 χιλιόμετρα, οι δευτερεύουσες 10 χιλιόμετρα και οι τριτεύουσες 100 χιλιόμετρα (Redding and Midlen, 1990).

Πίνακας 2. Επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής μέσα στις τάφρους. Πηγή: Καρακατσούλης, 1954

ΕΛΑΦΟΣ	ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ (m/s)		
	Στην επιφάνεια	Στον πυθμένα	Μέση ταχύτητα
Άργιλοι μαλακοί	0,3	0,16	0,23
Άμμος	0,6	0,31	0,46
Χαλίκια	1,22	0,7	0,96

1.2. Γιατί είναι σημαντικά στην Ελλάδα

Οι αγροτικές καλλιέργειες αποτελούν τον κυριότερο καταναλωτή νερού στην Ελλάδα (86%). Στο σημείο αυτό, όπως και σε πολλά άλλα, η χώρα μας διαφέρει σημαντικά από άλλες χώρες της ΕΕ. Η διαφορά αυτή είναι αποτέλεσμα κλιματολογικών συνθηκών και αποτελεί μόνη και αναπόφευκτη χαρακτηριστική διάσταση της διαχείρισης των υδάτινων πόρων, στο βαθμό που η γεωργία παραμένει ως μία από τις σημαντικές παραγωγικές δραστηριότητες της χώρας. Στην Ελλάδα, η αρδευόμενη έκταση αντιστοιχεί στο 19,8% της συνολικής γεωργικής έκτασης. Στις χώρες του Βορρά, λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών και του υψηλότερου ύψους βροχής το καλοκαίρι οι αρδευτικές ανάγκες είναι πολύ περιορισμένες έως και μηδενικές. Αντίθετα, στις χώρες του Νότου οι αρδευτικές ανάγκες είναι αρκετά υψηλές. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το ποσοστό της αρδευόμενης επί της συνολικής έκτασης στην Ελλάδα, έναντι των άλλων μεσογειακών χωρών.



Εικόνα 3. Αρδευόμενη επιφάνεια ως ποσοστό της συνολικής έκτασης των μεσογειακών χωρών. Πηγή: FAO; Eurostat

Ειδικότερα, από τα συλλογικά εγχειροβελτιωτικά έργα που υπάγονται στην αρμοδιότητα του Υπουργείου Γεωργίας, αρδεύεται το 40% της συνολικά αρδευόμενης έκτασης, το οποίο ανέρχεται στα 5.200.000 στρέμματα εκ των συνολικών 13.200.000 στρεμμάτων. Από τα τελευταία, το 35-40% αρδεύεται με επιφανειακές μεθόδους, το 50-55% με συστήματα καταιονισμού και το 10% με στάγδην άρδευση και άλλα συστήματα μικροάρδευσης (Υπουργείο Γεωργίας, 2002). Το υπόλοιπο 60% των αρδευόμενων εκτάσεων της χώρας αρδεύεται από ιδιωτικά αρδευτικά έργα (Υπουργείο Γεωργίας, 2002). Επομένως, μιλάμε για ένα μεγάλο ποσοστό έκτασης της αρδευόμενης γης η οποία εξαρτάται από την ποιότητα του νερού που προορίζεται προς άρδευση με στόχο την βέλτιστη ανάπτυξη της καλλιέργειας.

1.2.1. Ποιο είναι το πρόβλημα που προκύπτει

Η κατασκευή των στραγγιστικών τάφρων πρέπει να ανταποκρίνεται στην αποστολή τους όχι μόνο άμεσα αλλά και σε βάθος χρόνου. Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου λόγω πλημμελούς συντηρήσεως, η αρχική μορφή των τάφρων

αλλοιώνεται σημαντικά λόγω προσχώσεων, καταπτώσεων χωμάτινων όγκων από τα πρανή, απορρίψεως κάθε είδους απορριμμάτων, αναπτύξεως έντονης βλάστησης κ.ά. Για τους λόγους αυτούς επιβάλλεται η αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού με τη βοήθεια ειδικού μηχανικού εξοπλισμού, ο οποίος είναι αρκετά ακριβός. Συνιστάται η συστηματική ετήσια συντήρηση των τάφρων ούτως ώστε να εξασφαλίζεται κατά τον οικονομικότερο και αποτελεσματικότερο τρόπο η καλή λειτουργία του στραγγιστικού δικτύου. Εκτός από τα παραπάνω, η αυτοφυής βλάστηση που αναπτύσσεται ταχύτατα απαιτεί ισχυρότερο μηχανικό εξοπλισμό για να αντιμετωπιστεί απ' ότι εάν συντηρούταν η τάφος από την αρχή με έναν πιο ελαφρύ μηχανικό εξοπλισμό.

Η ορθολογική διαχείριση του νερού πραγματοποιείται, πλην των παραπάνω, και με την απουσία βλάστησης, της οποίας η ύπαρξη παρεμποδίζει την ομαλή ροή του νερού μέσα στα κανάλια μεταφοράς ή αποθήκευσης και υποβαθμίζει την ποιότητά του. Εκτός αυτού η ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης έχει αντίκτυπο και στην ανθρώπινη υγεία. Τα συστήματα άρδευσης προσφέρουν ενδαιτήματα σε ενδιάμεσους ξενιστές ασθενειών, των οποίων ο άνθρωπος μπορεί να γίνει φορέας (Holm et al., 1969). Παρά την αρχική επιτυχία του χημικού ελέγχου, το πρόβλημα των φορέων ασθενειών εξακολουθεί να υφίσταται σε πολλές χώρες. Το 1981 προτάθηκε η χρήση ψαριών για την καταπολέμηση των κουνουπιών, η οποία οδήγησε στη δημοσιοποίηση της ύπαρξης φυτοφάγων ψαριών κατάλληλων για την καταπολέμηση προβλημάτων στις αρδευτικές διώρυγες (Haas, 1984).

Η κατασκευή αρδευτικών και στραγγιστικών συστημάτων δημιουργεί εκτεταμένες περιοχές με υδροβιολογικές συνθήκες πολύ διαφορετικές από εκείνες των φυσικών υδάτων (Redding-Coates and Coates, 1981). Έτσι, τα ταχείας ροής νερά μετατρέπονται πολλές φορές σε στάσιμα ή χαμηλής ροής κανάλια και το αντίστροφο, που είτε τροφοδοτούν είτε αποστραγγίζουν τη γεωργική γη. Αυτή η αλλαγή στο περιβάλλον τροφοδοτεί την ανάπτυξη υδρόβιων μακρόφυτων, τα οποία με τη σειρά τους προσφέρουν υδροβιότοπους που φιλοξενούν τους προαναφερθέντες φορείς ασθενειών. Στο Σουδάν εκτιμάται ότι πάνω από το 90% του ανθρώπινου πληθυσμού φέρει την ασθένεια «Bilharzia», που μεταδίδεται μέσω ενός ενδιάμεσου ξενιστή των σαλιγκαριών *Bulinus spp* και *Biomphalaria spp*, τα οποία κατοικούν στην υδρόβια βλάστηση των καναλιών άρδευσης (Redding-Coates and Coates, 1981).

Σήμερα, προτιμάται η αντιμετώπιση των φορέων ασθενειών και των ξενιστών, που βρίσκονται συνήθως στα κανάλια άρδευσης και αποστράγγισης, μέσω διαφόρων

μεθόδων περιβαλλοντικής διαχείρισης, όπως η ελαχιστοποίηση ή η εξάλειψη των οικοτόπων. Η περισσότερο οικονομικά αποδοτική μέθοδος που έχει αποδειχθεί είναι η απομάκρυνση της βλάστησης, που χρησιμοποιείται ως οικότοπος από τους ξενιστές, με τη βοήθεια των χορτοφάγων κυπρίνων.

1.3.Υδρόβια βλάστηση

Τα υδρόβια φυτά είναι μέρη των φυσικών υδρόβιων συστημάτων και συντελούν δείκτες της υγείας και της παραγωγικότητας ενός υδάτινου σώματος. Όταν, όμως, αφθονούν σε μεγάλο βαθμό είναι απαραίτητος ο έλεγχος. Το νερό είναι ίσως ο σημαντικότερος φυσικός πόρος και αποτελεί τη βάση όλων των ζωτικών μορφών του πλανήτη. Η υπέρμετρη ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης παρεμποδίζει τα συστήματα αποθήκευσης και διανομής του νερού άρδευσης, συντήρησης καναλιών, των αποχετεύσεων, τα φράγματα, τις λίμνες κ.ά. Σύμφωνα με τον Lawrence (1966) η υδροχαρής βλάστηση μπορεί να οριστεί ως «ανεπιθύμητη βλάστηση που φυτρώνει και αναπαράγεται σε ένα υδάτινο οικοσύστημα». Η ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης έρχεται αντιμέτωπη με την αποθήκευση και διανομή του νερού μέσω αρδευτικών συστημάτων, τα οποία συχνά κατακλύζονται από τα φυτά με αποτέλεσμα την περιβαλλοντική ρύπανση. Σε συστήματα άρδευσης και στράγγισης που βρίσκονται σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο, προκύπτουν επιπρόσθετα προβλήματα, όπως η αλατότητα του εδάφους και η αλκαλικότητα (Datta, 2009). Η κατάλληλη διαχείριση του οξυγόνου του νερού από την πηγή στην κατανάλωσή του είναι απαραίτητη ώστε να διατηρηθεί η φυσιολογική λειτουργία της ζωής και αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της διαχείρισης των φυσικών πόρων.

1.3.1. Τύποι υδρόβιας βλάστησης

Η σωστή αναγνώριση των υδρόβιων φυτών είναι πρωταρχικής σημασίας για τον αποτελεσματικό έλεγχό τους. Η κατάταξή τους γίνεται σύμφωνα με τους διάφορους οικότοπους που διαμορφώνουν το οικολογικό τους περιβάλλον και καθίστανται ευνοϊκοί για την ανάπτυξη, την αναπαραγωγή και την εξάπλωσή τους. Τα υδρόβια φυτά μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες: φύκη και ανθοφόρα φυτά. Τα φύκη είναι συνήθως πολύ απλά σε δομή χωρίς εμφανή φύλλα ή μίσχους. Ωστόσο,

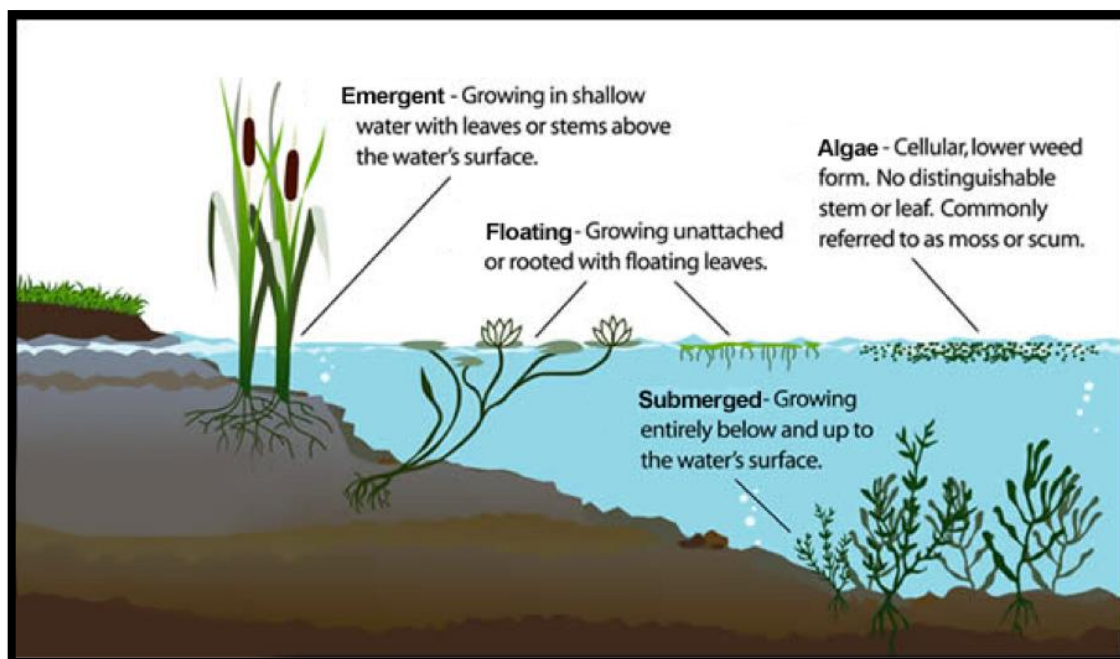
μερικά (πχ *Chara spp*) μπορεί να μοιάζουν με ανθοφόρα φυτά. Τα ανθοφόρα φυτά κατανέμονται σε τέσσερις ομάδες [4]:

α. Αναδυόμενα, που φυτρώνουν κυρίως στα ρηγά με τα φύλλα και τα άνθη τους έξω από το νερό. Αυτά τα φυτά αναπτύσσονται κοντά σε υδάτινα σώματα όπου το νερό υποχωρεί και ανυψώνεται ανάλογα με τις εποχές ή τις φυσικές εκλύσεις ενός μεγάλου υδάτινου σώματος ή μίας δεξαμενής. Τέτοιες περιπτώσεις αφορούν αρδευτικά κανάλια, ποτάμια, στραγγιστικές τάφρους και μικρές λίμνες κοντά σε οικισμούς. Τα φυτά αυτά ονομάζονται επίσης ημιυδρόβια, λόγω του ότι φυτρώνουν στα τοιχώματα ή τις όχθες του υδάτινου σώματος, όπως τα *Typha latifolia*, *Typha orientalis*, *Phragmites communis*, *Commelina benghalensis* ((Datta, 2009).

β. Πλωτά, που μπορεί να έχουν ρίζες ή να είναι ελεύθερα με τα φύλλα τους να επιπλέουν,

γ. Βυθισμένα, που φυτρώνουν αποκλειστικά κάτω από το νερό με ρίζες ή χωρίς και

δ. Φύκη, που δεν έχουν ευδιάκριτα στελέχη ή φύλλα και συχνά θεωρούνται ως κυτταρικές μορφές φυτών. Ωστόσο, κάποια, όπως το *Chara* μπορεί να παρουσιάσουν άνθη.



Εικόνα 4. Είδη υδροχαρούς βλάστησης. Αναδυόμενα (emergent): φυτρώνουν στα πρανή με τα φύλλα και τα άνθη τους έξω απ' το νερό. Βυθισμένα (submerged): φυτρώνουν μόνο στον πυθμένα και έως την επιφάνεια του νερού. Πλωτά (floating): μπορεί να έχουν ρίζες ή ελεύθερα επιπλέοντα φύλλα στην επιφάνεια του νερού. Φύκη (algae): που δεν έχουν ευδιάκριτα στελέχη ή φύλλα. Πηγή: Google

1.4. Τρόποι αντιμετώπισης

Η αντιμετώπιση της υπάρχουσας βλάστησης μπορεί να επιτευχθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους: χημικό, βιολογικό, μηχανικό έλεγχο ή με συνδυασμό αυτών. Ο μηχανικός έλεγχος είναι ακριβός και απαιτεί πρόσβαση στις υδάτινες οδούς και τα χημικά ζιζανιοκτόνα είναι τόσο τοξικά που το νερό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ούτε για ιχθυοκαλλιέργεια ούτε για ανθρώπινη κατανάλωση ούτε για οποιαδήποτε άλλη χρήση (FAO, 2019).

1.5. Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση των τρόπων αντιμετώπισης της υδρόβιας βλάστησης μέσα σε αρδευτικές και στραγγιστικές διώρυγες, με έμφαση στην αξιολόγηση της χρησιμοποίησης ειδών ιχθύων και κυρίως του χορτοφάγου κυπρίνου (*Ctenopharyngodon idella*).

2. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΔΡΟΒΙΑΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Ο μηχανικός έλεγχος αναφέρεται στη χρήση μηχανών που έχουν σχεδιαστεί για την κοπή, διάτμηση, τεμαχισμό, σύνθλιψη, πρέσα, ανύψωση, μεταφορά και απομάκρυνση των υδρόβιων φυτών και του σχετικού οργανικού υλικού από τα υδάτινα σώματα. Ο μηχανικός εξοπλισμός αποτελείται είτε από μικρά κοπτικά σκάφη είτε από μηχανές κοπής 90 ποδών και τεμαχιστές που πολτοποιούν τα φυτά για να απομακρυνθούν στη συνέχεια από ρυμούλκες οι οποίες είναι τοποθετημένες στις ακτές ή σε φορηγίδες. Τα είδη των μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται κατά τον μηχανικό έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης είναι τα εξής: κοπτικά σκάφη, μηχανές συγκομιδής και τεμαχιστές. [5]

2.1.Κοπτικά σκάφη

Οι κοπτήρες είναι σκάφη που διαθέτουν κοπτικά εργαλεία τα οποία κόβουν τα υδρόβια φυτά λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια του νερού. Σε αντίθεση με τα σκάφη συγκομιδής, η κομμένη βλάστηση δεν συλλέγεται αμέσως από τη μηχανή κοπής. Τα φυτά συλλέγονται χωριστά επί τόπου ή συλλέγονται στην ακτογραμμή ή κατάντη. Τα κοπτικά σκάφη είναι συνήθως μικρά, επειδή δεν φυλάσσονται φυτά επί του σκάφους και επομένως μπορούν να κινούνται σε ρηχές περιοχές και κάτω από μικρά εμπόδια όπως δέντρα και γέφυρες.



Εικόνα 5. Κοπτικό σκάφος κόβει water lilly για να δημιουργήσει διάδρομο (1977). Πηγή: <https://plants.ifas.ufl.edu/manage/control-methods/mechanical-control/>

2.2. Μηχανές συγκομιδής

Οι μηχανές συγκομιδής είναι κι αυτές σκάφη που τεμαχίζουν τη βλάστηση και την απομακρύνουν από το νερό με σύστημα μεταφοράς. Επίσης, αποθηκεύουν το υλικό επί του σκάφους και το μεταφέρουν σε χώρους διάθεσης. Οι μηχανές συγκομιδής λειτουργούν σε βάθος από 0,3 έως 2,5 μέτρα. Διατίθενται διάφορες μηχανές με πλάτος κοπής από 1,5 έως 3,5 μέτρα και ικανό να μεταφέρει μέχρι και 10 τόνους ανά φορτίο.



Εικόνα 6. Σπρώχοντας τύφα, εκριζωμένη από τον τυφώνα Wilma, στην ακτή για συγκομιδή, στη νότια όχθη της λίμνης Okeechobee (2005). Πηγή: <https://plants.ifas.ufl.edu/manage/control-methods/mechanical-control/>

2.3. Τεμαχιστές

Οι τεμαχιστές χρησιμοποιούν περιστρεφόμενα πτερύγια για να τεμαχίσουν, να κόψουν, ή να πολτοποιήσουν την υδρόβια βλάστηση και άλλα οργανικά υλικά. Οι περισσότεροι τεμαχιστές που λειτουργούν στη Φλόριντα χρησιμοποιούν δύο κατακόρυφα, αντίθετα περιστρεφόμενα πτερύγια για να κόψουν πλωτές μάζες φυτών ή πλωτά νησίδα τύρφης ή ξυλώδη/λασπώδη φυτά. Το υλικό τεμαχίζεται αρκετά ώστε να πέφτει γρήγορα στον πυθμένα και να αποσυντίθεται ή τεμαχίζεται χονδροειδώς και συλλέγεται από την επιφάνεια.



Εικόνα 7. Καταστροφή πλωτών νησίδων φυτομάζας στην λίμνη Tsala Αροκα της Φλόριντα, σε βάθος 1,5 m (2006). Πηγή: <https://plants.ifas.ufl.edu/manage/control-methods/mechanical-control/>

3. ΧΗΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΔΡΟΒΙΑΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Ο χημικός έλεγχος της υδρόβιας βλάστησης αφορά τα ζιζανιοκτόνα (φυτικά δηλητήρια) που χρησιμοποιούνται συνήθως για τον έλεγχο χερσαίων και υδρόβιων φυτών. Τα ζιζανιοκτόνα είναι σχετικά εύκολα στην εφαρμογή και μπορεί να είναι η μόνη πρακτική μέθοδος ελέγχου σε ορισμένες περιπτώσεις. Ωστόσο, η αντιμετώπιση της υδρόβιας βλάστησης με ζιζανιοκτόνα απαιτεί μεγάλη προσοχή. Τα ζιζανιοκτόνα μπορεί να είναι τοξικά για τα ψάρια και την υπόλοιπη βιοκοινότητα. Ένα από τα σοβαρότερα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι ο περιορισμός οποιασδήποτε χρήσης του νερού, συμπεριλαμβανομένης της πόσης, της κολύμβησης και της εφαρμογής του στην κτηνοτροφία, την παραγωγή ψαριών και την άρδευση μέχρι να επιτευχθούν ασφαλή επίπεδα. Τα περισσότερα ζιζανιοκτόνα είναι βραχύβια και σε 10 ημέρες ή λιγότερο επιτρέπουν την αξιοποίηση του νερού· άλλα είναι επίμονα και αποσύρονται από το υδάτινο σώμα σε 30-90 ημέρες από την εφαρμογή. Άλλο ένα μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι μπορεί να είναι δαπανηρή και μπορεί να προσφέρει μόνο βραχυπρόθεσμη λύση στο πραγματικό πρόβλημα. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι όταν η υδρόβια βλάστηση θανατώνεται από τα χημικά, αποσυντίθεται και απελευθερωθούν τα θρεπτικά συστατικά τους στην υδάτινη στήλη. Αυτά τα θρεπτικά συστατικά είναι στη συνέχεια διαθέσιμα και πυροδοτούν την αύξηση εκ νέου υδρόβιας βλάστησης, η οποία συχνά απαιτεί πιο αποτελεσματική θεραπεία (Helfrich et al. 2009).

