



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ,  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

<http://agriculturaltechnology.teithe.gr/>  
<http://www.ap.teithe.gr/>



---

ΕΛΙΦ ΟΣΜΑΝ ΟΓΛΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΜΑ: «ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΑ ΠΤΗΝΑ»



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΠΑΜΠΙΔΗΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2019

---

(Η σελίδα αυτή μένει κενή)

## Πίνακας Περιεχομένων

1. Πρόλογος .....	5
Κατάλογος εικόνων.....	7
2.1. Περίληψη .....	9
2.2. Abstract .....	10
3. Εισαγωγή .....	11
4. Ιχνοστοιχεία .....	13
4.1. Εισαγωγή .....	13
4.2 Στοιχεία που συνδέουν ιχνοστοιχεία με χρόνιες ασθένειες.....	14
4.2.1 Σίδηρος.....	14
4.2.2. Ψευδάργυρος.....	15
4.2.3 Φθόριο.....	16
4.2.4 Σελήνιο.....	16
5.1 Συμπεριφορά.....	20
5.2 Διατροφή και σίτιση .....	20
5.3 Το νερό.....	21
5.4 Φροντίδα φτερών .....	22
5.5 Μετανάστευση .....	22
5.6 Επικοινωνία .....	24
5.7 Σμήνοι και άλλοι σχηματισμοί .....	25
5.8 Ανάπαυση και διανυκτέρευση .....	25
5.9 Αναπαραγωγικά και κοινωνικά συστήματα .....	27
5.10 Εδάφη, φωλιά και επώαση.....	28
5.11 Γονική φροντίδα .....	29
6. Ελλείψεις Ιχνοστοιχείων σε πτηνά .....	30
6.1 Ανεπάρκεια μαγγανίου .....	30
6.2. Αποτελέσματα πρόσφατων πειραμάτων σχετικά με τη χρήση μαγγανίου σε διαιτολόγια πτηνών.....	31
6. 3. Ανεπάρκεια σιδήρου και χαλκού .....	32
6.3.1. Αποτελέσματα πρόσφατων πειραμάτων σχετικά με τη χρήση χαλκού σε διαιτολόγια πτηνών.....	33
6.4. Ανεπάρκεια ιωδίου.....	34
6.5 Ανεπάρκεια μαγνησίου .....	35
7. Υπομαγνησιαμική τετανία ή Τετανία βόσκης (Grass tetany or hypomagnesemic tetany, Grass staggers).....	36
7. 1. Συμπτώματα και αιτία.....	36

8. Ελλείψεις σε κάλιο, νάτριο και χλώριο .....	36
8. 1. Απλή ανεπάρκεια .....	37
8.2. Ηλεκτρολυτική ανισορροπία .....	37
9. Ανεπάρκεια σεληνίου .....	40
10. Ανεπάρκεια ψευδαργύρου .....	41
10. 1. Αποτελέσματα πρόσφατων πειραμάτων σχετικά με τη χρήση ψευδαργύρου σε διαίτολογία πτηνών .....	42
11. Διάφορα ιχνοστοιχεία που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό .....	45
12. Συμπεράσματα .....	47

## 1. Πρόλογος

Η πτυχιακή διατριβή αυτή διενεργήθηκε στην Κατεύθυνση Ζωικής Παραγωγής του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διασαφηνίσει τα προβλήματα που προκύπτουν από την έλλειψη ιχνοστοιχείων στα πτηνά. Εισαγωγικά αναφέρονται κάποιες γενικές πληροφορίες σχετικά με τα ιχνοστοιχεία και την έλλειψη ιχνοστοιχείων στα πτηνά. Στα επόμενα κεφάλαια αναλύονται οι παθήσεις από την έλλειψη ιχνοστοιχείων στα πτηνά και στο τέλος παρατίθενται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την παρούσα εργασία.