Από τα 4.000 περίπου ζιζανιοκτόνα που είναι καταχωρημένα στον Οργανισμό Προστασίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. μόνο 50 μπορούν να χρησιμοποιηθούν νόμιμα στα υδάτινα οικοσυστήματα της Βιρτζίνια (Helfrich et al. 1996).

3.1. Χημικά που χρησιμοποιούνται

Τα χημικά που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής:

- Προϊόντα χαλκού
- Φλουριδόνη,
- 2,4-Δινιτροφαινυλδραζίνη,
- Γλυφοσάτη,
- Diquat,
- Ενδοθάλλη (Υδροθόλη)

Τα υδρόβια ζιζανιοκτόνα ποικίλλουν ως προς την αποτελεσματικότητα, την τοξικότητα και τον περιορισμό στη χρήση ύδατος. Η επιλογή του ζιζανιοκτόνου που εφαρμόζεται εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ταυτοποίηση του υδρόβιου φυτού το οποίο πρόκειται να υποστεί αγωγή (Murphy & Shelton, 1996). Για παράδειγμα, τα φύκη αντιμετωπίζονται με ζιζανιοκτόνα που περιέχουν χηλικές ενώσεις, τα βυθισμένα φυτά (*Coontail*, *Elodea*, και *Pondweed*) αντιμετωπίζονται με Φλουριδόνη και Diquat, τα πλωτά φυτά μπορούν να αντιμετωπιστούν με Φλουριδόνη ή Diquat και τα αναδυόμενα φυτά (τύφα) αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά με Γλυφosatη.

Η σχετική αποτελεσματικότητα των υδρόβιων ζιζανιοκτόνων σε διάφορα είδη ζιζανιοκτόνων παρέχεται στον Πίνακα 3 και οι περιορισμοί χρήσης νερού στον Πίνακα 4 παρακάτω.

Πίνακας 3. Σχετική αποτελεσματικότητα υδρόβιων ζιζανιοκτόνων για τον έλεγχο επιλεγμένης υδρόβιας βλάστησης. Πηγή: Helfrich et al. 1996

ΕΙΔΟΣ ΦΥΤΟΥ	ΧΗΛΙΚΟΣ ΧΑΛΚΟΣ	DIQUAT	ΕΝΔΟΘΑΛΛΗ Κ	ΦΛΟΥΡΙΔΟΝΗ	ΓΛΥΦΟΣΑΤΗ
ΦΥΚΗ					
Νηματοειδή	ΚΑΛΗ				
Chara	ΚΑΛΗ				
Nitella	ΚΑΛΗ				
ΒΥΘΙΖΟΜΕΝΑ ΦΥΤΑ					
Bladderwort		ΚΑΛΗ		ΑΡΙΣΤΗ	
Coontail		ΑΡΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ	
Elodea		ΑΡΙΣΤΗ			
Watermilfoil		ΑΡΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ	
Parrotfeather		ΑΡΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ	

Hydrilla		ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΑΡΙΣΤΗ	
Pondweed		ΚΑΛΗ	ΑΡΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ	
Slender naiad		ΑΡΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ	
Southern naiad		ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ	
ΠΛΩΤΑ ΦΥΤΑ					
Duckweed		ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΚΗ	ΑΡΙΣΤΗ	
Watermeal		ΜΕΤΡΙΑ		ΜΕΤΡΙΑ	
ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΑ ΦΥΤΑ					
Bullrush		ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ	ΑΡΙΣΤΗ	
Cattail		ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΑΡΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ
Spatterdock			ΚΑΛΗ	ΑΡΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ
Water lilly		ΚΑΛΗ	ΑΡΙΣΤΗ	ΜΕΤΡΙΑ	
Watershield		ΑΡΙΣΤΗ		ΜΕΤΡΙΑ	

Τα προϊόντα χαλκού (συμπεριλαμβανομένου του θεικού χαλκού και των χηλικών ενώσεων χαλκού) χρησιμοποιούνται συχνά συνδυαστικά με άλλα ζιζανιοκτόνα. Συνήθως εφαρμόζονται σε λίμνες, δεξαμενές και αρδευτικά συστήματα. Ο θεικός χαλκός μπορεί να είναι τοξικός για τα ψάρια σε συγκεκριμένες δοσολογίες. Γενικά, οι χηλικές ενώσεις χαλκού δεν είναι τοξικές για την πέστροφα, τα τροπικά ψάρια και άλλα διακοσμητικά ψάρια (Boman et al. 2002). Οι χηλικές ενώσεις χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των φυκών, όχι για τα ριζωμένα υδρόβια φυτά. Ωστόσο, ο χαλκός είναι ένα τοξικό μέταλλο το οποίο είναι βιοσυσσωρεύσιμο στο περιβάλλον και μπορεί να γίνει τοξικό και για τα ψάρια και τα υδρόβια ζώα σε συγκεντρώσεις κοντά στα επίπεδα που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των φυκών. Η τοξικότητα του χαλκού αυξάνεται όσο η σκληρότητα του νερού μειώνεται. Ο θεικός χαλκός δεν είναι τόσο ασφαλής όσο οι χηλικές ενώσεις του χαλκού και δεν

πρέπει να χρησιμοποιείται σε μαλακό νερό (με αλατότητα κάτω από 50 mg/l) (Boman et al. 2002).

Η Φλουριδόνη είναι ένα από τα πιο ασφαλή, εγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα για χρήση σε μικρές λίμνες ψαριών. Είναι μία ακριβή μέθοδος που δεν έχει αποτελεσματικότητα στα φύκη, όμως αντιμετωπίζει επιτυχώς τα βυθισμένα υδρόβια φυτά. Είναι ένα επίμονο, μακράς διάρκειας ζιζανιοκτόνο του οποίου τα υπολείμματα μπορεί να δρουν από 2 έως 12 μήνες και τα αποτελέσματα μπορεί να κάνουν από 30 έως 90 ημέρες να γίνουν αντιληπτά. Απαγορεύει την χρήση του νερού για άρδευση τις πρώτες 30 ημέρες, όμως επιτρέπει την κολύμβηση, την χρήση για κτηνοτροφία, το ψάρεμα και την ανθρώπινη κατανάλωση (πόση νερού). Ο χημικός έλεγχος της υδρόβιας βλάστησης στα αρδευτικά συστήματα με την χρήση αυτού του χημικού μπορεί να διαρκέσει έως 1 έτος (Boman et al. 2002).

Η Γλυφοσάτη είναι καταλληλότερη για τον έλεγχο των αναδυόμενων φυτών όπως η τύφα και ορισμένα πλωτά όπως τα νυμφαιοειδή και ο ινδικός λωτός. Δεν ενδείκνυται για βυθισμένα φυτά. Συνήθως εφαρμόζεται πάνω στο φυτό και όχι απευθείας στο νερό. Διαχέεται γρήγορα στα αιωρούμενα σωματίδια και στο πυθμενικό ίζημα και απενεργοποιείται πολύ γρήγορα. Δεν έχει χρόνο αναμονής προτού γίνει χρήση του νερού για άρδευση, κατανάλωση ψαριών, κολύμβηση, κτηνοτροφία κ.ά.

Η 2,4-Δινιτροφαινυλδραζίνη είναι κατάλληλη για τον έλεγχο των αναδυόμενων και των πλωτών φυτών. Είναι ένα χημικό το οποίο αποσυντίθεται πλήρως μέσα σε τρεις εβδομάδες. Ωστόσο, το νερό των δικτύων στα οποία έχει εφαρμοστεί δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται για άρδευση σε καλλιέργειες τομάτας, σταφυλιών, καρποφόρων δένδρων και διακοσμητικών φυτών (Boman et al. 2002). Η τοξικότητα των ζιζανιοκτόνων αυτών αυξάνεται καθώς μειώνεται το pH· είναι λιγότερο αποτελεσματικά όταν το pH είναι μεγαλύτερο από 8 και περισσότερο τοξικά όταν το pH είναι μικρότερο του 6 (όξινα νερά). Ανάλογα με τη σύνθεση, το 2,4-D μπορεί να είναι πολύ τοξικό για την ιριδιζουσα πέστροφα και δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε νερό που προορίζεται για άρδευση, κτηνοτροφία ή οικιακές χρήσεις.

Το Diquat είναι ένα χημικό ευρέως φάσματος, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο των φυκών και των βυθισμένων φυτών, αλλά δεν είναι

ιδιαίτερα αποτελεσματικό στα αναδυόμενα φυτά. Επιβάλλεται χρόνος αναμονής 14 ημερών πριν γίνει χρήση του νερού για κτηνοτροφία, άρδευση ή πόση. Δεν υπάρχουν περιορισμοί για ψάρεμα αλλά για κολύμπι συνιστάται αναμονή μίας ημέρας. Το Diquat παραμένει δύσκολα στο νερό πάνω από 10 ημέρες. Δεν είναι αποτελεσματικό σε νερό με τυρβώδη ροή γιατί απενεργοποιείται.

Η Ενδοθάλλη που καταχωρείται από την EPA¹ ως υδρόβιο ζιζανιοκτόνο είναι σχετικά τοξικό για τα ψάρια στα επίπεδα που χρειάζεται για να αντιμετωπιστούν τα υδρόβια φυτά. Το σκεύασμα «Υδροθόλη 191» είναι το πιο επικίνδυνο για χρήση σε λίμνες με ψάρια και πρέπει να χρησιμοποιείται με μεγάλη προσοχή όταν η συγκέντρωσή του ξεπερνάει τα 0,3 ppm κατά βάρος. Η Ενδοθάλλη περιορίζει την χρησιμοποίηση του νερού για άρδευση, κτηνοτροφία ή ιχθυοκαλλιέργεια (Πιν. 4).

Πίνακας 4. Χρόνος αναμονής πριν από τη χρήση νερού το οποίο έχει υποστεί θεραπεία με ζιζανιοκτόνα (σε ημέρες). Πηγή: Helfrich et al. 1996

ZIZANIOKTONO	ΑΡΔΕΥΣΗ	ΑΛΙΕΥΣΗ	ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ	ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ	ΠΟΣΗ
Φλουριδόνη	30	0	0	0	0
Γλυφοσάτη	0	0	0	0	2
Χηλικός Χαλκός	0	0	0	0	0
Diquat	5	0	1	1	3
Ενδοθάλλη					
Υδροθάλλη Κ	14	3	14	1	<25
Υδροθάλλη G	7	3	14	0	<25

¹ United States Environmental Protection Agency | US EPA

3.2.Συνέπειες χρήσης χημικών

Από την χρήση χημικών για το χημικό έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης μπορεί να προκληθούν πολλά προβλήματα τόσο στην ποιότητα του νερού όσο και στην πανίδα του οικοτόπου και κατ' επέκταση στον ίδιο τον άνθρωπο.

4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΔΡΟΒΙΑΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Ο βιολογικός έλεγχος της υδροχαρούς βλάστησης αφορά, κοινώς, την εξάλειψη των οργανισμών (φυτικών) ή των προϊόντων τους ώστε να μειωθεί ή να προληφθεί η ανάπτυξη και η αναπαραγωγή βλάστησης μέσα στο υδάτινο σώμα με τη βοήθεια βιολογικών μέσων. Είναι μία από τις πιο ασφαλείς μεθόδους όσον αφορά τις περιβαλλοντικές συνέπειες. Δεδομένου του αντίκτυπου της χρησιμοποίησης χημικών τόσο για το περιβάλλον, όσο και για τον άνθρωπο, πλέον δίνεται έμφαση στην εξεύρεση μη χημικών μεθόδων. Υπάρχουν αρκετοί φυτοφάγοι οργανισμοί που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον βιολογικό έλεγχο ενός αρδευτικού ή στραγγιστικού καναλιού και αυτοί περιλαμβάνουν τα έντομα, τα σαλιγκάρια, μικροοργανισμούς και βακτήρια, τα υδρόβια θηλαστικά και τρωκτικά, τα μαλάκια και τα ψάρια.

Εκτός της περιβαλλοντικής ασφάλειας, ο βιοέλεγχος έχει και άλλα πλεονεκτήματα, εκ των οποίων μερικά είναι η οικονομική βιωσιμότητα, η υψηλή αποδοτικότητα και η μακροπρόθεσμη δυνατότητα διαχείρισης συγκεκριμένων υδρόβιων φυτών. Τα βιολογικά μέσα παρουσιάζουν ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον ως εφικτά μέτρα αντιμετώπισης στο πρόβλημα της υδροχαρούς βλάστησης. Οι ερευνητικές προσπάθειες χρησιμοποίησης ψαριών (ιδίως του χορτοφάγου κυπρίνου) για τον έλεγχο της υπέρμετρης αύξησης της υδροχαρούς βλάστησης σε αρδευτικά κανάλια έχει κερδίσει έδαφος τα τελευταία χρόνια.

Εκτιμάται ότι το κόστος ανάπτυξης ενός απλού, κλασσικού προγράμματος βιοελέγχου είναι από 4 έως 6 εκατομμύρια δολάρια και η διαδικασία απαιτεί 3,5 με 20 χρόνια (Center et al. 1997). Από την άλλη, ένα τέτοιο πρόγραμμα μπορεί να ανταποδώσει τεράστια ποσά. Δεν υπάρχουν συγκριτικά στοιχεία για χημικούς και μηχανικούς ελέγχους υδροχαρούς βλάστησης, ωστόσο με βάση εκτιμήσεις κόστους-οφέλους, ο βιολογικός έλεγχος κατατάσσεται υψηλότερα από άλλες μεθόδους αποδεδειγμένου ελέγχου των υδρόβιων φυτών. Ωστόσο, όπως και σε όλες τις μεθόδους, υπάρχει πάντα η πιθανότητα της αποτυχίας. Ακόμη και μετά από προσεκτική έρευνα και δοκιμές, πολλοί κλασσικοί παράγοντες βιολογικού ελέγχου αποτυγχάνουν να φέρουν το σύστημα στο επιθυμητό επίπεδο ελέγχου. Αυτό συμβαίνει ενδεχομένως, λόγω της ανικανότητας των οργανισμών να εγκαθίστανται μόνιμα σε ένα μέρος και να διασπείρονται, λόγω της ανεπαρκούς ικανότητας να

καταστειλουν τους φυτικούς πληθυσμούς ή ενός αριθμού άλλων παραγόντων που σχετίζονται με το φυτό, τον οργανισμό ή το περιβάλλον (Julien and White 1997).

Ο μηχανικός έλεγχος είναι ακριβός και απαιτεί πρόσβαση στις υδάτινες οδούς και ο χημικός έλεγχος χρησιμοποιεί ζιζανιοκτόνα, τα οποία είναι τοξικά σε βαθμό κατά τον οποίο το νερό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για ιχθυοκαλλιέργεια ή ανθρώπινη κατανάλωση ή άλλες χρήσεις.

Για τον βιολογικό έλεγχο της υδροχαρούς βλάστησης έχουν χρησιμοποιηθεί υδρόβια ζώα, όπως έντομα, σαλιγκάρια, βακτήρια και άλλοι μικροοργανισμοί, υδρόβια θηλαστικά και τρωκτικά, μαλάκια και ψάρια (Sushilkumar, 2011).

4.1.Χρήση εντόμων

Το 1982, στην Ινδία, λόγω του αυξημένου προβλήματος της ανάπτυξης της υδρόβιας βλάστησης και της μη αποτελεσματικότητας κάποιας άλλης μεθόδου, εισήχθησαν τρία είδη κολεόπτερων, τα *Neochetina bruchi*, *N. eichhorniae* και *Orthogalumna terebrantis*. Μετά από 2 έτη, πέτυχαν 95% βιοέλεγχο του υδρόβιου υάκινθου (*Eichhornia crassipes*) στη λίμνη Hebbal (Jayanth, 1988) καθώς και σε άλλες λίμνες. Παρ' όλα αυτά, υπήρχαν περιπτώσεις στις οποίες η απελευθέρωση κολεόπτερων απέτυχαν, όπως για παράδειγμα η λίμνη Kengeri στην πόλη Μπανγκαλόρ της Ινδίας (Sushilkumar, 2011).

4.2.Χρήση σαλιγκαριών

Έχουν αποκτηθεί ικανοποιητικά αποτελέσματα από την χρησιμοποίηση σαλιγκαριών όπως το, για τον έλεγχο των φυτών *Anachaares alensa* στη Βραζιλία και των *Marisa cornuarietis* στη Φλόριντα. Τα υδρόβια φυτά *Ceratophyllum demersum*, *Najas guadalupensis* και *Potamogeton illinoensis* αντιμετωπίστηκαν πλήρως και τα *Pistia stratoites* και *Alternanthera philoxeroides* αντιμετωπίστηκαν μερικώς. Γενικότερα, τα σαλιγκάρια έχουν δοκιμαστεί για τον έλεγχο της υδροχαρούς βλάστησης, αλλά δεν έχουν δείξει πολύ καλή αποτελεσματικότητα και ασφάλεια ώστε να προτιμώνται ως παράγοντες βιολογικού ελέγχου (Cowie 2001). *Pomacea canaliculata*

4.3.Χρήση φυτοπαθογόνων

Η υδρόβια βλάστηση μπορεί να αντιμετωπιστεί με την βοήθεια μικροοργανισμών όπως οι μύκητες, τα βακτήρια, οι ιοί κ.ά. Οι πρώτοι έχουν χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση μεγαλύτερου φάσματος υδρόβιων φυτών σε σχέση με τα βακτήρια, τους ιούς και τα νηματώδη. Σε κάποιες περιπτώσεις, έχει καταστεί δυνατή η απομόνωση, καλλιέργεια, τυποποίηση και η χρησιμοποίηση μυκητιακών σκευασμάτων ως μυκοζιζανιοκτόνα, τα οποία βοηθούν αποτελεσματικά στην καταπολέμηση πολλών υδρόβιων φυτών (Aneja et al. 1993, Kauraw and Bhan 1994a, Ray et al. 2008b).

Οι φυτοπαθογόνοι μικροοργανισμοί διαφοροποιούνται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την ταχύτητα εκδήλωσης της μολυσματικής τους ικανότητας: τα βιοτροφικά και τα νεκροτροφικά παθογόνα. Τα πρώτα αποικίζουν ζωντανούς φυτικούς ιστούς αποφεύγοντας να νεκρώσουν τα κύτταρα του ξενιστή τους ενώ ταυτόχρονα μεταβάλλουν πολλές από τις λειτουργίες του (Vleeshouwers and Oliver, 2014). Τα νεκροτροφικά παθογόνα χαρακτηρίζονται από την ταχεία νέκρωση των κυττάρων του ξενιστή τους, ως αποτέλεσμα της παραγωγής κυτταρολυτικών τοξινών, ικανές να προκαλέσουν κυτταρικό θάνατο στον ξενιστή (Vleeshouwers and Oliver, 2014). Τα νεκροτροφικά παθογόνα έχουν τη δυνατότητα να εισβάλλουν σε ένα μεγάλο εύρος ξενιστών και να επιβιώνουν μέσα τους ως σαπρόφυτα. Οι Hasan και Ayers (1990) ανέφεραν ότι υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των βιοτροφικών και των νεκροτροφικών παθογόνων, στο σημείο όπου συμβαίνει η μόλυνση, η οποία κάνει τον ξενιστή πιο ευαίσθητο σε μία δευτερογενή μόλυνση. Επομένως, υφίσταται ένας τύπος συνεργατικής σχέσης μεταξύ των δύο παθογόνων, με μεγάλη βιολογική και οικονομική σημασία, καθώς μπορεί να γίνει συνδυασμός δύο ή περισσότερων μυκήτων για τον ακόμη πιο αποτελεσματικό έλεγχο ενός ή περισσότερων υδρόβιων φυτών.

4.4. Χρήση υδρόβιων θηλαστικών και τρωκτικών

Η χρήση του υδρόβιου θηλαστικού «Μανάτος του Αμαζονίου» (*Trichechus inunguis*) και του τρωκτικού «Μυοκάστορας» (*Myocastou coyrus*), αμφότερων

γνωστών για τη διατροφή τους με υδρόβια βλάστηση είχε πρωτύτερα προταθεί ως πιθανός τρόπος αντιμετώπισης της υδροχαρούς βλάστησης, όμως ο αργός αναπαραγωγικός ρυθμός του πρώτου και η παμφάγα διατροφή του δεύτερου, απέρριψαν τις πειραματικές δοκιμές τους. Ο Μανάτος του Αμαζονίου, ωστόσο χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση της υδρόβιας βλάστησης στη Φλόριντα και στο Σουρινάμ (Sushilkumar, 2011).

4.5.Χρήση ψαριών

Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι οργανισμοί βιολογικού ελέγχου με αποδεδειγμένη επιτυχία είναι τα ψάρια και τα έντομα (Sushilkumar, 2011). Μεταξύ των διαφόρων ειδών των φυτοφάγων/παμφάγων ψαριών που τρέφονται με υδρόβια φυτά είναι οι Τιλάπιες (*Tilapia melanopleura*, *T. zillii*, *Oreochromis niloticus*), η Μπριάνα της Ιάβας (*Barbonymus gonionotus*) και από τα Κυπρινοειδή, ο χορτοφάγος Κυπρίνος (*Ctenopharyngodon idella*) και ο Ασημοκυπρίνος (*Hypophthalmichthys molitrix*) (Πιν. 6). Η χρησιμοποίηση των παραπάνω ψαριών, θεωρείται η αποτελεσματικότερη και η μακροβιότερη λύση για την αντιμετώπιση της υδροχαρούς βλάστησης στα αρδευτικά κανάλια, έναντι της μηχανικής και της χημικής μεθόδου.