Ελίφ Οσμάν Ογλού  
Μάιος 2019

(Η σελίδα αυτή μένει κενή)

## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1. Διάφορα είδη πτηνών .....	19
Εικόνα 2. Διατροφή ανάλογα με τα ράμφη .....	21
Εικόνα 3. Σμήνος πτηνών στον Καναδά σε σχήμα V.....	23
Εικόνα 4. Πολλά πουλιά, όπως αυτό το αμερικανικό φλαμίνγκο, μπαίνουν στο κεφάλι τους όταν κοιμούνται .....	26
Εικόνα 5. Όπως και άλλοι της οικογένειάς του, το αρσενικό Raggiana bird-of-paradise έχει πολύπλοκο φτερό αναπαραγωγής που χρησιμοποιείται για να εντυπωσιάσει τα θηλυκά.....	28
Εικόνα 6. Αφύσικα μακριά και δαντελωτά φτερά κατά την έλλειψη Ιωδίου.....	35
Εικόνα 7. Φυσιολογικές τιμές των ηλεκτρολυτών στα σωματικά υγρά.....	39

(Η σελίδα αυτή μένει κενή)



## 2.1. Περίληψη

Οσμάν Ογλού, Ε., 2019. Ανεπάρκεια ιχνοστοιχείων στα πτηνά. Πτυχιακή Διατριβή, Κατεύθυνση Ζωικής Παραγωγής, Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη, σελ. 1–50.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι παθήσεις από την έλλειψη ιχνοστοιχείων στα πτηνά. Εισαγωγικά αναφέρθηκαν κάποιες βασικές πληροφορίες για τα ιχνοστοιχεία καθώς και για τις παθήσεις που μπορεί να προκύψουν από την έλλειψή τους στους διάφορους οργανισμούς, μεταξύ των οποίων και τα πτηνά. Στη συνέχεια της εργασίας παρουσιάστηκαν οι παθήσεις που παρατηρούνται στα πτηνά κατά την έλλειψη μαγγανίου και αναφέρθηκαν αποτελέσματα πρόσφατων πειραμάτων σχετικά με τη χρήση μαγγανίου στη διαιτολογία πουλερικών. Κατόπιν, μελετήθηκε η ανεπάρκεια σιδήρου και χαλκού και αναφέρθηκαν πρόσφατα αποτελέσματα από την χρήση χαλκού στη διαιτολογία πουλερικών. Έπειτα, αναλύθηκαν παθήσεις που παρατηρούνται από την έλλειψη ιωδίου και μαγνησίου στα πτηνά και αναλύθηκαν περαιτέρω κάποιες τα συμπτώματα και τα αίτια της υπομαγνησιαμικής τετανίας. Στη συνέχεια, αναλύθηκαν παθήσεις που προκύπτουν από έλλειψη καλίου νατρίου και χλωρίου. Αναλύθηκε, επίσης, η ηλεκτρολυτική ισορροπία που πρέπει να υπάρχει στους οργανισμούς των πτηνών. Κατόπιν, αναφέρθηκαν οι παθήσεις που προκύπτουν από την έλλειψη σεληνίου και ψευδαργύρου, καθώς και πρόσφατα αποτελέσματα πειραμάτων σχετικά με τη χρήση ψευδαργύρου στη δίαιτα των πουλερικών. Ακολούθως, αναφέρθηκαν κάποια ιχνοστοιχεία που μπορούν να προστίθενται στην διατροφή των πουλερικών σε συνδυασμό προκειμένου να αντιμετωπίσουν παθήσεις κατά την έλλειψη ιχνοστοιχείων. Στο τέλος παρατέθηκαν τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την παρούσα εργασία.

## 2.2. Abstract

Osman Oglou, E., 2019. Trace elements deficiency in poultry. Diploma Thesis, Division of Animal Production, Department of Agricultural Technology, School of Agricultural Technology, Food Technology and Nutrition, Alexander Technological Educational Institute of Thessaloniki. Thessaloniki, Greece, pp. 1–50.

In this study we studied the conditions of trace elements deficiency in poultry. Some basic information on trace elements as well as the diseases that may arise from their lack in the various organisms, including birds, have been introduced. Following the work, the diseases observed in birds in the absence of manganese were presented and results of recent experiments on the use of manganese in poultry diet were reported. Iron and copper deficiency was then studied and recent results from the use of copper in poultry diet were reported. Then, there were analyzed diseases observed by the lack of iodine and magnesium in the birds and further analyzed some symptoms and causes of hypomagnesemic tetania. Then, conditions were analyzed that result from lack of sodium and chlorine potassium. The electrolyte balance of the bird organisms has also been analyzed. Then, the diseases resulting from the lack of selenium and zinc were reported, as well as recent results of experiments on the use of zinc in poultry diet. Here are some trace elements that can be added to the poultry diet in combination to cope with the lack of trace elements. Finally, the conclusions drawn from this paper are presented.

### 3. Εισαγωγή

Η αποτελεσματικότητα της χρήσης ιχνοστοιχείων είναι ένα σημαντικό θέμα στη σύγχρονη διατροφή των πουλερικών. Τα ιχνοστοιχεία είναι απαραίτητα για την κανονική ανάπτυξη και πολλές μεταβολικές διεργασίες σε ζωντανούς οργανισμούς, καθώς είναι καταλύτες ή συστατικά των ενζυμικών συστημάτων πολλών κυττάρων. Η διαθεσιμότητά τους από πρώτες ύλες φυτικής προέλευσης καθώς και από παραδοσιακές ανόργανες πηγές, δηλαδή οξείδια, θειικά άλατα ή ανθρακικά άλατα, είναι σχετικά χαμηλή, ενώ οι απαιτήσεις των σύγχρονων γραμμών παραγωγής ωοπαραγωγών ορνίθων και κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής για μικροστοιχεία είναι πολύ υψηλές.

Αυτά τα γεγονότα, παράλληλα με την προηγμένη γνώση της σημασίας των ιχνοστοιχείων στις ανοσολογικές διεργασίες και την αναπαραγωγή και τη μεταβλητή περιεκτικότητα των ιχνοστοιχείων στα ζωοτροφεία, οδήγησαν, στην εμπορική πρακτική, στην προσθήκη τους σε διαίτες πουλερικών, με ένα μεγάλο περιθώριο ασφαλείας, που συχνά ξεπερνά τις απαιτήσεις των πτηνών (Aksu et al., 2012). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υψηλή συγκέντρωση ιχνοστοιχείων στα εκκρίματα των ζώων και στη συσσώρευσή τους στο περιβάλλον, ειδικά σε περιοχές εντατικής παραγωγής πουλερικών. Παραδείγματος χάριν, διαπιστώθηκε ότι περίπου το 94% του Zn που εισήχθη στα κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής απεκκρίνεται (Mohanna and Nys, 1997). Για το λόγο αυτό, η λίπανση του εδάφους με πτηνοτροφία σύμφωνα με τα πρότυπα αζώτου (170 kg N / εκτάριο) εισάγει περίπου 1,52 kg / ha Zn, δηλαδή μια ποσότητα που υπερβαίνει κατά 660% σε σύγκριση με τις απαιτήσεις φυτών για αυτό το ιχνοστοιχείο και μπορεί να προκαλέσει φυτοτοξικότητα στο έδαφος (Mohanna and Nys, 1998).

Οι απαιτήσεις των φυτών υπερβαίνουν συχνά τα Fe, Cu και Mn. Έτσι, η ανάγκη για πηγές ιχνοστοιχείων που είναι ιδιαίτερα διαθέσιμα για τα πουλερικά είναι επίσης ένα σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα.