Τα οφέλη από την καλλιέργεια των ψαριών είναι πολλά. Εκτός του ότι αποτελούν φυσική τροφή για τον άνθρωπο, αποτελούν βάση στην τροφική αλυσίδα των υδάτινων οικοσυστημάτων και χρησιμεύουν ως βιολογικά μέσα για την αντιμετώπιση πολλών προβλημάτων, όπως είναι η παρακολούθηση της ποιότητας των νερών ως βιοδείκτες και στην περίπτωση της παρούσας μελέτης, ο καθαρισμός των αρδευτικών και στραγγιστικών δικτύων ως καταναλωτές της υδροχαρούς βλάστησης.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ψάρια που εκτρέφονται σε υδάτινα οικοσυστήματα στα οποία αναπτύσσονται μακρόφυτα βάσει του FAO, 2019 (Πιν 5):

Πίνακας 5. Είδη ψαριών που εκτρέφονται τρεφόμενα με μακρόφυτα. Πηγή: Edwards, 1985

ΚΟΙΝΟ ΟΝΟΜΑ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΟΝΟΜΑ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ	ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ	ΑΝΑΦΟΡΕΣ
ΦΥΤΟΦΑΓΑ				
ΧΟΡΤΟΦΑΓΟΣ ΚΥΠΡΙΝΟΣ	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	ΕΥΡΕΙΑ, ΚΑΤΑΓΩΓΗ: ΚΙΝΑ	Καταναλωτές πολλών διαφορετικών υδρόβιων φυτών (φύλλων, χόρτων)	Ling, 1967
ΤΙΛΑΠΙΑ	<i>T. rendalli</i>	ΑΦΡΙΚΗ	Αποτελεσματικοί καταναλωτές	Spaturu, 1978
	<i>T. zillii</i>	ΑΦΡΙΚΗ	βυθισμένων μακρόφυτων, πλαγκτόν και βένθους	
WUCHANG BREAM	<i>Megalobrama amblycephala</i>	ΚΙΝΑ	Καταναλώνει τα ψηλότερα φυτά	Coche, 1980
ΜΠΡΙΑΝΑ ΤΗΣ ΙΑΒΑΣ	<i>Barbonymus gonionotus</i>	ΝΑ ΑΣΙΑ	Τρέφεται κυρίως με νηματοειδή φύκη	Hora and Pillay, 1962
ΓΙΓΑΝΤΙΑΙΟ ΓΚΟΥΡΑΜΙ	<i>Osphronemus goramy</i>	ΑΣΙΑ	Τρέφεται κυρίως με φύλλα φυτών	Hora and Pillay, 1962
ΠΑΜΦΑΓΑ				
ΤΙΛΑΠΙΑ ΤΗΣ ΜΟΖΑΜΒΙΚΗΣ	<i>Oreochromis mossambicus</i>	ΕΥΡΕΙΑ	Αποτελεσματικοί καταναλωτές υδρόβιων μακρόφυτων αλλά μπορεί να προτιμήσουν περίφυτα που είναι κολλημένα πάνω σε αυτά	Lahser, 1967
ΤΙΛΑΠΙΑ ΤΟΥ ΝΕΙΛΟΥ	<i>Oreochromis niloticus</i>	ΕΥΡΕΙΑ	Νηματοειδή φύκη, λιγότερο αποτελεσματική από άλλες τιλαπίες	Avault, <u>et al.</u> , 1968
ΦΙΛΩΤΟ ΓΚΟΥΡΑΜΙ	<i>Trichogaster pectoralis</i>	ΑΣΙΑ		
ΧΡΥΣΟΨΑΡΟ	<i>Carassius auratus</i>	ΕΥΡΕΙΑ	Τρέφεται αρκετά με νηματοειδή φύκη π.χ. <i>Pithophora</i> sp.	Ruskin and Shipley, 1976
ΙΝΔΙΚΟΣ ΚΥΠΡΙΝΟΣ	<i>Gibelion catla, Labeo rohita, Cirrhinus mrigala</i>	ΑΣΙΑ		
ΚΟΙΝΟΣ ΚΥΠΡΙΝΟΣ	<i>Cyprinus carpio</i>	ΕΥΡΩΠΗ, ΑΣΙΑ	Τρέφεται με φυτά μόνο αν δεν υπάρχει διαθέσιμη άλλη τροφή. Ελέγχει την υδρόβια βλάστηση με διαταραχή του ιζήματος	Hora and Pillay, 1962
ΓΑΛΑΤΟΨΑΡΟ	<i>Chanos chanos</i>	ΕΥΡΕΙΑ	Τρέφεται με το φυτικό υλικό, τα μεγάλα ψάρια καταναλώνουν και φρέσκα νηματοειδή φύκη	Hora and Pillay, 1962
ΔΥΝΗΤΙΚΑ				
SILVER DOLLAR FISH	<i>Mylossoma duriventris</i>	ΝΟΤΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ	Επιθετικό ψάρι. Εισήχθησαν 1.200-2.500/ha. Απομάκρυνε γρήγορα την υδρόβια βλάστηση χτυπώντας	Ruskin and Shipley, 1976

ΤΙΛΑΠΙΑ	<i>Coptodon guineensis</i>	ΔΥΤ. ΑΦΡΙΚΗ	τη βάση και καταναλώνοντας μετά Αυξάνεται σε εκβολές ποταμών και τρέφεται με τα φύλλα ψηλότερων φυτών	Coche, 1983
ΤΑΜΠΑΚΙ	<i>Brycon chagrensis</i>	ΝΟΤΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ	Υψηλή εμπορική αξία. Αυξάνεται σε μεγάλο μέγεθος. Δύσκολα εκτρέφεται. Τρώει φρούτα	Ruskin and Shipley, 1976
ΠΙΡΑΠΑΤΙΝΓΚΑ	<i>Piaractus brachypomus</i>	ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑ ΠΑΝΑΜΑΣ		FAO, 1983
PEARL SPOT	<i>Etiopis suratensis</i>	ΝΟΤΙΑ ΙΝΔΙΑ, ΣΡΙ ΛΑΝΚΑ		De Silva and Perrera, 1983 De Silva, et al., 1984
	<i>Distichodus engycephalus</i>	ΔΥΤ. ΑΦΡΙΚΗ		Afinowi and Ezenwa, 1982
	<i>Distichodus brevipinnis</i>		Αποτελεσματικά φυτοφάγα	
	<i>Distichodus rostratus</i>			

Η εκτροφή κυπρίνων στα αρδευτικά κανάλια είναι πολύ επιτυχημένη και πολλά υποσχόμενη, γιατί δεν περιορίζεται μόνο στην παραγωγή των ιχθύων, αλλά και στον έλεγχο της ανάπτυξης της υδροχαρούς βλάστησης (Καρακατσούλη, 2000).

Πίνακας 6. Έλεγχος της υδρόβιας βλάστησης από φυτοφάγα είδη ψαριών. Πηγή: FAO, 2019; Little and Muir, 1987.

ΕΙΔΟΣ	ΜΕΡΟΣ ΚΑΙ ΛΟΓΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	ΑΝΑΦΟΡΕΣ
<i>C. idella</i>	Μαλαισία, για καθαρισμό 1,8 ha λίμνης, 375 ψάρια	22 τόνοι καθαρίστηκαν σε 110 ημέρες	Hickling (1960)
	ΕΣΣΔ ² , για καθαρισμό του καναλιού Kara Kum	Μείωση της υδρόβιας βλάστησης	Edwards (1980)
	Άρκανσας, για τον καθαρισμό 20.000 ha δημόσιων λιμνών	Μετά από 15 έτη, κανένα πρόβλημα	Ruskin and Shipley (1976) Van der Lingen (1968)
<i>T. rendalli</i> & <i>T. zillii</i>	2–10 ha ταμειυτήρα στην Κένυα	Ολική απομάκρυνση μετά από 2-5 έτη	Ruskin and Shipley
<i>T. zillii</i>	Καθαρισμός καναλιών της	Ολική απομάκρυνση	

²Ένωση Σοβιετικών Σοσιαλιστικών Δημοκρατιών, Σοβιετική Ένωση (1922-1991).

	Imperial Valley S. California, 2.500 ψάρια/ha		(1976)
<i>P. gonionotus</i>	Καθαρισμός αρδευτικών φραγμάτων, Ιάβα, Ινδονησία	Καθαρισμός ταμειυτήρα 284 ha σε 8 μήνες	Shuster (1952)
<i>Osphronemus goramy</i>	Καθαρισμός αρδευτικών συστημάτων, Ινδία	Έλεγχος υδρόβιας βλάστησης	Hora and Pillay (1962)
ΤΙΛΑΠΙΕΣ	Καθαρισμών ζαχαρότευτλων από αρδευτικό κανάλι, Χαβάη. 75.000 γόννοι 5–10cm	Το κόστος των απαιτούμενων ζιζανιοκτόνων μειώθηκε στα \$3.000 (από \$5.000) με τον έλεγχο από τα ψάρια. Δεν ξαναφύτρωσαν.	Little & Muir (1987)

Λόγω της ισχυρής διατροφικής προτίμησης του χορτοφάγου κυπρίνου σε υδρόβια μακρόφυτα, χρησιμοποιείται εκτενώς για τον έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης σε μικρά υδάτινα οικοσυστήματα. Η ένταση της ιχθυοπυκνότητας μέσα στο εκάστοτε υδάτινο σώμα εξαρτάται από τη βιομάζα της βλάστησης που χρήζει αντιμετώπισης. Όσο περισσότερα φυτά χρειάζονται έλεγχο, τόσο περισσότερα ψάρια πρέπει να εισαχθούν.

4.5.1. Ιχθυολογία χορτοφάγου Κυπρίνου

Ο χορτοφάγος κυπρίνος προέρχεται από την Ανατολική Ασία (Κίνα, Σιβηρία) και είναι παγκοσμίως γνωστός ως τρόφιμο αλλά και για την χρησιμότητά του στο βιολογικό έλεγχο της υδροχαρούς βλάστησης στα υδάτινα οικοσυστήματα. Οι χορτοφάγοι κυπρίνοι έχουν χρησιμοποιηθεί, επιτυχώς, για τον έλεγχο της υδροχαρούς βλάστησης στην Κίνα, την Ουγγαρία, την Ιαπωνία, την Ινδία (Shulikumar, 2011), την Αίγυπτο (Salwa & Tarek, 2016), τη Νέα Ζηλανδία (Clayton, 1996) και τις ΗΠΑ (Stallings et al. 2015).

Η συστηματική του κατάταξη είναι η ακόλουθη:

Βασίλειο: Animalia

Φύλο: Chordata

Υπόφυλο: Vertebrata

Ανθυπόφυλο: Gnathostomata

Υπέρκλαση: Actinopterygii

Κλάση: Teleostei

Υπέρταξη: Ostariophysii

Τάξη: Cypriniformes

Οικογένεια: Cyprinidae

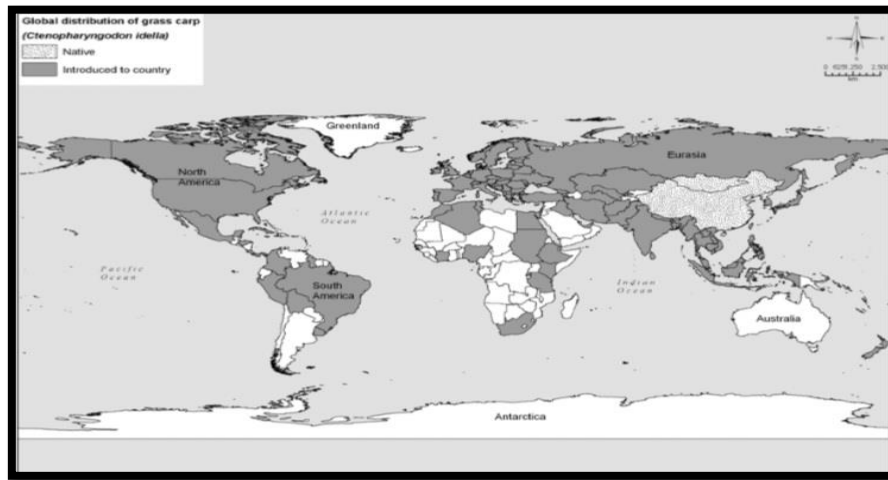
Γένος: Ctenopharyngodon

Είδος: Ctenopharyngodon idella

Κοινό όνομα: Χορτοφάγος κυπρίνος

Ο χορτοφάγος κυπρίνος έχει σώμα επίμηκες και κυλινδρικό, με στρογγυλή κοιλία που συμπίεζεται στο οπίσθιο τμήμα. Το χρώμα του σώματος είναι ανοιχτό κίτρινο με γκρι-πρασινωπή ράχη και γκρι κοιλιακή χώρα. Φέρει δύο πλευρικά πτερύγια, τα οποία έχουν ανοιχτό γκρι χρώμα, ένα κοιλιακό πτερύγιο, ένα σκούρο πράσινο ραχιαίο πτερύγιο και ένα εδρικό πτερύγιο. Το στόμα του είναι αμβλύ και η κάτω γνάθος είναι μικρότερη από την άνω γνάθο. Έχει δύο σειρές φαρυγγικών δοντιών σε κάθε πλευρά, που συμπίεζονται πλευρικά, εσωτερική σειρά ισχυρότερη.

Προέρχεται από την Ανατολική Ασία και ζει σε μεγάλα ποτάμια της Κίνας και των γειτονικών χωρών, όπως ο ποταμός Άμουρ (σύνορα Κίνας-Ρωσίας), ο Γιανγκ Τσε (Β. Κίνα), ο Κίτρινος ποταμός (Κ. Κίνα) και ο ποταμός Μιν (Βιετνάμ-Κίνα). Συναντάται μόνο στις χαμηλές και μεσαίες περιοχές των ποταμών (Opuszynski and Shireman, 1995). Έχει εισαχθεί, κυρίως για τον έλεγχο των μακρόφυτων, σε άλλες περιοχές του κόσμου, όπως η βόρεια, κεντρική και νότια Αμερική, νησιά του νότιου Ειρηνικού ωκεανού, υπόλοιπη Ασία, η Ινδική χερσόνησος, η Ευρώπη, η Σκανδιναβία και η Αφρική (FishBase 2019) (Εικ. 8).



Εικόνα 8. Γεωγραφική εξάπλωση του χορτοφάγου Κυπρίνου. Πηγή: Fishbase, 2019

Όπως και στα περισσότερα είδη, η ανάπτυξη του χορτοφάγου κυπρίνου είναι συνάρτηση της ηλικίας του, του μεγέθους και αβιοτικών παραγόντων όπως η πυκνότητα, η διατροφή, η θερμοκρασία και το οξυγόνο (Chilton and Muoneke, 1992). Συνήθως το σωματικό του βάρος φτάνει τα 5 κιλά μέσα σε 3 χρόνια (FAO, 2019). Φτάνει, όμως, έως και πάνω από 45 κιλά σωματικού βάρους και μήκος πάνω από ένα μέτρο (Opuszynski, 1972).

Όσον αφορά στην πυκνότητα, μία μελέτη των Shelton et al. (1981), έδειξε ότι ο χορτοφάγος κυπρίνος αναπτύσσεται δυσκολότερα σε μεγάλες πυκνότητες και επηρεάζονται κυρίως τα νεαρά άτομα ηλικίας 0-1 ετών. Επιπλέον, πρέπει να υφίσταται ένας συγκεκριμένος αριθμός ιχθύων μέσα στο υδάτινο οικοσύστημα έτσι ώστε να διαφυλάσσεται η φέρουσα ικανότητά του. Η πυκνότητα εκτροφής μέσα στη λίμνη υπολογίζεται ανά εκτάριο ή ανά φυτομάζα υδρόβιας βλάστησης η οποία χρήζει αντιμετώπισης. Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται ενδεικτικές πυκνότητες εκτροφής για τον έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης στην Ολλανδία.

Πίνακας 7. Σχέση μεταξύ του ατομικού βάρους του χορτοφάγου κυπρίνου και της απαιτούμενης πυκνότητας ιχθυοαποθέματος για τον έλεγχο των αναδυόμενων και πλωτών φυτών στην Ολλανδία. Πηγή: FAO, 2019; Zonneveld and Van Zon, 1985.

ΜΕΣΟ ΑΤΟΜΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (g)	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΦΟΡΤΩΣΗΣ kg/ha	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ άτομα/ha
10 – 15	50 – 60	5000
20	60 – 90	4000
30	60 – 120	3000
100	120 – 150	1500
200	180 – 250	1000
>300	>200 – 300	500 – 850

Από θέμα αντοχής στη θερμοκρασία του νερού, ο χορτοφάγος κυπρίνος είναι πολύ ανθεκτικός σε μεγάλο εύρος θερμοκρασίας, από 0 έως 33°C αλλά και σε απότομες αλλαγές της (Shireman and Smith 1983)³. Γενικότερα, όπως φαίνεται από τους τόπους προέλευσής του ο χορτοφάγος κυπρίνος είναι θεرمόφιλο ψάρι και προτιμά θερμοκρασίες 20-25°C (Φώτης & Αγγελίδης, 2003). Ωστόσο, πάνω από τους 38 °C και κάτω από 8 °C δεν δέχεται τροφή (Φώτης & Αγγελίδης, 2003), ενώ πάνω από 38 °C εμφανίζεται θνησιμότητα στα ενήλικα άτομα (Fedorenko and Fraser 1978). Η ανάπτυξη του εξαρτάται από τη διάρκεια της θερινής περιόδου, όπου στη Νότια Ευρώπη είναι παρατεταμένη, επομένως ευνοείται σε αντίθεση με τις χώρες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης (Φώτης & Αγγελίδης, 2003). Το ανώτατο όριο για τα νεαρά ιχθύδια κυμαίνεται από 33 έως 41°C ενώ για τα ιχθύδια μέχρι ενός έτους από 35 έως 36°C, ανάλογα την εποχή (Chilton and Muoneke 1992). Αντίστοιχα, το κατώτατο όριο για τα ιχθύδια είναι από 0-0,1°C (σε έκθεση 12-15 ωρών) (Chilton and Muoneke, 1992). Υφίσταται μικρό ποσοστό επιβίωσης των αυγών κάτω από 18°C (Stott and Cross, 1973). Επίσης, τα ιχθύδια δεν τρέφονται σε θερμοκρασίες κάτω των 8°C (Chilton and Muoneke, 1992).

Τα επίπεδα δεσμευμένου οξυγόνου μπορεί να δημιουργήσουν στρες στον χορτοφάγο κυπρίνο όταν είναι κάτω από 3 mg/l, αλλά μέχρι και στα 0,4 mg/l τα ψάρια αυτά είναι ανθεκτικά (Shireman and Smith, 1983). Τα ιχθύδια μπορούν να επιβιώσουν σε επίπεδα οξυγόνου που κυμαίνονται από 0,41 έως 28 mg/l, pH 5-9, αλκαλικότητα 620 mg/l, αλατότητα 0-3,8 ppt.⁴ Τα νεαρά άτομα είναι πιο

³ Τα ιχθύδια των 5 έως 7 cm μπορούν να αντέξουν διακύμανση θερμοκρασίας από 4 σε 22°C μέσα σε 2 με 3 ώρες (Shireman and Smith 1983).

⁴ ppt = parts per trillion

ευαίσθητα σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου απ' ότι τα μεγαλύτερα άτομα και η τρωτότητα ποικίλλει ανάλογα την εποχή (Chilton and Muoneke, 1992). Η ανθεκτικότητα σε χαμηλότερα επίπεδα δεσμευμένου οξυγόνου κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι μεγαλύτερη απ' ότι κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Versar, Inc. 1999).

Όσον αφορά την αλατότητα, τόσο τα νεαρά όσο και τα ενήλικα άτομα επιβιώνουν ιδανικά από 11 έως 12 ppt⁵ και το πολύ έως 19 ppt για μικρά χρονικά διαστήματα (Fedorenko and Fraser, 1978). Στον παρακάτω πίνακα (Πιν. 8) φαίνονται οι παράμετροι επιβίωσης του χορτοφάγου κυπρίνου.

Πίνακας 8. Αποδεκτά όρια φυσικοχημικών παραμέτρων νερού για την εκτροφή κυπρίνου. Πηγή: Φώτης & Αγγελίδης, 2003.