Τα οργανικά μεταλλικά σύμπλοκα είναι ενώσεις που περιέχουν ένα κεντρικό άτομο μετάλλου (δέκτης των ηλεκτροδίων) μαζί με άλλα μόρια συνδεδεμένα με αυτό (δηλαδή πρωτεΐνες, αμινοξέα, υδατάνθρακες ή λιπίδια) που περιέχουν τουλάχιστον ένα άτομο (O, N ή S) με ζεύγος ελεύθερων ηλεκτρονίων (Swinkels et al., 1994). Η δέσμευση του συνδέτη στο μέταλλο λαμβάνει χώρα μέσω δημιουργίας δεσμού συνεισφοράς του ζεύγους ελεύθερων ηλεκτρονίων του ατόμου συνδέτη προς τον δέκτη (μεταλλικό άτομο) (Swinkels et al, 1994). Όπως υποδείχθηκε σε συνοπτική επανεξέταση από τους Aksu et al. (2012), η χρήση οργανικών μεταλλικών στοιχείων σε σχετικά χαμηλά επίπεδα στις διαίτες πουλερικών έχει γίνει ευρέως διαδεδομένη, ιδίως λόγω των οικολογικών και φυσιολογικών τους συνεισφορών.

Ωστόσο, δεν υπάρχουν αρκετά πειραματικά δεδομένα σχετικά με την μεταβολική ανταπόκριση των πτηνών στα μειωμένα επίπεδα διατροφής αυτών των μεταλλικών στοιχείων. Τα αποτελέσματα πρόσφατων δημοσιευμένων πρωτότυπων ερευνητικών εργασιών καταδεικνύουν ότι οι οργανικές μορφές ιχνοστοιχείων παρέχουν προστασία έναντι

της δημιουργίας προβλημάτων δυσπεψίας που προκαλούνται από κάποιες ενώσεις που επιβαρύνουν το έντερο. Επιπλέον, προσφέρουν μια εναλλακτική, πολύ πιο αποτελεσματική μέθοδο απορρόφησης και μπορεί να έχουν μεγαλύτερη διαθεσιμότητα ως πηγή μικροστοιχείων για τα πουλιά.

## **4. Ιχνοστοιχεία**

### **4.1. Εισαγωγή**

Τα στοιχεία που ανιχνεύονται σε πολύ μικρές αλλά όχι ακριβώς γνωστές ποσότητες στο ζωντανό σώμα ονομάστηκαν "ιχνοστοιχεία" στο παρελθόν. Πρόσφατες εξελίξεις στις αναλυτικές τεχνολογίες, όπως η ανάπτυξη φασματομετρίας ατομικής απορρόφησης, έχουν καταστήσει δυνατή την ακριβή μέτρηση αυτών των στοιχείων και τον προσδιορισμό τους τις λειτουργίες τους και τα χαρακτηριστικά της ανεπάρκειας τους καθώς και των υπερβολικών ποσοτήτων τους στους διάφορους οργανισμούς.

Η αποκαλούμενη περίοδος έκρηξης των βιταμινών έχει περάσει, και τώρα φαίνεται να είναι περίοδος άνθησης για τα ιχνοστοιχεία. Σήμερα, περιπτώσεις με ελλείψεις ιχνοστοιχείων συχνά αντιμετωπίζονται κλινικά, ειδικά κατά τη διάρκεια της παρεντερικής θεραπείας με υψηλή θερμιδική αξία