ΑΠΟΔΕΚΤΑ ΟΡΙΑ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ ΧΟΡΤΟΦΑΓΟΥ ΚΥΠΡΙΝΟΥ		
		ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Θερμοκρασία	18-24°C	
	16-26°C	ως πιο ευνοϊκή
pH	6,5-8,5	
Οξυγόνο	5-9 mg/l	
	4 mg/l	πολύ επικίνδυνη
Διοξείδιο του άνθρακα	10-20 mg/l	
Αμμωνία (NH₃)	0,02 mg/l	
Αμμώνιο (NH₄)	1 mg/l	
Νιτρώδη (NO₂)	0,2 mg/l	
Νιτρικά (NO₃)	50 mg/l	
Ανόργανα-φωσφορικά	0,6-1 mg/l	
Χλώριο (Cl₂)	0,01-0,03 mg/l	
Σίδηρος (Fe)	0,9 mg/l	
Υδρόθειο (H₂S)	1 mg/l	
Χαλκός (Cu)	0,3 mg/l	
Υδράργυρος (Hg)	0,05 µg/l	
Ψευδάργυρος (Zn)	6,3-2 mg/l	ανάλογα με την

⁵ ppt = parts per trillion

Κάδμιο (Cd)	0,004 mg/l	σκληρότητα του νερού σε μαλακά νερά (<100 mg/l CaCO ₃) σε σκληρά νερά (>100 mg/l CaCO ₃)
	0,012 mg/l	
Νικέλιο (Ni)	0,3 mg/l	
Κοβάλτιο (Co)	0,1 mg/l	
Μαγγάνιο (Mn)	0,1 mg/l	
Μόλυβδος (Pb)	0,1 mg/l	
Αρσενικό (As)	0,001 mg/l	
Πετρέλαιο	0,3 mg/l	
Βενζίνη	0,005 mg/l	
Χρώμιο (Cr)	0,05 mg/l	
Αλουμίνιο (Al)	0,1 mg/l	
Θολότητα	< 25 JTU*	*JTU=Jackson Turbidity Units
Οργανική ύλη (κατανάλωση KMnO₄)	20 mg/l	
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)	30 mg/l	
Βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)	15 mg/l	
Κυανιούχα	0,1 mg/l	
Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB₅)	14 mg/l	
DDT	1 ng/l	
Φαινόλες	6-17 ng/l	
Lindane (V-HCH)	80 ng/l	
Εξαχλωριούχο βενζόλιο	1 ng/l	

4.5.2. Διατροφή χορτοφάγου Κυπρίνου

Ο χορτοφάγος κυπρίνος απαιτεί κυτταρίνη και πρωτεΐνη στη διατροφή του, με την πρωτεΐνη να είναι ιδιαίτερος σημαντική για την ιδανική ανάπτυξη στα νεαρά ψάρια (40-120 g) (Chilton and Muoneke 1992). Παράγοντες όπως η ηλικία, η θερμοκρασία, η διαθεσιμότητα των φυτών, ο όγκος του νερού και η πυκνότητα εκτροφής μπορεί να επηρεάσουν την διατροφική συμπεριφορά του χορτοφάγου

κυπρίνου (Opuszynski and Shireman, 1995). Οι χορτοφάγοι κυπρίνοι τρέφονται κατά γενική ομολογία στην επιφάνεια ή στη μεσαία ζώνη της υδάτινης στήλης (Terrell and Fox, 1985). Διαθέτουν φαρυγγικά δόντια για να τεμαχίσουν την βλάστηση (Hickling, 1966).

Η διατροφή ξεκινά όταν η θερμοκρασία είναι 7-8°C, ενώ πιο έντονη διατροφή συμβαίνει από τους 20°C και πάνω (NatureServe, 2019). Στο φυσικό τους περιβάλλον, σε διάστημα τριών ή τεσσάρων ημερών μετά την εκκόλαψη, τα ατελή ιχθύδια τρέφονται με τροχόζωα και πρωτόζωα, τα οποία δίνουν τη σειρά τους σε κλαδοκερωτά μετά από 11-15 ημέρες. Μετά τις δύο εβδομάδες από την εκκόλαψη, σε μήκη 12-17 mm, οι χορτοφάγοι κυπρίνοι τρέφονται με μεγαλύτερη λεία, όπως *Daphnia* και νύμφες εντόμων (Fedorenko and Fraser 1978, Opuszynski and Shireman 1995). Μετά από τρεις εβδομάδες, εισάγεται στη διατροφή τους περισσότερη φυτική τροφή, όπως νηματοειδή φύκη και μακρόφυτα. Σχεδόν αποκλειστικά με μακρόφυτα τρέφονται μετά τον πρώτο ένα με ενάμισι μήνα μετά την εκκόλαψη (Opuszynski and Shireman 1995). Όσον αφορά τα είδη της υδρόβιας βλάστησης τα οποία καταναλώνουν, οι ενήλικες χορτοφάγοι κυπρίνοι είναι επιλεκτικοί, δείχνοντας προτίμηση στα μαλακά βυθιζόμενα μακρόφυτα (Bain et al. 1990, Pine and Anderson 1991), όπως τα *H. verticillata*, *Chara spp.*, *Najas guadalupensis*, *E. densa*, *Potamogeton spp.*, *C. demersum*, *Myriophyllum spp.* και *Vallisneria* και στα πλωτά μακρόφυτα, όπως τα *Wolffia spp.*, *Lemna spp.*, *Spirodela spp.* και *Azolla caroliniana*. Τα πλωτά και αναδυόμενα φυτά όπως *E. crassipes*, *P. stratiotes*, *Nymphaea spp.* και *Nuphar luteum* είναι λιγότερο επιθυμητά στις διατροφικές του συνήθειες (Sutton and Vandiver, 1995).

Όταν η διαθεσιμότητα των μακρόφυτων είναι χαμηλή, ο ενήλικος χορτοφάγος κυπρίνος μπορεί να καταναλώσει τροφή κι από άλλες πηγές, συμπεριλαμβανομένων διαφόρων υδρόβιων οργανισμών όπως είναι το ζωοπλαγκτόν, τα υδρόβια έντομα, το βένθος και οι καραβίδες (NatureServe, 2019). Γενικά, ο χορτοφάγος κυπρίνος τρέφεται με πάνω από 170 διαφορετικά είδη υδρόβιων φυτών. Οι διαφορές στην προτίμηση της τροφής οφείλονται στο μέγεθος των ψαριών και στη μέση θερμοκρασία του νερού. Μικρότερα σε μέγεθος ψάρια με μικρότερο στόμα, προτιμούν πιο μαλακούς ιστούς των βυθισμένων φυτών και τις ρίζες του υδρόβιου υάκινθου (FAO, 2019). Ο Mitzner (1978) παρατήρησε ότι ο χορτοφάγος κυπρίνος των 380 γραμμαρίων έχει προτίμηση στο *Najas* και το *Potamogeton spp.* Οι χαμηλές

θερμοκρασίες δείχνουν να επηρεάζουν τις διατροφικές προτιμήσεις του χορτοφάγου κυπρίνου. Για παράδειγμα, όταν η θερμοκρασία είναι κάτω από 12-15°C, τους αρέσει να καταναλώνουν πιο μαλακά, χυμώδη είδη βυθισμένων φυτών όπως τα *Elodea spp*, *Hydrilla verticillata*, *Myriophyllum* και *Potamogeton spp*.

Ο χορτοφάγος κυπρίνος στη φύση τρέφεται με μακρόφυτα τόσο υδρόβιας όσο και χερσαίας χλωρίδας. Στα υδροστάσια εκτροφής ο χορτοφάγος κυπρίνος προτιμά το καθαρό ανανεούμενο νερό και διατρέφεται με κομμένα χόρτα, δημητριακά, ρύζι, καλαμποκάλευρο κ.ά. Η ποσότητα των χόρτων που καταναλώνει για τροφή αντιστοιχεί στο 15-20% του σωματικού του βάρους και των δημητριακών στο 2-2,5% (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2012). Κατά τη διάρκεια της νυμφικής φάσης της ζωής τους καταναλώνουν φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν.

Ο ενήλικος χορτοφάγος κυπρίνος μπορεί να κάνει εναλλαγές στην τροφή του όταν δεν βρίσκονται στο περιβάλλον του μακρόφυτα (Tang, 1970). Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν βένθος (Lewis, 1978), ζωοπλαγκτόν κ.ά.

Ο βαθμός αφομοίωσης των φυτών από τον κυπρίνο είναι γενικά λιγότερο από 50% (Cross, 1969) και επηρεάζεται άμεσα από τη θερμοκρασία (Hickling, 1966). Ο Cross (1969) απέδωσε αυτή την αναποτελεσματικότητα, σε μεγάλο βαθμό, στο ασυνήθιστα κοντό σε μήκος έντερο του χορτοφάγου κυπρίνου, το οποίο είναι το ένα πέμπτο του αναμενόμενου μήκους του εντέρου ενός φυτοφάγου ψαριού. Ως αποτέλεσμα, ένα μεγάλο μέρος της μερικώς αφομοιωμένης και κατόπιν αποσυντιθέμενης φυτικής τροφής επιστρέφει στο περιβάλλον ως δυνητική πηγή εμφάνισης ευτροφισμού (Fedorenko and Fraser, 1978).

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται οι προτιμήσεις και η αποτελεσματικότητα που έχει η χρησιμοποίηση του χορτοφάγου κυπρίνου στον έλεγχο ορισμένων ειδών υδρόβιας βλάστησης.

Πίνακας 9. Προτιμήσεις του χορτοφάγου κυπρίνου σε ορισμένα υδρόβια φυτά και αποτελεσματικότητα παροχής ελέγχου της υδρόβιας βλάστησης σε λίμνες και τάφρους. Πηγή: Boman et al. 2002.

ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
Alligatorweed	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	Low	Low
Bladderwort	<i>Utricularia sp.</i>	High	High
Cattail	<i>Typha sp.</i>	Low	Low
Coontail	<i>Ceratophyllum demersum</i>	High	High
Duckweed	<i>Lemna minor</i>	High	Low
Fanwort	<i>Cambomba caroliniana</i>	High	High
Νηματοειδή φύκη	<i>Spirogyra sp., many others</i>	Moderate	Low
Hydrilla	<i>Hydrilla verticellata</i>	High	High
Hygrophila	<i>Hygrophila polysperma</i>	High	Moderate*
Φυκοπλαγκτόν	<i>Many species</i>	Low	Low
Pondweed	<i>Potamogeton sp.</i>	Moderate	Moderate*
Sedges	<i>Cyperus sp.</i>	Low	Low
Smartweed	<i>Polygonum sp.</i>	Low	Low
Southern naiad	<i>Najas guadalupensis</i>	High	High
Spatterdock	<i>Nuphar luteum</i>	Low	Low
Spikerush	<i>Eleocharis sp.</i>	Low	Low

Water primros	<i>Ludwiga sp.</i>	Low	Low
Υδρόβιος υάκινθος	<i>Eichornia crassipes</i>	Low	Low
Watermeal	<i>Wolffia sp.</i>	High	Low
Λευκό νούφαρο	<i>Nymphaea odorata</i>	Low	Low
Willows	<i>Salix sp.</i>	Low	Low

* Προτεινόμενος ρυθμός εισαγωγής ψαριών είναι 20-100 άτομα ανά στρέμμα σε κανάλια, ανάλογα με τον τύπο της προσβολής από υδρόβια βλάστηση

4.5.3. Αναπαραγωγή χορτοφάγου κυπρίνου

Η ηλικία αναπαραγωγής είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας και της ποιότητας διατροφής (Stanley et al. 1978). Στην αναπαραγωγική ωριμότητα το μήκος των χορτοφάγων κυπρίνων κυμαίνεται από 50 έως 86 cm. Τα αρσενικά συνήθως ωριμάζουν ένα χρόνο μετά από τα θηλυκά. Σε περιοχές όπου δεν είναι το φυσικό τους περιβάλλον (Ανατολική Ασία), όπως η Ευρώπη ή οι Η.Π.Α. η ωρίμαση έχει παρατηρηθεί να ξεκινά λίγο αργότερα: μεταξύ 4 και 8 ετών (Fedorenko and Fraser, 1978; Shireman and Smith, 1983; FishBase, 2019; NatureServe, 2019). Σε εύκρατο κλίμα, ο χορτοφάγος κυπρίνος μπορεί να ωοτοκήσει υπό τον ίδιο χρονικό άξονα με τον οποίο θα ωοτοκούσε στο φυσικό του περιβάλλον, ωστόσο οι γονάδες του δεν ωριμάζουν. Αυτό πιθανώς να σχετίζεται με την έλλειψη των απαιτήσεων συνδυασμού διατροφής, φωτοπερίοδου και θερμοκρασίας νερού (Goodchild, 1999). Η θερμοκρασία του νερού για την αναπαραγωγική ωριμότητα και την ωοτοκία κυμαίνεται μεταξύ 15 και 30 °C με ιδανικά όρια τους 20-22 °C, γεγονός που βοήθησε τους Shireman and Smith (1983) να παρατηρήσουν ότι αυτός είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους η ενδημικότητα του είδους έχει μικρό εύρος και είναι δύσκολη η εισαγωγή και αναπαραγωγή του σε πολλές περιοχές εκτός του φυσικού του περιβάλλοντος. Η ταχύτητα ροής του νερού παίζει κι αυτή σημαντικό ρόλο στην

αναπαραγωγική ωριμότητα του χορτοφάγου κυπρίνου. Ρεύμα με ταχύτητες από 0,6 έως 1,5 m/s είναι ιδανικό. Ο χορτοφάγος κυπρίνος, ωστόσο, μπορεί να αναπαραχθεί και σε χαμηλότερες ταχύτητες νερού, όπως 0,2 έως 0,5 m/s και σε λίμνες με στάσιμα νερά (Martino, 1974). Οι περισσότερες περιοχές αναπαραγωγής του χορτοφάγου κυπρίνου βρίσκονται σε νερά με τυρβώδη ροή, σε ποτάμια ή κάτω από φράγματα (Stanley et al. 1978). Λόγω της μεγάλης τυρβώδους ροής στις περιοχές της αναπαραγωγής του χορτοφάγου κυπρίνου, η φυσική του ωοτοκία δεν έχει παρατηρηθεί εκτενώς.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Παρ' όλη την επιτυχημένη πρόοδο στον τομέα της γεωργίας, ο περισσότερο ακαθόριστος και μη δυνάμενος να ελεγχθεί, παράγοντας της γεωργικής παραγωγής είναι οι κλιματικές συνθήκες. Στις περιοχές στις οποίες οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις δεν είναι επαρκείς για να εξασφαλιστεί η απαραίτητη εδαφική υγρασία κατά την περίοδο της ανάπτυξης των φυτών, η άρδευση είναι απολύτως απαραίτητη για την επίτευξη υψηλών σοδειών. Με τον συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό η σημασία των αρδεύσεων είναι σημαντικά υψηλή σε ολόκληρο τον κόσμο. Στην Ελλάδα, όπου το νερό αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την σωστή ανάπτυξη και επέκταση διαφόρων καλλιεργειών, η ορθολογική διαχείριση του νερού, με την εφαρμογή των πορισμάτων της επιστήμης των αρδεύσεων, αποτελεί πολύ σημαντική υπόθεση.

Τα αρδευτικά νερά ποικίλλουν σημαντικά ως προς την σύνθεση και τον βαθμό συμπίκνωσης των διαλυτών αλάτων. Μερικά από τα συστατικά των αρδευτικών νερών είναι επωφελή για τα φυτά, άλλα ευρισκόμενα σε μέτριες ποσότητες έχουν μικρή επίδραση στα φυτά και τα εδάφη, ενώ άλλα βλάπτουν την ανάπτυξη των φυτών ή είναι ακόμη και τοξικά για τα εδάφη.

5.1. Συνθήκες στραγγιστικών τάφρων

Γενικά, το βάθος των στραγγιστικών τάφρων μέσα στα οποία εισάγεται το ψάρι για την αντιμετώπιση της υδροχαρούς βλάστησης είναι ανάμεσα σε 0,7 και 1,5 μέτρα. Ωστόσο, ανάλογα το είδος της καλλιέργειας και του εδάφους υπάρχει ένα άριστο βάθος στραγγίσεως που επιτρέπει την καλή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών και εξασφαλίζει τον καλό αερισμό του εδάφους (Καρακατσούλης, 1985).

Παράλληλα με την ποιότητα του νερού στις στραγγιστικές τάφρους, ενδιαφέρον αποτελεί και η φυσική παραγωγικότητα του εδάφους, η οποία κατορθώνεται με την πρόσφορη λίπανση από τις εκπλύσεις των αρδευόμενων εκτάσεων στις οποίες εφαρμόζεται λίπανση. Η λίπανση γίνεται είτε με οργανικά είτε με ανόργανα λιπάσματα, φυσικά ή τεχνητά. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο εμπλουτισμός των στραγγιστικών τάφρων με θρεπτικά στοιχεία που συμβάλλουν ενίοτε στον ευτροφισμό του συστήματος, ωστόσο μπορεί να έχουν και θετικά αποτελέσματα. Τα

ασβεστούχα λιπάσματα συντελούν στην απολύμανση του εδάφους, στην σταθεροποίηση της τιμής του pH του νερού, στην καθίζηση ουσιών, στη θρέψη των ζωικών οργανισμών και στη νιτροποίηση των αμμωνιακών ενώσεων, τις οποίες μετατρέπουν σε νιτρώδη και στη συνέχεια σε νιτρικά ιόντα. Αυτά αφομοιώνονται εύκολα από το σύνολο των φυτικών οργανισμών για να σχηματίσουν οργανικές ενώσεις που αφορούν κυρίως πρωτεΐνες και διάφορα αμινοξέα. Υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών στα νερά οφείλονται σε λιπάσματα, απορρίμματα και ζωικά ή ανθρώπινα απόβλητα. Τα νιτρικά εισέρχονται στους υδατικούς πόρους είτε με τη διαδικασία της βαθιάς κατείδυσης μέσω της ακόρεστης ζώνης του εδάφους (υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες) είτε με τη βοήθεια της επιφανειακής απορροής που αποστραγγίζει γεωργικές εκτάσεις (Ψυχογιού, 2015). Επιπλέον, η χρήση των φωσφορικών λιπασμάτων στις αρδευόμενες εκτάσεις και η εν συνεχεία κατάληξη ενός μέρους τους στο νερό των στραγγιστικών τάφρων έχει ευεργετικά αποτελέσματα στην παραγωγή των ψαριών, η οποία τις περισσότερες φορές διπλασιάζεται. Τα οργανικά λιπάσματα προσφέρουν άμεση τροφή στη μικροπανίδα, συμβάλλουν στην αύξηση της χλωρίδας και σχηματίζουν ιλύ στην οποία κατακρατούνται πάρα πολλά θρεπτικά συστατικά. Στην κατηγορία των οργανικών λιπασμάτων ανήκουν υλικά φυτικής ή ζωικής προέλευσης όπως κοπριά αγροτικών ζώων, φυτικοί ιστοί, υγρά της κοπριάς, υπολείμματα σφαγείων, αστικά λύματα, ακόμη και μερικά βιομηχανικά απόβλητα (από βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων και τροφών) ύστερα από χημικό και βιολογικό καθαρισμό. Τα οργανικά λιπάσματα, αν και είναι ιδιαίτερα ευεργετικά για τα ψάρια, όταν βρίσκονται σε ένα σύστημα το οποίο χρήζει ήδη αντιμετώπισης της υδρόβιας βλάστησης, δεν έχουν και τόσο θετικά αποτελέσματα. Αυτό συμβαίνει διότι παράγεται αμμωνία, η οποία είναι γνωστή για την τοξική της επίδραση στα ψάρια και επιπλέον, η παρουσία των οργανικών λιπασμάτων στο νερό έχει έντονες επιδράσεις στην ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου του νερού. Ειδικά, κατά τη θερινή περίοδο, όπου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη, παρατηρείται το φαινόμενο του ευτροφισμού με δυσμενείς επιπτώσεις στον ιχθυοπληθυσμό. Η ανεπιθύμητη λίπανση των στραγγιστικών τάφρων από την έκπλυση των αρδευόμενων εκτάσεων στις οποίες εφαρμόζονται λιπάσματα για την ανάπτυξη των φυτών, καθώς και από τα απεκκρίματα της κτηνοτροφίας έχει άμεση σχέση με την υδρόβια βλάστηση, η οποία πρέπει πάντοτε να βρίσκεται υπό έλεγχο. Η καταπολέμηση της υδρόβιας βλάστησης είναι δυνατό να γίνει χημικά, μηχανικά, βιολογικά ή συνδυαστικά. Με την μηχανική μέθοδο θερίζονται τις κατάλληλες χρονικές περιόδους τα ριζωμένα ελόβια και τα

επιπλέοντα φυτά. Η χημική μέθοδος όχι μόνο δεν φέρνει καλά αποτελέσματα αλλά είναι και επικίνδυνη γιατί οι χρησιμοποιούμενες χημικές ουσίες είναι τις περισσότερες φορές βλαβερές για την υγεία της πανίδας και την ανάπτυξη των φυτοζωοπλαγκτονικών οργανισμών. Οι βιολογικές μέθοδοι στηρίζονται στην φυσιολογική αλληλεξάρτηση των οργανισμών μέσα στα κανάλια τροφοδοσίας του νερού και με τις κατάλληλες διαχειρίσεις επιτυγχάνεται σε πολλές περιπτώσεις η ρύθμιση της ανάπτυξης των υδρόφιλων φυτών χωρίς μεγάλο κόστος. Για την στήριξη των βιολογικών μεθόδων προϋπόθεση αποτελεί το ικανοποιητικό βάθος της τάφρου, η δυνατότητα αποξήρανσης και η διευθέτηση της παροχής του νερού μέσα στο κανάλι.

Οι συνθήκες αυτές είναι κατάλληλες για την εκτροφή του χορτοφάγου κυπρίνου, σε βαθμό τέτοιο ώστε το ποσοστό επιτυχίας να είναι το ίδιο εάν εκτρεφόταν εκτατικά ή ημιεντατικά σε αντίστοιχη περιοχή.