Έτσι, η γνώση των κλινικών πτυχών των ιχνοστοιχείων είναι απαραίτητο εφόδιο για τους κλινικούς ιατρούς πρώτης γραμμής. Εν τω μεταξύ, επιδημιολογικές έρευνες και μελέτες σε ζώα έχουν δείξει την πιθανότητα ότι οι ελλείψεις κάποιων ιχνοστοιχείων συνδέονται με μειωμένο αντιοξειδωτικό δυναμικό σε οργανισμούς (η οποία πιστεύεται ότι πιθανόν αποτελεί τη βάση της εμφάνισης του καρκίνου και της αθηροσκλήρωσης), ταχεία γήρανση, αναπτυξιακή καθυστέρηση στα παιδιά και αυξημένη συχνότητα εμφάνισης μη φυσιολογικής εγκυμοσύνης, ανοσολογικών ανωμαλιών και ασθένειες που σχετίζονται με τον τρόπο ζωής. Έτσι, σχετικά με την προφυλακτική/προληπτική ιατρική, της μελέτης, της έρευνας, και της προφύλαξη των ιχνοστοιχείων προσελκύει επίσης μεγάλη προσοχή.

Επιδημιολογικά δεδομένα σχετικά με τη σχέση μεταξύ πολλών από τα ιχνοστοιχεία και τη συχνότητα εμφάνισης ασθενειών όπως ο καρκίνος, οι καρδιαγγειακές παθήσεις και η υπέρταση είναι ελλιπείς. Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες επικεντρώθηκαν στο κάδμιο, το χρώμιο και το σελήνιο. Επιπλέον, τα περισσότερα από τα στοιχεία δεν σχετίζονται με τη διατροφική έκθεση, αλλά επικεντρώνονται, για παράδειγμα, στην έκθεση κατά την εισπνοή στον εργασιακό χώρο. Τα δεδομένα από πειράματα διατροφής ζώων είναι επίσης ελλιπή. Η επιτροπή εντοπίζει τέτοια κενά στη γνώση και προτείνει οδηγίες για έρευνα.

## 4.2 Στοιχεία που συνδέουν ιχνοστοιχεία με χρόνιες ασθένειες

### 4.2.1 Σίδηρος

Ο σίδηρος υπάρχει σε όλα τα κύτταρα του σώματος. Ως συστατικό της αιμοσφαιρίνης και της μυοσφαιρίνης, λειτουργεί ως φορέας οξυγόνου στο αίμα και στους μυς. Λόγω των απωλειών του σιδήρου κατά τη διάρκεια της εμμήνου ρύσεως, οι γυναίκες στις αναπαραγωγικές τους ηλικίες απαιτούν υψηλότερη πρόσληψη σιδήρου από τους άνδρες. Ως εκ τούτου, το Συνιστώμενο Δίπλωμα Διατροφής (RDA) για γυναίκες ηλικίας 11 έως 50 ετών είναι 18 mg / ημέρα, αλλά για τους άνδρες ηλικίας 19 ετών και άνω είναι μόνο 10 mg / ημέρα. Οι γυναίκες δυσκολεύονται να επιτύχουν αυτή την υψηλή πρόσληψη, επειδή γενικά έχουν σχετικά χαμηλή θερμοιδική πρόσληψη και η συνήθης διατροφή των ΗΠΑ παρέχει μόνο 6 έως 7 mg σιδήρου ανά 1.000 kcal. Δεδομένου ότι η ανάγκη για σίδηρο είναι μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια των περιόδων η ταχεία ανάπτυξη, τα παιδιά από την παιδική ηλικία μέχρι την εφηβεία, καθώς και οι έγκυες γυναίκες, μπορεί να μην καταναλώνουν αρκετό σίδηρο για να καλύψουν τις ανάγκες τους.

Η απορρόφηση του σιδήρου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Η αίμη είναι παρούσα σε κρέατα, πουλερικά, και τα ψάρια και πιο αποτελεσματικά απορροφάται από ανόργανες (nonheme) σιδήρου, το οποίο βρίσκεται σε φυτικά όσο και ζωικά τρόφιμα. Το ασκορβικό οξύ διευκολύνει την απορρόφηση του σιδήρου, αλλά οι φυτικές ίνες, τα φυτά και ορισμένα ιχνοστοιχεία ενδέχεται να το μειώσουν. Τα δεδομένα σχετικά με τη σύνθεση των τροφίμων δεν παρέχουν δείκτες σχετικά με την αποτελεσματικότητα με την οποία το σώμα απορροφά το σίδηρο από ένα δεδομένο τρόφιμο. Η δημοσίευση των συνιστώμενων διαιτητικών επιδομάτων (NRC, 1980) παρέχει οδηγίες σχετικά με τον τρόπο υπολογισμού του διαθέσιμου σιδήρου (Σπαής και Μπαμπίδης, 2012).