5.1.1. Ποιότητα νερού

Η αρδευόμενη γεωργία εξαρτάται άμεσα από τον επαρκή εφοδιασμό νερού που είναι κατάλληλο για χρήση. Ωστόσο, για την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού είναι πρέπει να εξετάζονται παράγοντες όπως η αλατότητα, η τοξικότητα, η διηθητικότητα και διάφορα άλλα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά. Ανάλογα τις χρήσεις για τις οποίες προορίζεται το νερό, τα ποιοτικά όρια διαφέρουν και πιο αποδεκτό θεωρείται εκείνο το οποίο παράγει καλύτερα αποτελέσματα και δημιουργεί λιγότερα προβλήματα. Επειδή υπάρχουν αρκετές αναφορές και διάφορα πειραματικά δεδομένα, έχουν δημιουργηθεί ορισμένοι δείκτες που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού. Αυτοί οι δείκτες συνιστούν τους οδηγούς με βάση τους οποίους γίνεται η αξιολόγηση για την καταλληλότητα του νερού για την εκάστοτε χρήση. Τα νερά είναι φορείς μικροοργανισμών όπως μύκητες, βακτήρια, πρωτόζωα, ιοί και άλλα, που είναι υπεύθυνοι για πολλές ασθένειες που μεταδίδονται μέσω των νερών αλλά και για την οσμή και τη γεύση του πόσιμου νερού, τη διάβρωση των μετάλλων και του σκυροδέματος καθώς επίσης και για τον ευτροφισμό των υδάτινων οικοσυστημάτων (Ψυχογιού, 2015). Η ποιότητα του νερού μέσα στα αρδευτικά κανάλια και τις στραγγιστικές τάφρους, είναι, επομένως, υψίστης σημασίας για την αξιολόγηση της εισαγωγής ή όχι, των χορτοφάγων κυπρίνων και του κατά πόσο καθίσταται εφικτή η επιβίωσή τους μέσα σε αυτά, πόσο μάλλον το

κατά πόσο προάγεται και διευκολύνεται ο σκοπός εισαγωγής τους για την απομάκρυνση της υδρόβιας βλάστησης.

Διαλυμένα άλατα υπάρχουν ούτως ή άλλως στο νερό άρδευσης, σε μικρές αλλά σημαντικές ποσότητες και προέρχονται κυρίως από τη διάβρωση των πετρωμάτων και των ορυκτών του εδάφους, όπως η άσβεστος, η γύψος και άλλα εδαφικά ορυκτά αργής διάλυσης. Αυτά τα άλατα μεταφέρονται μέσω του νερού σε οποιοδήποτε σημείο εφαρμογής του και στην περίπτωση της άρδευσης, τα άλατα είτε παραμένουν στο αρδευόμενο έδαφος καθώς το νερό εξατμίζεται, είτε αξιοποιούνται από τα φυτά. Η καταλληλότητα του νερού άρδευσης καθορίζεται όχι μόνο από την ολική περιεκτικότητα των αλάτων αλλά και από το είδος τους. Όταν το ολικό περιεχόμενο των αλάτων αυξάνεται και το νερό χρησιμοποιείται για μακρά περίοδο, εμφανίζεται πτώση της απόδοσης της καλλιέργειας και τότε είναι απαραίτητη η λήψη διαχειριστικών μέτρων ώστε να επανέλθει το σύστημα στις βέλτιστες για αυτό συνθήκες (FAO, 1995).

Μετά την άρδευση, το άμεσα διαθέσιμο νερό βρίσκεται στην ανώτερη ριζική ζώνη, μια περιοχή με χαμηλή αλατότητα. Καθώς το νερό χρησιμοποιείται από τα φυτά, η ανώτερη ριζική ζώνη στερεύει και οι ρίζες των φυτών απορροφούν πλέον νερό από τα βαθύτερα τμήματα, τα οποία έχουν συνήθως μεγαλύτερη περιεκτικότητα αλάτων. Επομένως, είναι σημαντικό, η άρδευση να λαμβάνει χώρα σε κατάλληλη στιγμή. Επίσης, για τις καλλιέργειες που αρδεύονται σπανίως και που συνήθως χρησιμοποιούνται επιφανειακές μέθοδοι, είναι φυσιολογικό η απόδοση της καλλιέργειας να εξαρτάται από την μέση αλατότητα της ριζικής ζώνης. Επομένως, ο έλεγχος του αβαθούς υδροφόρου ορίζοντα είναι απαραίτητος για τον έλεγχο της αλατότητας και για μία επιτυχή μακροχρόνια αρδευόμενη γεωργία. Το υψηλό σε περιεκτικότητα αλάτων νερό απαιτεί επιπλέον νερό για έκπλυση, γεγονός που καθιστά τη μακροχρόνια αρδευόμενη γεωργία σχεδόν ακατόρθωτη χωρίς επαρκή αποστράγγιση. Τα επίπεδα της αλατότητας για να χρησιμοποιηθεί άφοβα το νερό άρδευσης πρέπει να είναι $EC_w < 0,7$ dS/m ή $TDS < 450$ mg/l. Τα ανεκτά όρια της αλατότητας του νερού στα κανάλια άρδευσης και αποστράγγισης για τον χορτοφάγο κυπρίνο κυμαίνονται από 11 έως 12 ppt και μέχρι 19 ppt για μικρές χρονικές περιόδους (Fedorenko & Fraser, 1978). Επομένως το νερό που κυλάει μέσα στα συστήματα άρδευσης και αποστράγγισης, αφού πληροί τις προϋποθέσεις και είναι

εντός των παραμέτρων χρησιμοποίησής του για άρδευση στις φυτικές καλλιέργειες, είναι κατάλληλο και για την εισαγωγή των χορτοφάγων κυπρίνων.

Ο βαθμός διήθησης του νερού στο έδαφος είναι εξίσου σημαντικός για την βέλτιστη αποδοτικότητα της καλλιέργειας, διότι επηρεάζει την απορροφητικότητα του νερού από το φυτό. Όταν ο βαθμός διήθησης είναι μικρός, το νερό παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους περισσότερο απ' ότι χρειάζεται και διηθείται με πολύ αργούς ρυθμούς στους πόρους του εδάφους για να εφοδιαστεί το φυτό με επαρκές νερό. Οι δύο πιο κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τον φυσιολογικό ρυθμό διήθησης είναι η αλατότητα και η περιεκτικότητα του νατρίου σε σχέση με την περιεκτικότητα ασβεστίου και μαγνησίου (FAO, 1995). Νερό υψηλής περιεκτικότητας σε άλατα αυξάνει το βαθμό διήθησης, ενώ νερό χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα ή νερό με υψηλή αναλογία νατρίου/ασβεστίου μειώνει το βαθμό διηθητικότητας. Δευτερεύοντες παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν τη διηθητικότητα, όπως η εκτεταμένη άρδευση, η υπερβολική βλάστηση κ.ά. Για τα επιτρεπόμενα όρια του βαθμού διηθητικότητας υπολογίζεται ο δείκτης SAR και η διηλεκτρική σταθερά EC_w , όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πιν. 10):

Πίνακας 10. Επιτρεπόμενα όρια χρησιμοποίησης νερού για άρδευση Πηγή: (FAO, 1995)

ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ					
SAR	0-3 3-6 6-12 12-20 20-40	EC_w	Επιτρέπεται	Μέτρια	Απαγορεύεται
			>0,7	0,7-0,2	<0,2
			>1,2	1,2-0,3	<0,3
			>1,9	1,9-0,5	<0,5
			>2,9	2,9-1,3	<1,3
			>5	5-2,9	<2,9

Προβλήματα τοξικότητας προκύπτουν εάν ορισμένα ιόντα του εδάφους ή του νερού προσληφθούν από τα φυτά και υπάρχουν σε ποσότητες τέτοιες ώστε να προκαλέσουν καταστροφή της καλλιέργειας ή να μειώσουν την αποδοτικότητά της. Ο βαθμός της ζημιάς που συμβαίνει εξαρτάται και από την ευαισθησία της καλλιέργειας. Τα πιο σημαντικά ιόντα που είναι υπεύθυνα για την τοξικότητα των καλλιεργειών είναι του Χλωρίου, του Νατρίου και του Βορίου. Αν και τα προβλήματα τοξικότητας μπορεί να εμφανιστούν ακόμη και όταν αυτά τα ιόντα βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, η τοξικότητα συνοδεύεται συχνά και περιπλέκεται στο πρόβλημα αλατότητας ή διηθητικότητας. Τα δυνητικά τοξικά ιόντα προσλαμβάνονται από το φυτό μέσω του νερού που απορροφάται από τις ρίζες. Τα απορροφημένα ιόντα μεταφέρονται στα φύλλα όπου συσσωρεύονται κατά τη διαδικασία της διαπνοής, λόγω του ότι συσσωρεύονται στο μέγιστο βαθμό στις περιοχές όπου η έλλειψη νερού είναι μεγαλύτερη (συνήθως οι άκρες των φύλλων) (FAO, 1995). Η συσσώρευση σε τοξικές συγκεντρώσεις απαιτεί χρόνο και με γυμνό μάτι είναι δύσκολο να παρατηρηθεί. Σε ένα ζεστό κλίμα ή μία ζεστή εποχή της χρονιάς, η συσσώρευση είναι ταχύτερη, επομένως στην Ελλάδα, όπου το κλίμα είναι θερμό και πολλές καλλιέργειες λαμβάνουν χώρα κατά τους θερινούς μήνες, η τοξικότητα είναι εύκολο να συμβεί.

Πίνακας 11. Βαθμός απαγόρευσης χρήσης νερού με βάση τα ιόντα τοξικότητας. Πηγή: FAO, 1995.

ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΑΓΟΡΕΥΣΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ				
		Επιτρέπεται	Μέτρια	Απαγορεύεται
Νάτριο (Na) (mg/l)	Επιφανειακή άρδευση	<3	3-9	>9
	Άρδευση με καταιονισμό	<3	>3	
Χλώριο (Cl) (mg/l)	Επιφανειακή άρδευση	<4	4-10	>10
	Άρδευση με καταιονισμό	<3	>3	
Βόριο (B) (mg/l)		<0.7	0.7-3	>3

Όσον αφορά τα ανεκτά επίπεδα νατρίου και χλωρίου, ο χορτοφάγος κυπρίνος μπορεί να επιβιώσει σε επίπεδα έως 0,01-0,03 mg/l, επομένως με βάση τον Πίνακα 11, όπου το νερό που είναι κατάλληλο για άρδευση θα πρέπει να περιέχει κάτω από 3 και 4 mg/l Na και Cl αντίστοιχα, είναι κατάλληλο και για την εισαγωγή του χορτοφάγου κυπρίνου για τον καθαρισμό των αρδευτικών και στραγγιστικών διωρύγων.

Αρκετά άλλα καλλιεργητικά προβλήματα σχετίζονται με την ποιότητα του νερού άρδευσης, όπως οι υψηλές συγκεντρώσεις αζώτου στο νερό⁶, που μπορούν να προκαλέσουν υπερβολική φυτική ανάπτυξη και αργή ωρίμανση στην καλλιέργεια και διάφορες ανωμαλίες που συχνά συνδέονται με το pH του νερού, το οποίο θα πρέπει να κυμαίνεται ανάμεσα σε 6,5 και 8,4. Η αμμωνία και τα νιτρώδη του νερού εκτροφής για τον χορτοφάγο κυπρίνο έχουν μεγάλη βιολογική σημασία και δεν πρέπει να παραβλέπονται. Τόσο η μη ιονισμένη μορφή της αμμωνίας (NH₃) όσο και τα νιτρώδη (NO₂) μπορούν να έχουν αρνητική επίδραση στους ιχθείς και να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό τη φυσιολογία και την ανάπτυξή τους (Παπουτσόγλου, 1985).

Στο φυσικό περιβάλλον, τα αιωρούμενα σωματίδια προέρχονται από τη διάβρωση των εδαφών και πετρωμάτων, την επαναιώρηση των ιζημάτων του πυθμένα, ρεόντων κυρίως υδάτων και λιμνών και φυσικά από τις δραστηριότητες του ανθρώπου (ρήψη αποβλήτων, διάφορες τεχνικές αλιείας, υλοτομικές δραστηριότητες σε παράκτιες ή παρόχθιες περιοχές κ.ά.) (Καρακατσούλη, 2000). Έχει βρεθεί ότι αυξημένες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία είναι πυριτικά άλατα, πηλώδη υλικά, ιλύς, άμμος ή προέρχονται από καταστάσεις υπετροφισμού, μπορεί να προκαλέσουν συνθήκες πλημμελούς ανταλλαγής αερίων και ουσιών ή ακόμη και ιστολογικές αλλοιώσεις στην επιφάνεια των βραγχίων, να οδηγήσουν σε μειωμένη ανάπτυξη και αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας (Καρακατσούλη, 2000). Τα αυξημένα επίπεδα οργανικής προελεύσεως αιωρούμενων σωματιδίων στο νερό εκτροφής μπορεί, μάλλον ευχερώς, να επέμβουν στην ομοιοστασία των εκτρεφόμενων ιχθύων προκαλώντας μεταβολές σε βασικές λειτουργίες του οργανισμού τους, επιβαρύνοντας την αναπνευστική τους ικανότητα διαταράσσοντας την ανταλλαγή και μεταφορά των

⁶Τα επίπεδα του αζώτου, των νιτρωδών και των αμμωνιακών είναι επιτρεπτά όταν δεν ξεπερνούν τα 5 mg/l, μετρίως επιτρεπόμενα όταν είναι ανάμεσα σε 5 και 30 mg/l και απαγορευτικά όταν είναι >30 mg/l.

αερίων, διαταράσσουν την οξεοβασική, ιοντική και ωσμωτική ισορροπία, διαταράσσουν την ορθή λειτουργία του ήπατος και το διάμεσο μεταβολισμό και μειώνουν την ανάπτυξη των ιχθύων (Καρακατσούλη, 2000).

Ένα ιδιαίτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν ορισμένοι αγρότες είναι η φθορά του εξοπλισμού άρδευσης λόγω της διάβρωσης από το νερό. Αυτό το πρόβλημα είναι σοβαρότερο σε φρεάτια και αντλίες, ωστόσο ένα νερό κακής ποιότητας μπορεί επίσης να βλάψει τον εξοπλισμό άρδευσης και τα κανάλια. Ένα άλλο συχνό πρόβλημα είναι τα ιζήματα, τα οποία τείνουν να γεμίζουν τα κανάλια και τα χαντάκια και να προκαλούν δαπανηρά προβλήματα συντήρησης. Σε νερό το οποίο προορίζεται για άρδευση στην Ελλάδα⁷, μετρήθηκαν, σύμφωνα με τον FAO (1981a; 1972c) κάποια φυσικοχημικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πιν. 12):

Πίνακας 12. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά νερού άρδευσης σε περιοχές της Ελλάδας. Πηγή: Ayers and Westcot, 1985.

ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ECw (dS/m)	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	SAR*	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ
			(meq/l)								
(1) Ποταμιά, Μολαοί	0.92	7.2	6.3	3.2	1	0	1	1.1	8.4	0.4	FAO, 1981a
(2) Ε-1, Ελαία, Μολαοί	1.18	8	5.7	3.3	3.4		4.2	2.2	6	1.6	FAO, 1981a
(3) 0B-1, Μολαοί	0.42	7.9	2.3	2	0.3		0.3	0.1	4.2	0.2	FAO, 1981a
(4) Ε-81, Ελαία	3.1	7.9	4.3	6.2	17		21.5	3.2	2.8	7.4	FAO, 1981a
(5) Υπόγεια νερά Τυμπάκι, Μεσσαρά	0.69	8.4	2	2.9	2.1		2.4	2.2	2.6	1.3	FAO, 1972c
(6) Υπόγεια νερά, Μοίρες, Μεσσαρά	0.83	8.1	3.9	2.7	2.4		2.6	3.1	2.5	1.3	FAO, 1972c
(7) Υπόγεια νερά Προτόρια, Μεσσαρά	0.46	8.1	1.9	1.2	1.5		1.5	0.4	2.7	1.2	FAO, 1972c

*Οι τιμές υπολογίστηκαν από δεδομένα που υπάρχουν στο κείμενο.

⁷ Σε περιοχές της Ελλάδας όπως η Λακωνία και το Ηράκλειο Κρήτης. Πιο συγκεκριμένα: Λακωνία: Ποταμιά (Μολαοί), Ελαία (Μολαοί) και Ηράκλειο Κρήτης: Τυμπάκι, Μοίρες, Προτόρια (Μεσσαρά).

Μόνο στην περιοχή των Ελαιών, στο δειγματοληπτικό σημείο E-81 το νερό άρδευσης απαγορεύεται να χρησιμοποιηθεί, καθώς έχει νάτριο 17 meq/l και χλώριο 21,5 meq/l.

Ένας άλλος παράγοντας που παίζει ρόλο στην ποιότητα του νερού άρδευσης μέσα στα αρδευτικά κανάλια είναι η ύπαρξη μεγαλύτερης ροής απ' ότι στις στραγγιστικές τάφρους και αυτός είναι ένας λόγος για τον οποίο τα αρδευτικά κανάλια χαρακτηρίζονται γενικά από καθαρότερα νερά απ' ότι οι στραγγιστικές τάφροι, στις οποίες το νερό είναι στάσιμο. Ωστόσο, ο χορτοφάγος κυπρίνος αναπαράγεται ευκολότερα σε νερά με τυρβώδη ροή. Η αναπαραγωγή, βέβαια του χορτοφάγου κυπρίνου δεν συμβάλλει άμεσα στην υποβοήθηση του καθαρισμού των αρδευτικών και στραγγιστικών καναλιών από την υδρόβια βλάστηση. Ο χορτοφάγος κυπρίνος πρέπει να εισάγεται στο σύστημα σε συγκεκριμένο αριθμό ατόμων, ανάλογα με την υπάρχουσα βλάστηση, τον όγκο του νερού του καναλιού κ.ά. Επομένως, η αναπαραγωγή θα πρέπει να καταστέλλεται και αυτό επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση πολυπλοειδών χορτοφάγων κυπρίνων με ένα επιπλέον ζευγάρι χρωμοσωμάτων από τα κανονικά, το οποίο εξασφαλίζει τη στειρότητα του χορτοφάγου κυπρίνου για την αποφυγή της ανεξέλεγκτης αναπαραγωγής του, τόσο μεταξύ του είδους όσο και με άλλα είδη.

5.2. Βλάστηση

Το είδος της βλάστησης που φυτρώνει σε κάθε σύστημα εξαρτάται από το υλικό κατασκευής του. Για παράδειγμα, τα χωμάτινα αναχώματα και οι χωμάτινοι πυθμένες ευνοούν την ανάπτυξη των φυτών διότι τους δίνουν τη δυνατότητα να ριζώσουν. Αντίθετα, τα τσιμεντένια (από σκυρόδεμα) υδραυλικά έργα δεν αφήνουν το περιθώριο ανάπτυξης φυτών, επομένως η υδρόβια βλάστηση περιορίζεται σε φύκη, βρύα και σε βυθισμένα φυτά χωρίς ρίζες.

Η ταχύτητα του νερού, η οποία ισούται με $V=Q/A$, αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης της υδροχαρούς βλάστησης μέσα σε ένα αρδευτικό ή ένα στραγγιστικό κανάλι. Αυτό συμβαίνει, διότι εάν το νερό κινείται αργά, το ίζημα που μεταφέρεται με το ρεύμα μπορεί να καθιζάνει και να προκαλέσει ανύψωση της επιφάνειας του νερού και να μειώσει τη χωρητικότητα του καναλιού. Από την άλλη,

εάν το νερό κινείται γρήγορα μπορεί να διαβρώσει το ίδιο το κανάλι (αν το κανάλι έχει χωμάτινα τοιχώματα). Για τα κανάλια που δεν έχουν χωμάτινα τοιχώματα, η ταχύτητα του νερού δεν παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, εκτός από τις συνέπειες που έχει στην ανάπτυξη φυτών. Γενικά, οι μέσες ταχύτητες των 0,6-0,9 m/s είναι κατάλληλες για κανάλια με μη-χωμάτινα τοιχώματα, ενώ παράλληλα, ταχύτητες μεγαλύτερες των 0,8 m/s αποτρέπουν την ανάπτυξη υδροχαρούς βλάστησης στο κανάλι. Ένας λόγος που είναι σημαντική η αποτροπή της ανάπτυξης της βλάστησης μέσα στα κανάλια είναι η μείωση της φέρουσας ικανότητας του συστήματος και η αύξηση του κόστους συντήρησής τους (Ghazaw, 2012). Στα αρδευτικά και στραγγιστικά δίκτυα οι ταχύτητες ροής είναι εξαιρετικά μικρές για να αποφεύγεται η διάβρωση, ωστόσο αυτό συχνά δημιουργεί στάσιμα νερά και επομένως, προάγει την ανάπτυξη της βλάστησης. Ειδικά στις περιοχές με μεγάλες θερμοκρασίες, η ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης ευνοείται σημαντικά (FAO, 2019).

5.2.1. Είδος βλάστησης

Μέσα στις στραγγιστικές τάφρους φυτρώνουν κυρίως φυτά λόγω της αύξησης των θρεπτικών, γεγονός που οφείλεται στη χρήση λιπασμάτων και χημικών τα οποία ξεπλένονται από τις αρδευόμενες εκτάσεις και επιστρέφουν στα στραγγιστικά δίκτυα (Williams, 1980). Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται, ενδεικτικά τα φυτά που βρίσκονται σε τέτοια συστήματα (Schuster, 1952) (Πίν. 13):

Πίνακας 13. Είδη υδρόβιων φυτών που βρίσκονται σε αρδευτικά και στραγγιστικά κανάλια (FAO, 2019).

ΒΥΘΙΣΜΕΝΑ ΦΥΤΑ	ΠΛΩΤΑ ΦΥΤΑ	ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΑ ΦΥΤΑ
Algae sp.	Lemna	Typha
Myriophyllum	Azolla	Phragmites
Ceratophyllum	Hydrocharis	Carex
Naja	Salvinia	Scirpus
Hydrilla	Riccia	Cyperus
Elodea	Pistia	Acorus
Brasenia	Eichhornia	Eleocharis
Vallisneria		Limnocharis
Limnophyla		Glyceria
Utricularia		Sagittaria
Potamogeton		Pontederia
Ranunculus		Ludwigia

Polygonum		Persicaria
Sphagnum		Nymphaea
		Marsilia
		Jussiaea
		Ipomoea
		Nasturtium

5.3. Χρησιμοποίηση ψαριών

Η προοπτική των φυτοφάγων κυπρίνων ως βιολογικά μέσα ελέγχου της υδρόβιας βλάστησης έχει αποκτήσει μεγαλύτερο ενδιαφέρον απ' ότι η καταλληλότητά του ως εκτρεφόμενο είδος. Ο ευτροφισμός, ως συνέπεια της θερμικής και χημικής ρύπανσης, έχει εντείνει σε πολλές περιοχές το πρόβλημα με τα υδρόβια μακρόφυτα (Krupauer 1968, Liepolt and Weber 1969, Verigin 1979). Η εισαγωγή ανταγωνιστικών φυτικών ξενικών ειδών, όπως το *Hydrilla verticillata*, συμβάλλει στην κατάσταση αυτή (Miley et al. 1979). Ο Bailey (1972), οι Níkolsky και Aliev (1974), ο Aliev (1976), οι Beach et al. (1976), ο Rottmann (1977) και πολλοί άλλοι έχουν ασχοληθεί με τις συντριπτικές επιδράσεις που έχει η υπέρμετρη αύξηση των μακρόφυτων στη μεταφορά του νερού μέσα στα στραγγιστικά δίκτυα, στην παραγωγικότητα του συστήματος, στα παρασιτικά νοσήματα και σε άλλες ιδιότητες των υδάτινων σωμάτων. Σε πολλές περιπτώσεις, ο χορτοφάγος κυπρίνος έχει προσφέρει μία εναλλακτική για τον έλεγχο των υδρόβιων μακρόφυτων η οποία έλκει το ενδιαφέρον σε σύγκριση με την μηχανική απομάκρυνση, τις χημικές εφαρμογές ή άλλους βιολογικούς τρόπους. Ο έλεγχος της υδροχαρούς βλάστησης με την βοήθεια του χορτοφάγου κυπρίνου είναι, συνήθως, πιο οικονομικός και έχει μεγαλύτερη διάρκεια από άλλες μεθόδους (Aliev, 1963; Decell, 1975; Aliev, 1976; Rottmann, 1977; Miley et al., 1979; van Zon, 1979). Τα ζιζανιοκτόνα εξολοθρεύουν τα μακρόφυτα γρήγορα και έτσι, επιστρέφονται όλα τα θρεπτικά στοιχεία στο νερό για να αναπτυχθεί βλάστηση αργότερα και μπορεί να έχουν μη-εξακριβωμένες μακροπρόθεσμες τοξικές συνέπειες στην πανίδα και τη χλωρίδα της περιοχής (Opuszynski 1972, 1979; Provine 1975; Guillory 1979; van Zon 1979). Οι Hestand και Carter (1978) παρατήρησαν ότι η χρήση χημικών τροφοδοτούσε την άνθιση του φυτοπλαγκτόν, ενώ με τον χορτοφάγο κυπρίνο όχι. Ο σχετικά αργός ρυθμός απομάκρυνσης των μακρόφυτων από τον χορτοφάγο κυπρίνο, όχι μόνο αποτρέπει την

απότομη εισροή θρεπτικών στο σύστημα, αλλά τα μετατρέπει σε εδώδιμες πρωτεΐνες (Bailey, 1972; Miley et al., 1979). Επιπλέον, ο χορτοφάγος κυπρίνος (*Ctenopharyngodon idella*) καταφέρνει να καταναλώσει πολύ μεγάλες ποσότητες υδρόβιας βλάστησης μέσα στο υδάτινο οικοσύστημα που χρήζει καθαρισμού. Με το φυτοφάγο αυτό ψάρι (20-40 άτομα/στρέμμα), ανάλογα με την περίπτωση ελέγχεται η υδρόβια βλάστηση, ενώ με το φυτοπλακτονοφάγο ψάρι *Hypophthalmichthys molitrix* (Ασημοκυπρίνος) ελέγχεται το φυτοπλακτόν. Γενικά, όμως στη βιβλιογραφία χρησιμοποιείται εκτενέστερα ο χορτοφάγος κυπρίνος, λόγω των διατροφικών του προτιμήσεων αλλά και του ρυθμού κατανάλωσης των φυτών.

Ένα ζήτημα με την χρησιμοποίηση του χορτοφάγου κυπρίνου για την αντιμετώπιση της υποκείμενης βλάστησης μέσα στις αρδευτικές και στραγγιστικές διώρυγες είναι η ανεξέλεγκτη αναπαραγωγή των ψαριών μεταξύ τους. Εκτός από το ενδεχόμενο αναπαραγωγής με άλλα τοπικά είδη ιχθύων, συνυπάρχει και το πρόβλημα της αύξησης της ιχθυοπυκνότητας. Η διατάραξη της ισορροπίας της ποσότητας των ψαριών ανά στρέμμα μέσα σε ένα υδάτινο σώμα, μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες στην αντιμετώπιση της βλάστησης. Περισσότερα άτομα απαιτούν περισσότερο οξυγόνο και έχουν περισσότερες απεκκρίσεις, επομένως είναι ευκολότερο να δημιουργηθεί το φαινόμενο του ευτροφισμού. Για να διατηρηθεί σταθερή η ποσότητα των ατόμων μέσα στο υδάτινο σώμα, πλέον χρησιμοποιούνται πολυπλοειδή ψάρια, τα οποία φέρουν ένα επιπλέον ζεύγος χρωμοσωμάτων που τα καθιστά αναπαραγωγικά ανίκανα. Οι στείροι, τριπλοειδείς χορτοφάγοι κυπρίνοι είναι πιο αποτελεσματικοί στην αντιμετώπιση και τον έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης καθώς μπορούν να καταναλώσουν, καθημερινά, ποσότητα φυτών μεγαλύτερη του βάρους τους (Chilton & Muoneke, 1992). Κάθε 4-5 έτη είναι αναγκαίο να επανεισάγονται στο υδάτινο σώμα καινούρια ψάρια, προκειμένου να καλύπτονται οι απώλειες που οφείλονται σε διάφορους λόγους (π.χ. θήρευση κ.ά.) ώστε να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη απόδοση καθαρισμού της υδροχαρούς βλάστησης. Συνιστάται η εισαγωγή 25 ατόμων (25 cm μήκους) ανά εκτάριο έκτασης νερού (Agriculture Research Division, 2010).

Ο φυσιολογικός χορτοφάγος κυπρίνος είναι διπλοειδής (2N) με συνολικό αριθμό χρωμοσωμάτων 48. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980, οι έρευνες που αφορούσαν τον χορτοφάγο κυπρίνο κατέληξαν στην παραγωγή ενός στείρου, τριπλοειδούς (3N) χορτοφάγου κυπρίνου, ο οποίος έχει ένα επιπλέον ζευγάρι χρωμοσωμάτων (με συνολικό αριθμό 72 χρωμοσώματα). Οι δυνατότητες των

τριπλοειδών ιχθύων, όσον αφορά την καταπολέμηση της υδρόβιας βλάστησης είναι οι ίδιες με αυτές των διπλοειδών ιχθύων, με την μόνη διαφορά το επιπλέον ζευγάρι χρωμοσωμάτων, το οποίο καθιστά τον χορτοφάγο κυπρίνο στείρο. Αυτή η ιδιαιτερότητα καθιστά δυνατό τον έλεγχο της αναπαραγωγής των ιχθύων τόσο μεταξύ τους, όσο και με άλλα ψάρια που πιθανώς να βρίσκονται στο ίδιο υδάτινο οικοσύστημα, διατηρώντας έτσι σταθερό τον αριθμό των ιχθύων. Είναι σημαντικό να μη διαταράσσεται ανεξέλεγκτα ο αριθμός των ψαριών μέσα στο υδάτινο οικοσύστημα διότι η φέρουσα ικανότητα είναι συγκεκριμένη και ο συνδυασμός των φυτών και των ψαριών που χρησιμοποιούν το δεσμευμένο οξυγόνο μπορεί να επιφέρει δυσάρεστα αποτελέσματα. Ο χορτοφάγος κυπρίνος μπορεί να χρησιμοποιήσει και να πέψει περίπου τη μισή ποσότητα του φυτικού υλικού που καταναλώνει. Η άλλη μισή, μεταβολίζεται μερικώς από το έντερο και κυρίως κατακερματίζεται (Píraloná, 2006). Ο Hickling (1966) ανέφερε ότι αφομοιώνεται περίπου το 43 με 47% του αζώτου, με βάση πειράματα που έγιναν σε κυπρίνο που τρεφόταν με το υδρόβιο φυτό *Enhydrias angustipeala* και φύλλα ταπιόκας (*Manihot utilissima*). Ο Hajra (1987) ανέφερε ότι οι απεκκρίσεις αζώτου από την κόπρο αντιπροσωπεύουν το 24% με 27% της ημερήσιας μέσης πρόσληψης αζώτου για μικρά και μεγάλα ψάρια όταν τρέφονταν αποκλειστικά με *Ceratophyllum demersum*. Ενώ, θεωρητικά, η απελευθέρωση θρεπτικών ουσιών μπορεί να επιταχύνει τον ευτροφισμό των υδάτων (Hansson et al., 1987), δεν έχει αποδειχθεί στην πράξη. Επιπλέον, τα στείρα, τριπλοειδή ψάρια είναι πιο αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση και τον έλεγχο των βυθισμένων φυτών, είναι αυστηρά φυτοφάγα και απαιτούν επαναληπτική εισαγωγή στο σύστημα κάθε 4 με 5 χρόνια. Η αποτελεσματικότητα του ελέγχου της υδρόβιας βλάστησης με τη βοήθεια του χορτοφάγου κυπρίνου εξαρτάται από την θερμοκρασία του νερού, την σύνθεση και το συνδυασμό των φυτών, το ατομικό βάρος των ψαριών και την ιχθυοπυκνότητα. Η ανθρώπινη συνεισφορά στην επίλυση του προβλήματος της υπεραύξησης των υδρόβιων φυτών στα υδάτινα οικοσυστήματα έγκειται στον έλεγχο της πυκνότητας των ψαριών, η οποία σύμφωνα με το Agriculture Research Division (2010) συνιστάται να είναι του ύψους των 25 ατόμων (μήκους 25 cm) ανά στρέμμα νερού.

Η χρησιμοποίηση του χορτοφάγου κυπρίνου για τον έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης έχει το επιπλέον πλεονέκτημα ότι ενδυναμώνει τους πληθυσμούς των ενδημικών ψαριών, με την αύξηση του βαθμού ανακύκλωσης των θρεπτικών στο

σύστημα (Van Zon, 1984; FAO, 1991). Ο τριπλοειδής χορτοφάγος κυπρίνος μπορεί να ζήσει για πολλά χρόνια (σε μερικές περιπτώσεις, πάνω από 20 έτη). Η ικανότητά τους αυτή τους προσάπτει το σημαντικό οικονομικό πλεονέκτημα που παρουσιάζουν, έναντι των ζιζανιοκτόνων. [7] Γενικά, από οικονομικής απόψεως έχειδειχθεί ότι ο βιολογικός έλεγχος της βλάστησης είναι πολύ πιο οικονομικός από τις άλλες μεθόδους.

5.3.1. Οικονομικότητα

Ο μηχανικός έλεγχος απαιτεί ακριβό εξοπλισμό, ο οποίος χρειάζεται και μία συντήρηση. Επιπλέον, θα πρέπει να μισθώνεται άτομο για να τον λειτουργήσει, επομένως τα έξοδα της χρησιμοποίησης του μηχανικού ελέγχου αυξάνονται. Ο χημικός, από την άλλη, έχει τοξική επίδραση στην πανίδα και έχει δυνητικά αρνητική επίδραση και στον ίδιο τον άνθρωπο. Η οικονομική ανάλυση που έγινε για τα Αιγυπτιακά κανάλια άρδευσης και στράγγισης έδειξε ότι ο βιολογικός τρόπος αντιμετώπισης της υδρόβιας βλάστησης ήταν σημαντικά φθηνότερος από τις συμβατικές μεθόδους χημικού και μηχανικού ελέγχου. Ο χημικός και μηχανικός έλεγχος τείνουν να δημιουργούν μία μετατόπιση της βλάστησης στα είδη που είναι λιγότερο ανθεκτικά στις χημικές ουσίες. Αυτό θα μπορούσε να δημιουργήσει ακόμη περισσότερα έξοδα στον έλεγχο της υδρόβιας χλωρίδας και σίγουρα απαιτεί καλύτερο και μακροπρόθεσμο σχεδιασμό (Van der Bleik et al. 1982). Η χρησιμοποίηση του χορτοφάγου κυπρίνου δεν εμφανίζει αυτό το φαινόμενο, γι' αυτό είναι πιο αποτελεσματικός στον ολοκληρωμένο έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης.

Έχει βρεθεί ότι τα έξοδα για τον χημικό έλεγχο στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής είναι κατά πολλές φορές περισσότερα απ' ό τι για την χρησιμοποίηση του χορτοφάγου κυπρίνου. Στην Φλόριντα, εκτιμάται ότι για 15.000 εκτάρια με το είδος *Hydrilla spp.* αντιμετωπίστηκαν με χημικές ουσίες, ένα κόστος που ξεπέρασε τα \$9 εκ., ενώ για την ίδια έκταση εάν εισάγονταν 35 χορτοφάγοι κυπρίνοι/εκτάριο θα κόστιζε \$1,7 εκ. (Haller, 1979). Επίσης, στην Καλιφόρνια το κόστος χρησιμοποίησης για την διατήρηση των καναλιών χωρίς βλάστηση εκτιμάται γύρω στις \$150.000 ετησίως, ενώ με την εισαγωγή του χορτοφάγου κυπρίνου στα κανάλια το κόστος αυτό έπεσε στα \$15.000 ετησίως. Τέλος, πέρα από τα οικονομικά οφέλη που παρουσιάζει η

χρησιμοποίηση του χορτοφάγου κυπρίνου, αποτελεί και περισσότερο μακροπρόθεσμο μέτρο (Fish Farming International, 1988).

Πίνακας 14. Εκτιμώμενα κόστη των μεθόδων αντιμετώπισης της υδρόβιας βλάστησης σε αρδευτικά κανάλια και στραγγιστικές τάφρους της Αιγύπτου (1982) (US\$/km/έτος) Πηγή: Van Zon, 1984

ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΠΛΑΤΟΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ			ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ		
	>10m	5–10m	<5m	>10m	5–10m	<5m
Μηχανικός έλεγχος	1700	1140	540	1150	865	540
Χημικός και μηχανικός έλεγχος	1175	925	410	925	670	410
Χορτοφάγος κυπρίνος και μηχανικός έλεγχος ⁸	785 ¹	540 ²	<u>3</u>	785 ¹	540 ²	<u>3</u>

*Σημείωση:

1. Εκτιμώμενο μέσο πλάτος 15 m
2. Εκτιμώμενο μέσο πλάτος 7,5 m
3. Ακατάλληλο για εισαγωγή ψαριών

Πίνακας 15. Σύγκριση των μεθόδων αντιμετώπισης της υδρόβιας βλάστησης και των εσόδων από την αλιεία σε κανάλια πλάτους 15m στην Αίγυπτο (US\$/km/έτος). Πηγή: Zonneveld and Van Zon, 1985

ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	Αρδευτικά κανάλια		Στραγγιστικές τάφροι	
	Έξοδα	Έσοδα	Έξοδα	Έσοδα
Μηχανικός έλεγχος	1700	550	1150	550
Χημικός και μηχανικός έλεγχος	1175	550	925	550
Χορτοφάγος κυπρίνος και μηχανικός έλεγχος	785	2500	785	2500

⁸ Μετά από το δεύτερο έτος της εισαγωγής του χορτοφάγου κυπρίνου στο σύστημα

5.4. Συνέπειες μετά την εισαγωγή ψαριών

Οι συνέπειες της εισαγωγής του χορτοφάγου κυπρίνου σε ένα υδάτινο οικοσύστημα είναι πολύπλοκες και εξαρτώνται άμεσα από την πυκνότητα εκτροφής, την αφθονία των μακρόφυτων και την δομή του οικοσυστήματος. Η εισαγωγή του χορτοφάγου κυπρίνου σε ένα υδάτινο σύστημα έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει ως ένα βαθμό την υδρόβια βλάστηση, την ποιότητα του νερού και την υδρόβια πανίδα, συμπεριλαμβανομένου του πλαγκτού των υδρόβιων μακροασπόνδυλων, των ψαριών και της άγριας ζωής (Fedorenko and Fraser, 1978).

5.4.1. Συνέπειες στην υδρόβια βλάστηση

Τα ψάρια είναι επιλεκτικά ως προς την κατανάλωση των υδρόβιων φυτών και μάλιστα, μερικά από αυτά δεν τα καταναλώνουν καθόλου (Bain 1993). Η διατροφή τους αυτή και η μείωση της πυκνότητας και της σύνθεσης των υδρόβιων μακρόφυτων οδηγεί στην απώλεια της μοναδικής ικανότητας των φυτών να απορροφούν αλλόχθονες πηγές θρεπτικών (Lembi et al. 1978).

5.4.2. Συνέπειες στην ποιότητα του νερού

Σε γενικές γραμμές, η θολερότητα, η αλκαλικότητα, η χλωροφύλλη α και οι συγκεντρώσεις αζώτου/αμμωνίας και φωσφόρου μπορεί να αυξηθούν αμέσως μετά τον έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης από ένα οικοσύστημα με τη βοήθεια του χορτοφάγου κυπρίνου. Αυτό συμβαίνει διότι τα επίπεδα του δεσμευμένου οξυγόνου στο υδάτινο σώμα μειώνονται (Rose 1972, Lembi et al. 1978, NatureServe 2019). Επίσης, λόγω των μικρών εντέρων τους, οι χορτοφάγοι κυπρίνοι μπορούν να πέσουν περίπου τη μισή ποσότητα της φυτικής μάζας που καταναλώνουν καθημερινά (Fedorenko and Fraser 1978). Το υπόλοιπο μισό αποβάλλεται στο νερό, εμπλουτίζοντάς το και προάγοντας έτσι, την άνθιση φυτοπλαγκτού με μέση αύξηση συγκεντρώσεων χλωροφύλλης α έως και 10 φορές παραπάνω (Rose 1972, Fedorenko and Fraser 1978, Lembi et al. 1978). Το φυτοπλαγκτόν και η σχετική αποσύνθεση της φυτικής ύλης μπορούν να αυξήσουν τη θολερότητα του νερού και να δημιουργήσουν ανοξικές συνθήκες (Boyd 1971, Lembi et al. 1978).

Ο χορτοφάγος κυπρίνος έχει σχετιστεί με αυξημένη θολερότητα και αλκαλικότητα ως αποτέλεσμα της διατροφικής του συμπεριφοράς και της απομάκρυνσης των υδρόβιων μακρόφυτων. Επίσης έχει σημειωθεί και αυξημένη βακτηριακή δραστηριότητα μετά τον έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης (Van Zon et al. 1977). Οι συγκεντρώσεις φωσφόρου, μαγγανίου και σιδήρου έχουν αυξηθεί σε κάποια υδάτινα σώματα μετά την απομάκρυνση της υδρόβιας βλάστησης από τον χορτοφάγο κυπρίνο (Rose 1972, Van Zon et al. 1977). Ωστόσο, οι παραπάνω συνέπειες δε συμβαίνουν σε όλες τις περιπτώσεις μετά την εισαγωγή του χορτοφάγου κυπρίνου. Σύμφωνα με μελέτες που έγιναν για την παρακολούθηση των επιπέδων του φωσφόρου και του αζώτου μετά την εισαγωγή του ψαριού για έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης, αποδείχθηκε ότι είτε δεν υπήρξε κάποια μεταβολή είτε υπήρξε μία πολύ μικρή αύξηση που εξομαλύνθηκε μετά από μικρό χρονικό διάστημα (Van Zon et al. 1977). Οι Orpuzynski και Shireman (1995) υποστήριξαν ότι τα επίπεδα του δεσμευμένου οξυγόνου και η θερμοκρασία δεν επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την εισαγωγή του χορτοφάγου κυπρίνου.

5.4.3. Συνέπειες στην πανίδα

Τα μακρόφυτα αποτελούν εναλλακτική πηγή τροφής, μεταναστευτικό και αναπαραγωγικό ενδιαίτημα για πολλούς υδρόβιους μακροασπόνδουλους οργανισμούς, ψάρια και άγρια ζωή. Με την απομάκρυνση των υδρόβιων μακρόφυτων, υπάρχουν έμμεσες συνέπειες σε ασπόνδυλα και σπονδυλωτά ζώα και κοινότητες που στηρίζονται σε αυτά τα φυτά (Chilton and Muoneke 1992). Επιπλέον, μετά την απομάκρυνση της υδρόβιας βλάστησης έχει παρατηρηθεί μείωση της αφθονίας του πλαγκτού (Chilton and Muoneke 1992) και του ζωοπλαγκτού (Bettoli et al. 1993). Σε αντίθεση, άλλες έρευνες έδειξαν αύξηση της βιομάζας του ζωοπλαγκτού, πιθανώς λόγω της αυξημένης βακτηριακής δραστηριότητας (Van Zon et al. 1977). Όσον αφορά τα υδρόβια μακροασπόνδυλα, όπως σαλιγκάρια, αχιβάδες, караβίδες έχει παρατηρηθεί ότι η αφθονία τους μειώθηκε μετά την εισαγωγή του χορτοφάγου Κυπρίνου (Fedorenko and Fraser, 1978; Chilton and Muoneke, 1992; Lewis, 1978). Η μείωση αυτή οφείλεται στον ανταγωνισμό και τη θήρευση από τον χορτοφάγο κυπρίνο.