Η διαθεσιμότητα σιδήρου στην προσφορά τροφίμων έχει αυξηθεί από το 1909, κυρίως λόγω του εμπλουτισμού των αλεύρων και των προϊόντων δημητριακών. Η έρευνα για την κατανάλωση τροφίμων από το 1977-1978 (NFCS) δείχνει ότι κατά μέσο όρο οι ερωτώμενοι και των δύο φύλων ηλικίας από 1 έως 18 ετών και οι γυναίκες από 19 έως 64 ετών δεν κατάφεραν να τηρήσουν το RDA για το σίδηρο (USDA, 1984). Η συνεχιζόμενη έρευνα για την πρόσληψη τροφής ατόμων (CSFII) που διεξήχθη το 1985 και το 1986 (USDA, 1987a, b) υποστηρίζει αυτά τα ευρήματα. Από μόνο του, ωστόσο, η μη τήρηση του RDA δεν αποτελεί ένδειξη κακής κατάστασης σιδήρου.

Χρησιμοποιώντας δεδομένα από την Εθνική Έρευνα Εξέτασης για την Υγεία και τη Διατροφή (NHANES II), που διεξήχθη από το 1976 έως το 1980, μια επιστημονική ομάδα εμπειρογνομόνων της Ομοσπονδίας Αμερικανικών Εταιρειών Πειραματικής Βιολογίας (FASEB) αξιολόγησε το καθεστώς σιδήρου (LSRO 1984a). Κατά την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν πέντε δείκτες σε τρία διαφορετικά μοντέλα. Ένας σχετικά υψηλός επιπολασμός της ανισορροπημένης κατάστασης σιδήρου παρατηρήθηκε σε παιδιά ηλικίας 1 έως 2 ετών, αρσενικά 11 έως 14 ετών και θηλυκά ηλικίας 25 έως 44 ετών. Μεταξύ εκείνων

των οποίων τα εισοδήματα ήταν κάτω από το επίπεδο φτώχειας, η μειωμένη κατάσταση σιδήρου ήταν υψηλότερη στα παιδιά ηλικίας 1 έως 5 ετών και των γυναικών 25 έως 54 ετών (LSRO, 1984α).

#### 4.2.2. Ψευδάργυρος

Ο ψευδάργυρος, συστατικό περισσότερων από 200 ενζύμων, παίζει σημαντικό ρόλο στον μεταβολισμό των νουκλεϊνικών οξέων, στην αναπαραγωγή των κυττάρων, στην αποκατάσταση ιστών και στην ανάπτυξη μέσω της λειτουργίας του σε πολυμεράσες νουκλεϊνικών οξέων. Αυτά τα εξαρτώμενα από ψευδάργυρο ένζυμα περιλαμβάνουν τα εν δυνάμει περιοριστικά του ρυθμού ένζυμα που εμπλέκονται στη σύνθεση DNA. Ο ψευδάργυρος έχει επίσης πολλές αναγνωρισμένες και βιολογικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις με ορμόνες και παίζει ρόλο στην παραγωγή, αποθήκευση και έκκριση μεμονωμένων ορμονών. Σε Ηνωμένες Πολιτείες έχουν αναφερθεί σοβαρές, μέτριες και περιθωριακές ελλείψεις ψευδαργύρου (Hambidge et al., 1986).