Η αφθονία των ειδών ιχθύων που βρίσκονται στο ίδιο οικοσύστημα με αυτό στο οποίο εισάγονται οι χορτοφάγοι κυπρίνοι για τον έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης παρουσιάζει τόσο θετικό όσο και αρνητικό πρόσημο. Ο Bailey (1978), τόνισε ότι, οι συνέπειες στις κοινότητες των ψαριών από την εισαγωγή του χορτοφάγου κυπρίνου ποικίλλουν σημαντικά και είναι συχνά αντιφατικές. Κάποια υδάτινα σώματα υπέστησαν αλλαγές στην βιοποικιλότητα και την βιομάζα των πληθυσμών των ψαριών, ενώ κάποια άλλα όχι. Παρόλα αυτά, η απομάκρυνση της υδρόβιας βλάστησης έχει αρνητικά αποτελέσματα στους γηγενείς πληθυσμούς, όπως η έλλειψη τροφής, το καταφύγιο και τα αναπαραγωγικά υποστρώματα (Taylor et al. 1984).

Άλλα είδη που μπορούν να επηρεαστούν από την απομάκρυνση της υδρόβιας βλάστησης από τον χορτοφάγο κυπρίνο είναι για παράδειγμα οι πάπιες, οι οποίες χρησιμοποιούν τα υδρόβια φυτά, όπως το *Potamogeton spp.* ως καταφύγιο αλλά και ως πηγή τροφής και ανταγωνίζονται άμεσα με τον χορτοφάγο κυπρίνο (Chilton and Muoneke 1992, Oruszyński and Shireman 1995). Όπως τόνισαν οι Fedorenko και Fraser (1978), αυτού του είδους ο ανταγωνισμός για την υδρόβια βλάστηση μπορεί να προκαλέσει μείωση στους πληθυσμούς πολλών υδρόβιων πτηνών, ακόμη και θηλαστικών.

5.5. Case studies

5.5.1. Εισαγωγή χορτοφάγου κυπρίνου σε αρδευτικά και στραγγιστικά κανάλια της Αιγύπτου

Οι βιολογικές μέθοδοι για την αντιμετώπιση της υδρόβιας βλάστησης επινοήθηκαν το 1975 υπό την αιγίδα διαφόρων προγραμμάτων που είχαν απώτερο σκοπό την συντήρηση των αρδευτικών και στραγγιστικών καναλιών. Η πρωτοβουλία αυτή έγινε πράξη με την δημιουργία ενός προγράμματος με το όνομα «Έρευνα για την αντιμετώπιση της υδρόβιας βλάστησης» την περίοδο 1976 – 1979 έτσι ώστε να μελετηθούν οι πτυχές της αντιμετώπισης της βλάστησης στα υδάτινα οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένων των συμβατικών και των βιολογικών μεθόδων, με εστιασμένο το ενδιαφέρον στις οικολογικές τους συνέπειες. Μία από αυτές τις πειραματικές μεθόδους ήταν η χρησιμοποίηση του χορτοφάγου κυπρίνου (Paco, 1985). Το λεγόμενο “Grass Carp Project” από την περίοδο 1979 έως 1985 μελέτησε, επομένως, την εκτροφή και τη διαχείριση του χορτοφάγου κυπρίνου. Η διπλή αυτή συνεργασία

της Ολλανδίας και της Αιγύπτου στον τομέα του ελέγχου της υδρόβιας βλάστησης με βιολογικά μέσα συνεχίστηκε μέχρι το 2004 και συμπεριέλαβε μία ποικιλία ταυτόχρονων δραστηριοτήτων που ως στόχο είχαν την μελέτη διαφορετικών βιολογικών μεθόδων, την ανάπτυξη, την οργάνωση και την αξιολόγησή τους (FAO, 2019).

Οι χημικές μέθοδοι ήταν απολύτως απαγορευμένες από την Αιγυπτιακή κυβέρνηση το 1991, λόγω των υγειονομικών κινδύνων που ενέχουν. Έτσι, ο έλεγχος της υδρόβιας βλάστησης γινόταν κυρίως με βιολογικά μέσα. Με τη χρησιμοποίηση του χορτοφάγου κυπρίνου, απαιτούνταν οργανωτικές δομές και φυσικές εγκαταστάσεις για την εκτροφή ψαριών, οι οποίες όμως έλειπαν από την Αίγυπτο. Προτάθηκε, λοιπόν, το πείραμα να συνεχιστεί σε μεγαλύτερη κλίμακα και να εκτραφούν τα απαιτούμενα ψάρια στην ίδια την Αίγυπτο. Τα αποτελέσματα εξήχθησαν ως μέρος του “Weed Control Project Phase II” (1978) και του “Grass Carp Project” (1979-1982). Και τα δύο αυτά έργα χρηματοδοτήθηκαν εν μέρει από την ολλανδική κυβέρνηση υπό την ευθύνη της Paco και μίας άλλης εταιρίας, της οποίας ο ρόλος ήταν συμβουλευτικός (FAO, 2019).

Τα εν λόγω πειράματα έλαβαν χώρα στα περίχωρα της Ισμαηλίας και του Κάιρο (πόλεις της Αιγύπτου) και οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η υδρόβια βλάστηση της Αιγύπτου αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά με την βοήθεια του χορτοφάγου κυπρίνου σε ένα μεγάλο αριθμό αρδευτικών καναλιών και στραγγιστικών τάφρων (Abou El Ella and El Samman, 2016). Παρόλο που ο βιολογικός έλεγχος είχε προχωρήσει όπως ειπώθηκε αρκετά καλά, οργανωτικές δυσκολίες και τεχνικά προβλήματα παρέμεναν. Γι’ αυτό το έργο αυτό τερματίστηκε μετά από δύο έτη.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με την εφαρμογή βιολογικών μεθόδων για την αντιμετώπιση της υδρόβιας βλάστησης αντί μηχανικών, το κόστος συντήρησης μειώνεται κατά 70%. Βάσει των χρόνιων αυτών πειραμάτων συμπεράθηκε ότι η αντιμετώπιση της υδρόβιας βλάστησης από τον χορτοφάγο κυπρίνο είναι μια αποτελεσματική μέθοδος, παρόλο που δεν αντιμετωπίζονται τα υδρόβια φυτά στα πρηνή των τάφρων και οι υδρόβιοι υάκινθοι. Επίσης, κάποιες φορές η αυξημένη πυκνότητα των βυθιζόμενων φυτών στην αρχή της περιόδου δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί και σε αυτές τις περιπτώσεις προηγείται καθαρισμός με μηχανικά μέσα. Επιπλέον, με τον χορτοφάγο κυπρίνο δεν παρατηρούνται γρήγορα

αποτελέσματα, αφού τα φυτά τα οποία δεν έχουν καταναλωθεί, συνεχίζουν να μεγαλώνουν. Ωστόσο, παρά την αργή απομάκρυνση της βλάστησης, αυτό που παρατηρήθηκε είναι ότι τα επίπεδα της βλάστησης παραμένουν χαμηλά σε όλη τη διάρκεια της περιόδου σε σχέση με άλλες μεθόδους (μηχανική). Εν κατακλείδι, τα καλύτερα αποτελέσματα αποκτώνται με τον συνδυασμό μηχανικού και βιολογικού ελέγχου. Υπό το πρίσμα αυτό, το 1991, το Υπουργείο Υδάτινων Πόρων και Αρδεύσεων της Αιγύπτου υιοθέτησε μια πολιτική για την εισαγωγή χορτοφάγου κυπρίνου για τον έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης στα κανάλια με πλάτος μεγαλύτερο από 6 m, τα οποία λειτουργούν υπό συνεχή ροή. Η απόφαση αυτή βασίστηκε επίσης στο γεγονός ότι αυτή η μέθοδος έχει τις λιγότερες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σύγκριση με άλλες μεθόδους ελέγχου υδρόβιας βλάστησης, είναι σχετικά φθηνή και αποτελεί πηγή πρωτεϊνών (που ισοδυναμούν με μέγιστη ποσότητα 500 kg / ha / έτος) (Kotb et al., 2002). Από το 2000 έως τώρα, 2.700 χιλιόμετρα (που ισοδυναμούν με το 13% των αρδευτικών καναλιών με πλάτος πάνω από 2 μέτρα στα οποία μπορεί να εφαρμοστεί ο βιολογικός έλεγχος) έχει χρησιμοποιηθεί βιολογικός τρόπος αντιμετώπισης της υδρόβιας βλάστησης (Abou El Ella and El Samman, 2016).

5.5.2. Αξιολόγηση της χρησιμοποίησης βιολογικών μεθόδων αντιμετώπισης της υδρόβιας βλάστησης σε αρδευτικά κανάλια

Οι Tarek και Salwa (2006) επέλεξαν είκοσι δύο αιγυπτιακά κανάλια που διανέμονται σε έξι αρδευτικές περιοχές για την αξιολόγηση της επίδρασης των βιολογικών εφαρμογών με βιολογική μέθοδο ελέγχου (χρήση χορτοφάγου κυπρίνου) για τον έλεγχο των υδρόβιων φυτών. Τα δειγματοληπτικά σημεία κατανεμήθηκαν στην βόρεια και στη νότια Αίγυπτο καθώς και στο Δέλτα, στις περιοχές Ασουίτ, Κένα, Φαγιούμ, Μονοφία κ.ά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι είναι πολύ σημαντική η μέτρηση του εμβαδού της επιφάνειας του νερού του καναλιού για να ξεκινήσει η διαδικασία εισαγωγής των χορτοφάγων κυπρίνων. Επίσης, και στα είκοσι δύο αυτά κανάλια, ο υπολογισμός των ψαριών που εισήχθησαν ήταν κατάλληλος για τον έλεγχο της υδρόβιας βλάστησης. Διαφορετικά μεγέθη ψαριών χρησιμοποιήθηκαν για να καταναλώσουν όλους τους τύπους βυθιζόμενων φυτών. Αυτό το αποτέλεσμα σημαίνει ότι η αυξημένη πυκνότητα του χορτοφάγου κυπρίνου είναι σημαντική ώστε να αποκτηθούν καλά αποτελέσματα (Εικ.1 Παράρτημα).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την επιβίωση και τον αποτελεσματικό έλεγχο της αντιμετώπισης της υδρόβιας βλάστησης με την εισαγωγή του χορτοφάγου κυπρίνου πρέπει να τηρούνται οι εξής προϋποθέσεις: το βάθος των τριτεουσών στραγγιστικών τάφρων πρέπει να κυμαίνεται από 1,8 έως 2,2 μέτρα (Χαλκιάς, 1968) και το πλάτος σύμφωνα με τον Van Zon (1984) δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από 5 μέτρα, ενώ ιδανικά θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 10 μέτρα. Επομένως, ο όγκος του νερού που είναι διαθέσιμος μέσα σε τέτοια συστήματα πρέπει να είναι το λιγότερο από 9 έως, ιδανικότερα, τα 22 m³/m μήκους της διώρυγας. Η αποτελεσματικότητα του ελέγχου της υδρόβιας βλάστησης με τη βοήθεια του χορτοφάγου κυπρίνου εξαρτάται από την θερμοκρασία του νερού, την σύνθεση και τον συνδυασμό των φυτών, το ατομικό βάρος των ψαριών και την ιχθυοπυκνότητα. Η ανθρώπινη συνεισφορά στην επίλυση του προβλήματος της υπεραύξησης των υδρόβιων φυτών στα υδάτινα οικοσυστήματα έγκειται στον έλεγχο της πυκνότητας των ψαριών. Οι κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας είναι πολύ ευνοϊκές για την εκτροφή του κυπρίνου. Ταυτόχρονα, η ύπαρξη των επιφανειακών νερών που διατηρούν υψηλή θερμοκρασία, για διάστημα τουλάχιστον 7 έως 8 μηνών ετησίως, συντελούν στην ανάπτυξη της εκτροφής κυπρίνου στην Ελλάδα. Η επιλογή της θέσης κατασκευής των υδροστασιών εκτροφής (πάχυνσης) του κυπρίνου εξαρτάται από δύο παράγοντες: την ύπαρξη κατάλληλης ποσότητας νερού (συνήθως από παρακείμενο ποταμό) και την ύπαρξη μεγάλων εκτάσεων που θεωρούνται ακατάλληλες για τη γεωργία ή άλλες χρήσεις και που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν με την κατασκευή των υδροστασιών εκτροφής. Αυτούς τους χώρους θα μπορούσαν να αποτελούν οι στραγγιστικές τάφροι, οι οποίες περιλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες νερού και δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κάτι άλλο πέρα από τη στράγγιση του ήδη χρησιμοποιημένου νερού από την άρδευση των καλλιεργειών. Επιπλέον, η σημασία της εκτροφής του χορτοφάγου κυπρίνου στις στραγγιστικές τάφρους είναι μεγάλη, διότι ταυτόχρονα το ψάρι αυτό προσφέρει τον καθαρισμό των δικτύων από την υδροχαρή βλάστηση, για την ομαλότερη και ευκολότερη ροή του νερού μέσα σε αυτά. Τα πλεονεκτήματα εκτροφής αυτών των ψαριών είναι εύκολο να εκτιμηθούν, δεδομένου ότι σε κάθε υδάτινη μάζα γλυκού νερού σε μία λίμνη, ένα ποταμό ή ένα τεχνητό υδροστάσιο, μέσω της φωτοσύνθεσης και της παραγωγής της τροφικής αλυσίδας παράγεται μεγαλύτερη ποσότητα φυτικού απ' ότι ζωικού υλικού. Η εισαγωγή του χορτοφάγου κυπρίνου και άλλων ασιατικών κυπρίνων σε ένα υδάτινο οικοσύστημα αξιοποιεί την τροφική αλυσίδα με άμεσα

οικονομικά οφέλη. Παράλληλα, η εκτροφή τους με άλλα επιλεγμένα είδη ψαριών αναπτύσσει ένα πολύ αποδοτικό σύστημα πολυκαλλιέργειας. Ωστόσο οι συνδυασμοί αυτοί θα πρέπει να γίνονται μελετημένα για να διατηρείται η απόδοση υψηλή. Ο κοινός κυπρίνος (*Cyprinus carpio*) δεν θα πρέπει να περιλαμβάνεται στην ίδια εκτροφή όταν ο μαρμαροκυπρίνος (*Aristichthys nobilis*) είναι το κυρίαρχο είδος και ο χορτοφάγος κυπρίνος (*Ctenopharyngodon idella*) και ο μαρμαροκυπρίνος (*Hypophthalmichthys nobilis*) σπανίως πρέπει να εκτρέφονται μαζί. Εάν, επομένως, εμπλουτιστούν τα υδάτινα οικοσυστήματα με αυτά τα φυτοφάγα ψάρια, θα αυξηθεί αισθητά η ζωική παραγωγή και μάλιστα χωρίς την ανάγκη χορήγησης πρόσθετης τροφής για τη διατροφή τους. Στις περιπτώσεις δε των στραγγιστικών τάφρων και των καναλιών προσαγωγής του νερού στις αρδευόμενες εκτάσεις, θα συντελέσουν στη μείωση της υδρόβιας χλωρίδας που προκαλεί λειτουργικά προβλήματα, εμποδίζοντας την κίνηση του νερού στα συστήματα αυτά. Οι γεννιότερες του χορτοφάγου κυπρίνου προτιμούν το καθαρό ανανεούμενο νερό και μπορούν να διατηρηθούν από 20 έως 30 άτομα σε ένα στρέμμα. Η περισσότερο οικονομικά αποδοτική μέθοδος που έχει αποδειχθεί είναι η απομάκρυνση της βλάστησης που χρησιμοποιείται ως οικότοπος από τους ξενιστές με τη βοήθεια των χορτοφάγων κυπρίνων. Επομένως, γίνεται λόγος για ένα μεγάλο ποσοστό έκτασης της αρδευόμενης γης η οποία εξαρτάται από την ποιότητα του νερού που προορίζεται προς άρδευση με στόχο την βέλτιστη ανάπτυξη της καλλιέργειας. Ο χορτοφάγος κυπρίνος έχει μεταβάλει σημαντικά στον τροφικό ιστό και την τροφική δομή των υδρόβιων συστημάτων προκαλώντας αλλαγές στις φυτικές, ασπόνδυλες και σπονδυλωτές κοινότητες των ψαριών. Το εν λόγω εγχείρημα έχει κατά κύριο λόγο δευτερεύουσες συνέπειες στη μείωση της πυκνότητας και της σύνθεσης των υδρόβιων φυτικών κοινοτήτων. Οι οργανισμοί που αποζητούν ενδιαιτήματα και ιστούς τροφίμων που έχουν ως βάση το φυτοπλαγκτόν τείνουν να επωφελούνται από την παρουσία κυπρίνων. Αντιστρόφως, ο Bain (1993) ανέφερε ότι έχουν σημειωθεί μειώσεις στην ποικιλομορφία και την πυκνότητα των οργανισμών που απαιτούν δομημένους παράκτιους βιότοπους και τροφικές αλυσίδες με βάση τα φυτικά κατάλοιπα, τα μακροφύκη και τα άλγη.

Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας θα μπορούσαν να συνοψιστούν στα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Οι χορτοφάγοι κυπρίνοι χρησιμοποιούνται με επιτυχία για τον έλεγχο της υδροχαρούς βλάστησης σε πολλά μέρη του κόσμου και κυρίως στις ΗΠΑ, την Αίγυπτο, την Ινδία, την Κίνα και τη Νέα Ζηλανδία.
2. Τα νεαρά άτομα προτιμούν ζωική τροφή όπως βένθος και ζωοπλαγκτόν σε αντίθεση με τους ενήλικες χορτοφάγους κυπρίνους που τρέφονται με φυτική ύλη. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη φαρυγγικών δοντιών τα οποία στα νεαρά ιχθύδια είναι πολύ αδύναμα.
3. Οι ενήλικες χορτοφάγοι κυπρίνοι είναι παμφάγοι, αναζητώντας ζωική τροφή μόνο όταν η διαθεσιμότητα των μακρόφυτων είναι χαμηλή ή όταν η θερμοκρασία δεν είναι μεταξύ 20 και 33°C.
4. Ο βαθμός αφομοίωσης του φυτικού υλικού είναι κάτω από 50% και η υψηλή σε θρεπτικά περιεκτικότητα του ύδατος μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του νερού και να προκαλέσει άνθιση του φυτοπλαγκτού και άρα την εμφάνιση ευτροφισμού.
5. Ο χορτοφάγος κυπρίνος τρέφεται επιλεκτικά, επομένως θα πρέπει να γίνεται σωστή αναγνώριση των ειδών των φυτών που χρειάζεται να απομακρυνθούν από το υδάτινο σύστημα και να τοποθετείται αντίστοιχος αριθμός ατόμων ανά στρέμμα νερού ώστε να είναι επιτυχής η αντιμετώπιση της υδρόβιας βλάστησης.
6. Η εισαγωγή ιχθύων για τον καθαρισμό των αρδευτικών δικτύων περιορίζεται στα στραγγιστικά κανάλια στα οποία το πρόβλημα με την υδροχαρή βλάστηση είναι εντονότερο.
7. Ο χορτοφάγος κυπρίνος είναι το πλέον κατάλληλο και οικονομικά κερδοφόρο ψάρι για τον καθαρισμό των στραγγιστικών και κατ' επέκταση των αρδευτικών δικτύων.
8. Τα ψάρια μπορούν να χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό του δικτύου μέχρι να φτάνουν στο εμπορεύσιμο μέγεθος και έπειτα να διανέμονται και να πωλούνται στην αγορά για να καταναλωθούν.
9. Στην Ελλάδα που το πρόβλημα της ζήτησης του νερού είναι μεγάλο κατά τη θερινή περίοδο και υπάρχει ανάγκη για ανάπτυξη των καλλιεργειών που εξαρτώνται από την καλή, ποιοτικά και ποσοτικά, άρδευση θα ευσταθούσε η εφαρμογή ενός τέτοιου μέτρου για τον καθαρισμό των στραγγιστικών καναλιών.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.2. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Aliev, D.S., 1963. Experience in the use of white amur in the struggle against the overgrowth of water bodies. In Problemy rybokhozyaystvennogo ispol'zovaniya rastitel'noyadnykh ryb y vodoyemakh SSSR (Problems of the fisheries exploitation of plant-eating fishes in the water bodies of the USSR). Ashkhabad, Akademia Nauk Turkmenistan SSSR, 6 p.

Aliev, D.S., 1976. The role of phytophagous fish in the reconstruction of commercial ichthyofauna and biological melioration of water reservoirs. Vopr.Ikhtiol., 16(2):247-62 (Transl. from Russian in J.Ichthyol., 16(2):216-29)

Agriculture Research Division. 2010. Biological Weed Control in Alberta using Triploid grass carp. Alberta Agriculture and Rural Development. Government of Alberta.

Argyrokastritis I., P. Papastylianou and S. Alexandris. (2015). Leaf Water Potential and Crop Water Stress Index Variation for Full and Deficit Irrigated Cotton in Mediterranean Conditions. Agriculture and Agricultural Science Procedia Volume 4.p. 463-470.

Ayers R.S. and Westcot D.W., 1985. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29. Rev.1. 185 p.

Bailey, W.M., 1972. Arkansas' evaluation of the desirability of introducing the white amur (*Ctenopharyngodon idella* Val.) for control of aquatic weeds. Paper presented at 102nd Annual Meeting of the American Fisheries Society and International Association of Game and Fish Commission, Hot Springs, Arkansas, 59 p.

Bailey, W.M. 1978. A comparison of fish populations before and after extensive grass carp stocking. Trans. Am. Fish. Soc. 107:181-206.

- Bain, M.B., D.J. Webb, M.D. Tangedal and L.D. Magnum. 1990. Movements and habitat use by grass carp in a large mainstream reservoir. *Trans. Am. Fish. Soc.* 119: 553-561.
- Bain, M.B. 1993. Assessing impacts of introduced aquatic species: grass carp in large systems. *Environ. Manage.* 17(2): 211-224.
- Beach, M.L. et al., 1976. The effect of the Chinese grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) on the ecology of four Florida lakes, and its use for aquatic weed control. Final report. Tallahassee, Florida, Florida Department of Natural Resources, 246 p.
- Boman B., Wilson C., Vandiver V., Jr., and Hebb J.. 2002. Aquatic Weed Management in Citrus Canals and Ditches. Department of Agricultural and Biological Engineering, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Reviewed January 2012.
- Boyd, C.E. 1971. The limnological role of aquatic macrophytes and their relationship to reservoir management. pp. 153- 166. In G.E. Hall, ed. *Reservoir fisheries and limnology*. American Fisheries Society Special Publication No. 8, Bethesda, Maryland.
- Center TD, Frank JH and Dray FA. 1997. Strangers in Paradise. 245266. In: *Biological Control*. (Eds. Simberloff DDC Schmitz and TC Brown) Island Press, Washington DC.
- Chilton Earl W. II and Muoneke Maurice I. (1992) Biology and management of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*, Cyprinidae) for vegetation control: a North American perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2, 283:320
- Clayton John S. (1996) *Aquatic Weeds and Their Control in New Zealand Lakes, Lake and Reservoir Management*, 12:4, 477-486, DOI: 10.1080/07438149609354288
- Cowie RH.2001. Can snails ever be effective and safe biocontrol agents? *Int. J. Pest Manag.*, 47: 23-40.

- Datta Subhendu, 2009. Aquatic Weeds and Their Management for Fisheries. CIFE, Centre Institute of Fisheries Education
- Decell, J.L., 1975. Large-scale field test with the monosex white amur in Florida. In Proceedings of the Research Planning Conference of the Aquatic Plant Control Program, edited by J.L. Decell. Nisc.Pap.U.S.ArmEug.WaterwayExp.Stn., Vicksburg, Miss., (A-76-1) :112-26
- Fedorenko, A.Y. and F.J. Fraser. 1978. Review of grass carp biology. Interagency Committee on Transplants and Introductions of Fish and Aquatic Invertebrates in British Columbia. British Columbia, Department of Fisheries and Environment, Fisheries and Marine Service, Technical Report No. 786. 15 p.
- FishBase. 2019. World Wide Web electronic publication. Froese, R. and D. Pauly. Editors. www.fishbase.org, version (6/2019).
- Ghazaw Y.S. 2012. Design and analysis of a canal section for minimum water loss. Peer review under responsibility of Faculty of Engineering, Alexandria University. doi:10.1016/j.aej.2011.12.002
- Goodchild, C.D. 1999. Non-indigenous freshwater fish utilized in the live food fish industry in Ontario: A summary of information. Ontario Ministry of Natural Resources. 79 p.
- Guillory, V., 1979. Large-scale operations management test of use of the white amur for control of problem aquatic plants. Report, 1. Baseline studies. Volume 2. The fish, mammals, and waterfowl of Lake Conway, Florida. Tech.Rep.U.S.Army Eng.Waterways Exp.Stn., Vicksburg, Miss., (A-78-2):163 p.
- Hadjibiros, K., Economidis, P.S. and Koussouris, T. (1997), The ecological condition of major Greek rivers and lakes in relation to environmental pressures - Country paper of Greece. Proceedings of the Fourth EurAqua Technical Review: Let the fish speak: The quality of aquatic ecosystems as an indicator

- for sustainable management, pp. 103-123. European Network of Freshwater Research Organisations (EurAqua), Koblenz.
- Hasan S and Ayers PG. 1990. The control of weeds through fungi: principals and prospects. *New Physiologist*, 115: 201-222.
- Helfrich L.A., Neves R.J., Libey G. and Newcomb T., 2009. Control Methods for Aquatic Plants in Ponds and Lakes. Virginia Cooperative Extension Publication 420-251, Blacksburg, VA
- Helfrich L.A., Weigmann D. L., Hipkins P. and Stinson B., 1996. Pesticides and Aquatic Animals: A Guide to Reducing Impacts on Aquatic Systems. Virginia Cooperative Extension Publication 420-013, Blacksburg, VA
- Hestand, R.S. and C.C. Carter, 1978. Comparative effects of grass carp and selected herbicides on macrophyte and phytoplankton communities. *J.Aquat.Plant Manage.*, 16:43-50
- Ilaco (International land Development Consultants) (1985), "Final Report, Grass Carp Project in Egypt" Ilaco, Arnhem, The Netherlands
- Jayanth KP. 1988. Biological control of water hyacinth in India by release of the exotic weevil *Neochetina bruchi*. *Curr. Sci.*, 57:(17) :968-970.
- Julien M. and White G. (Eds). 1997. Biological control of weeds: theory and practical applications. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Monograph No. 49, 192 p.
- Kauraw LP and Bhan VM. 1994a. Annual Report, National Research Centre for Weed Science, Jabalpur
- Krupauer, V., 1968. Experience gained in the rearing of herbivorous fish in Czechoslovakia. *Bul.Vyzk. Ust.Ryb.Vodnany*, 4(2):3-15, Abstract in *Sport Fish.Abstr.*, 14736
- Lembi, C.A., B.G. Ritenour, E.M. Iverson and E.C. Forss. 1978. The effects of vegetation removal by grass carp on water chemistry and phytoplankton in Indian ponds. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107:161-171.

- Lewis, W.M. 1978. Overstation on the grass carp in ponds containing fingerling channel catfish and hybrid sunfish. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107:153-155.
- Liepolt, R. and E. Weber, 1969. Versuche mit phytophagen Fischen (Ctenophar'ynodon idalla) (Studies with phytophagous fish (Ctenopl-zaryngodon idella)). *Rev.Roum.Biol. (Ser.Zool.)*, 14(2) :127-32 Transl. from german.
- Little, D.C., Muir, J.F., 1987. *A Guide to Integrated Warm-water Aquaculture.* Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, UK
- Miley, W.W., II, J. Van Dyke and D. Riley, 1979. The use of grass carp for biocontrol of aquatic weeds and their implication for natural resources and fisheries in Florida. In *Proceedings of the Grass Carp Conference*, edited by J.V. Shireman. Gainesville, Florida, Aquatic Weeds Research Center, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, pp. 159-76
- Murphy T.R. and J. L. Shelton. 1996. *Aquatic Weed Management: Herbicides.* Southern Regional Aquaculture Center Publication Number 361.
- NatureServe. 2019. NatureServe Explorer: An online encyclopedia of life. Version 1.8. NatureServe, Arlington, Virginia. Available: <http://www.natureserve.org/explorer>. Accessed: May, 2019
- Nikolsky, G.V. and D.D. Aliev, 1974. Role of far eastern herbivorous fish in ecosystems of natural water bodies used for acclimatization. *Vopr.Ikhtiol.*, 14(6):974-9. (Tranl. from Russian in *J.Ichthyol.*, 14(6) :842-7
- Opuszynski, K. 1972. Use of phytophagous fish to control aquatic plants. *Aquaculture*, 1(1):61-74
- Opuszynski, K. 1979. Weed control and fish production. *Proceedings of the Grass Carp conference*, edited by J.V. Shireman. Gainesville, Florida, Aquatic Weeds Research Center, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, pp. 103-38
- Opuszynski, K. and J.V. Shireman. 1995. Herbivorous fishes: culture and use for weed management. In cooperation with James E. Weaver, Director of the

United States Fish and Wildlife Service's National Fisheries Research Center. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Pine, R.T. and L.W.J. Anderson. 1991. Effect of triploid grass carp on submersed aquatic plants in northern California ponds. *Calif. Fish Game.* 77:27-35.

Provine, W.C., The grass carp. Special report. Austin, Texas, Texas Parks and Wildlife Department, 1975 Inland Fisheries Research, 51 p.

Ray Puja, Sushilkumar and Pandey AK .2008b. Survey and selection of potential pathogen for biological control of waterhyacinth. *Indian J. Weed Sci.*, 40: 75-78.

Rhoades J.D. 1982. Reclamation and management of salt-affected soils after drainage. *Pre. First Annual Western Provincial Conference on Rationalization of Water and Soil Research and Management, Alberta, Canada.* pp. 123-197.

Rose, S. 1972. What about the white amur? A superfish or a supercurse? *Florida Naturalist* 1972 (Oct.):156-157.

Rottmann, R.W. 1977. Management of weedy lakes and ponds with grass carp. *Fisheries*, 2(5):8,9,11-3

Salwa M. Abou El Ellaand Tarek A. El Samman (2016). Review: Egyptian Experience in Controlling Aquatic Weeds. *Journal of American Science* 2016;12(9):104-115. doi:10.7537/marsjas120916.17.

Shelton, W.L., R.O. Smitherman and G.L. Jensen. 1981. Density related growth of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.) in managed small impoundments in Alabama. *J. Fish. Biol.* 18: 45-51.

Shireman, J.V. and C.R. Smith. 1983. Synopsis of biological data on the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Cuvier and Valenciennes, 1844). Food and Aquaculture Organization Synopsis. 135: 86pp.

Stallings Kevin D., Seth-Carley Danesha and Richardson Robert J., 2015. Management of Aquatic Vegetation in the Southeastern United States. *J. Integrated Pest Management.* 6(1): 3; DOI: 10.1093/jipm/pmv002

- Stanely, J.G., W.W. Miley II, and D.L. Sutton. 1978. Reproductive requirements and likelihood for naturalization of escaped grass carp in the United States. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107:119-128.
- Stott, B. and D.G. Cross. 1973. A note on the effect of lowered temperature on the survival of eggs and fry of the grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) *J. Fish Biol.* 5(6): 649-658.
- Sushilkumar, 2011. Aquatic Weeds problems and management in India. *Indian Journal of Weed Science* 43 (3 & 4):118-138
- Sutton DL and Vandiver Jr. 1995. Grass carp: a fish for biological management of Hydrilla and other aquatic weeds in Florida. Agricultural Experiment Station
- Taylor, J. N., W. R. Courtenay, Jr., and J. A. McCann. 1984. Known impact of exotic fishes in the continental United States. Pages 322-373 in W. R. Courtenay, Jr., and J. R. Stauffer, editors. *Distribution, biology, and management of exotic fish.* Johns Hopkins Press, Baltimore, MD. Tsuchiya
- van Zon, J.C.J., W. van der Zweerde and B.J. Hoogers. 1977. The grass-carp, its effects and side-effects. P. 251-256. In *Proceedings of the W International Symposium on Biological Control of Weeds.* Edited by T.E. Freeman. University of Florida, Center for Environmental Programs, Institute of Food and Agricultural Sciences, Gainesville, Florida.
- van Zon, J.C.J., 1979. The use of grass carp in comparison with other aquatic weed control methods. In *Proceedings of the Grass Carp conference*, edited by J.V. Shireman. Gainesville, Florida, Aquatic Weeds Research Center, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, pp. 15-24
- Verigin B.V. 1979. The role of herbivorous fishes at reconstruction of ichthyofauna under the conditions of anthropogenic evolution of waterbodies. In *Proceedings of the Grass Carp conference*, edited by J.V. Shireman.

Gainesville, Florida, Aquatic Weeds Research Center, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, pp. 139-46

Versar, Inc. 1999. Risk assessment of the potential effects of stocking triploid-certified grass carp in the Potomac River watershed on submersed aquatic vegetation. Report prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Chesapeake Bay Program. Columbia, Maryland.

6.3. Ελληνική βιβλιογραφία

Αραβιώτης Α, Πτυχιακή μελέτη με θέμα «Οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης», ΤΕΙ Λάρισας, Τμήμα Γεωργικών Μηχανημάτων και Αρδεύσεων, 1997

Βαλιάντζας, Σημειώσεις Συστήματα Άρδευσης, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2009

Καρακατσούλη Π. Ν., 2000. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Διδακτορική Διατριβή με θέμα «Διερεύνηση της επιδράσεως των αιωρούμενων σωματιδίων του νερού εκτροφής στη φυσιολογία εκτρεφόμενων ιχθύων». Αθήνα, 2000. σελ: 234. doi: [10.12681/eadd/11976](https://doi.org/10.12681/eadd/11976)

Καρακατσούλης Γ. Π., 1985. Αρδεύσεις Στραγγίσεις και Προστασία Εδαφών, Καθηγητής Γεωργικής Υδραυλικής Ανώτατης Γεωπονικής Σχολής Αθηνών, Ίδρυμα Ευγενίδου, σελ.290.

Κωνσταντινίδης Δ, Ιστορία των Υδραυλικών Έργων στην Ελλάδα, Σημειώσεις δύο διαλέξεων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 1993

Λατινόπουλος Π., Κρεστενίτης Γ. 2001. Εγχειοβελτιωτικά έργα, Σημειώσεις φοιτητών Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ

Μυλόπουλος Α. Γ., Κολοκύθα Γ. Ε., 2007. Σχεδιασμός αρδευτικών έργων, Σημειώσεις φοιτητών Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ

Περγαλιώτης Π, Συλλογικά εγχειοβελτιωτικά έργα και περιβάλλον (διαχρονική θεώρηση των εξελίξεων), Ανακοίνωση στην εμβόλιμη ημερίδα με θέμα

Υδρογεωλογία και Περιβάλλον, 9^ο Διεθνές Συνέδριο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Αθήνα 2001

Υπουργείο Γεωργίας, Διαχείριση υδατικών πόρων στον αγροτικό τομέα, Αθήνα, 2002

Χαλκιάς Α. Ν., 1968. Αρδεύσεις και Συστηματοποιήσις Γαιών, Αθήνα.

Ψιλοβίκος Α, 2011. Οικοϋδραυλική, σελ 450?

6.4. Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

1. www.fao.org
2. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/newxtweb/>
3. <https://www.texaslakeandpondsupplies.com/aquatic-weed-control/>
4. <https://plants.ifas.ufl.edu/manage/control-methods/mechanical-control/>
5. www.fishbase.com
6. <https://www.ctc-n.org/technology-library/water/urban-storm-water-management/canals-and-drainage-systems>
7. <https://www.solitudelakemanagement.com/blog/vegetation-control-using-triploid-grass-carp-in-ponds>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

No.	Περιοχή	Όνομα καναλιού	Υδρόβια βλάστηση	Πριν την εφαρμογή	Μετά την εφαρμογή	No.	Περιοχή	Όνομα καναλιού	Υδρόβια βλάστηση	Πριν την εφαρμογή	Μετά την εφαρμογή	
1	East Qena	EL-Kalabia	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	20-50	15-30	9	EL-Salhia	Imailla	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	5-10	5-8	
2	West Qena	Asfon	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	15-40	3-20			EL-Shahab	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-7	3-5	
3	Sohag	Naga hamady El-Sharkeyia	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	5-13	5-10			EL-Malak	<i>Potamogetonodossuspoir</i>	30-40	15-25	
4	Assuit	Irak El-Mahrag	<i>Myriophyllum spicatum</i>	5-20	3-7			EL-Salhia	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	8-10	5-7	
			<i>Myriophyllum spicatum</i>	5-20	3-7			EL-hesima	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	10-50	10-30	
			<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Potamogeton Crispusl</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	5-20	7-25			EL-Tolmbat	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-7	3-5	
			<i>Myriophyllum spicatum</i>	5-20	7-25			EL-Saidia	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	10-20	5-10	
			<i>Myriophyllum spicatum</i>	5-20	7-25			Bahr Mores	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	8-10	5-8	
			<i>Myriophyllum spicatum</i>	10-20	8-12			Bahr Abo EL-Akdar	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-10	5-7	
			<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	7-20	10-15			Bahr Fakos	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	3-5	2-5	
			<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	30-40	12-18			EL-Samama EL-Giedda	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	10-20	7-15	
			<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	5-20	5-10			EL-Wadi EL-Sharkey	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	3-10	3-7	
			<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	20-35	7-10			Bahr Mores	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	7-15	7-12	
			<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	20-25	10-13			Km 24-Km36	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-15	5-10	
	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	5-10	5-8			Km 36-Km48	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-8	3-6			
	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	10-15	8-10			Km 48-Km56	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-10	4-8			
	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	5-10	5-8			Km 56-Km67.8	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-10	4-8			
	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	10-15	8-10			EL-Bassosia	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	4-15	5-12			
	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	5-35	5-20			EL-Sharkawia	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-15	5-14			
	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	10-25	7-12			Imailla	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-8	4-6			
	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	15-55	15-35			EL-Rayah EL-Twily	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-10	5-8			
5	West EL-Menia	Manshat EL-Dahab	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	15-55	15-35	13	EL-Monofia	EL-Bagoria	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	5-25	5-20	
		SarayyaBasha	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Najasarmata Lindb</i>	10-40	10-25			EL-Neancia	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	5-20	7-12	
		Bany E bad	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	10-15	10-12			EL-Sersawia	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	2-10	2-10	
		Mantot	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Myriophyllum spicatum</i>	7-45	5-25			Shoab Shenowan	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i>	2-35	2-15	
6	Bany Sawif	EL-Soltany	<i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Najasarmata Lindb</i>	10-15	8-17	14	South Dakahlia	EL Bohia	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	10-15	7-10	
		Bahr yossif	<i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Najasarmata Lindb</i>	5-8	4-6			Km 0 to Km8	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	8-10	5-8	
		EL-Ibrahimia	<i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Najasarmata Lindb</i>	8-12	8-10			Km 8 to Km 16	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	8-12	5-10	
		EL-Giza	<i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Najasarmata Lindb</i>	10-20	10-15			Km 16 to Km 29	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	8-12	5-10	
			<i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Najasarmata Lindb</i>	5-10	5-7			Km 29 to Km 39	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	12-15	8-10	
7	EL-Fauim	Tanbala	<i>Ceratophyllum demersum</i>	12-15	10-12	15	EL-Garbia	Meat yazeed	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	3-7	4-6	
		Soltman Desoky	<i>Myriophyllum spicatum</i>	5-8	5-7				EL-Kased	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	7-10	6-8
		Wahby	<i>Myriophyllum spicatum</i>	3-5	2-3				Bahr Shebeen	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	3-7	5-7
		EL-Roda	<i>Potamogeton Crispusl</i>	15-20	15-20				EL-Malah	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	7-50	10-30
		Hogman	<i>Potamogeton Crispusl</i>	10-15	10-15				EL-sahel	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	5-50	7-35
		EL-Serb	<i>Potamogeton Crispusl</i>	5-10	5-8				Datil EL-Kased	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	5-10	4-7
		Sivnes EL-Omom	<i>Potamogetonodossuspoir</i>	10-15	8-10				Kavattanta EL-Melaha	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	5-50	10-30
		EL-Zawia	<i>Myriophyllum spicatum</i>	5-10	7-10						20-40	7-20
		Qaron	<i>Myriophyllum spicatum</i>	50-60	40-45						5-10	5-6
		Emdad Qaron	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	40-50	30-35						3-10	3-7
		EL-bushawat	<i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Potamogeton Crispusl</i>	50-70	40-55						10-15	8-12
		EL-Gargaba	<i>Myriophyllum spicatum</i>	20-30	15-20						40-50	10-35
8	Ismailia and West Sinia	Sinoro EL-Gadd	<i>Potamogetonodossuspoir</i>	5-7	5-7	16	West kafr EL-sheik	Bahr EL-seidy	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-10	2-7	
		Suez	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	8-15	6-13				EL-Rasbedia	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	4-10	3-5
		Port said	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	10-25	10-20				Bahr shebeen	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-30	5-12
		EL-Manaif	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	5-15	5-12				Daal EL-Aff	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	25-45	15-20
			<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	5-15	5-12				Meat Bara	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	2-5	2-5
						EL-Rayah EL-Abasy	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	3-5	5-7			
9	West Behira	EL-Kandk EL-sharky	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	7-20	7-13	17	Zeffa	EL-Nobaria	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	10-20	10-15	
		Sahel Morkos	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-12	3-8				EL-Hager	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	30-40	25-30
		Daal EL-entelak canal	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	15-40	10-25				Fohash	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Potamogetonodossuspoir</i>	25-35	20-30
		Fann 6 EL-Taher	<i>Myriophyllum Spicatum</i> , <i>Najasarmata Lindb f.</i>	30-50	20-35						5-45	5-10
							EL-Mahmoda	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-8	5-8		
							EL-Kanobia	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-10	5-7		
							Sahel Morkos	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-8	5-8		
							EL-Kenawia	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	5-8	3-5		
									7-20	7-13		
									5-12	3-8		
									15-40	10-25		
									30-50	20-35		
									10-15	8-12		

Εικόνα 1. Υδρόβια βλάστηση πριν και μετά την εισαγωγή χορτοφάγων κυπρίνων για βιολογικό έλεγχο (Abdou El Ella and El Samman, 2016).