Οι πλουσιότερες πηγές ψευδαργύρου είναι τα οστρακοειδή (ειδικά τα στρείδια), το βόειο κρέας και άλλα κόκκινα κρέατα. Πουλερικά, αυγά, σκληρά τυριά, γάλα, γιαούρτι, όσπρια, ξηροί καρποί και δημητριακά ολικής αλέσεως είναι επίσης καλές πηγές. Πολλοί διαιτητικοί παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων άλλων ορυκτών, φυτικών και διαιτητικών ινών, μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την απορρόφηση ψευδαργύρου (Hambidge et al., 1986). Οι πηγές τροφίμων ψευδαργύρου έχουν αλλάξει από τις αρχές του αιώνα. Μέχρι τη μέση δεκαετία του 1930, οι άνθρωποι έλαβαν περίπου ίσες ποσότητες ψευδαργύρου από τρόφιμα ζωικής και φυτικής προέλευσης, αλλά από το 1960, οι άνθρωποι έλαβαν περίπου το 70% της προσφοράς ψευδαργύρου από ζωοτροφές. Ο ψευδάργυρος από ζωικές πηγές φαίνεται να απορροφάται καλύτερα από αυτόν από φυτικές πηγές.

Το RDA 1980 για τον ψευδάργυρο είναι 15 mg / ημέρα για άτομα ηλικίας 11 ετών και άνω (NRC, 1980), αλλά ο ψευδάργυρος που διατίθεται στην τροφή ανέρχεται μόνο σε 12,3 mg κατά κεφαλή (βλ. Πίνακα 3-5). Οι προσλήψεις ψευδαργύρου εκτιμήθηκαν σε εθνικές έρευνες μόνο από το 1984. Σύμφωνα με το NFCS του 1985, οι άνδρες και οι γυναίκες ηλικίας 19 έως 50 ετών κατανάλωναν κατά μέσο όρο το 94% και το 56% του RDA τους, αντίστοιχα, και τα παιδιά ηλικίας 1 έως 5 ετών που κατανάλωναν 73% του RDA τους 10 mg / ημέρα (USDA 1986, 1987b).

Τα δεδομένα από το NHANES II αξιολογήθηκαν από μια ομάδα FASEB (LSRO, 1984b), η οποία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα επίπεδα ψευδαργύρου στον ορό είναι ανεπαρκή για την αξιολόγηση της θρεπτικής κατάστασης του ψευδαργύρου σε άτομα, αλλά ότι οι χαμηλές τιμές μπορούν να βοηθήσουν στην αναγνώριση ομάδων των οποίων η κατάσταση ψευδαργύρου πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω.

### 4.2.3 Φθόριο

Το φθόριο αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της τροφικής αλυσίδας. Οι Kumrulinen και Koivistoinen (1977) ανέφεραν ότι η μετρούμενη περιεκτικότητα σε φθόριο της διαίτας είναι τριπλάσια σε κοινότητες με φθοριωμένο νερό από ό, τι σε εκείνες όπου το νερό δεν είναι φθοριωμένο. Οι Singer και Orhaug (1979) διαπίστωσαν ότι η περιεκτικότητα σε φθόριο των ξηρών δημητριακών επηρεάζεται έντονα από την περιεκτικότητα σε φθόριο του νερού στο οποίο υποβλήθηκαν σε επεξεργασία. Αναφέρουν επίσης ότι οι παιδικές τροφές περιέχουν υψηλά επίπεδα φθορίου (Singer and Orhaug, 1979). Το φθόριο καταναλώνεται επίσης ακούσια από δύο μεγάλες πηγές: προϊόντα που περιέχουν μηχανικά αποστεωμένο κρέας και φθοριωμένα οδοντόπαστα. Η μέγιστη μέση ημερήσια κατανάλωση (ισοδύναμη με 0,3 mg φθορίου) αναφέρεται για παιδιά ηλικίας κάτω των 5 ετών (Barnhart et al., 1974).

Η αλληλεπίδραση του φθορίου με άλλα διαιτητικά ιόντα θα μπορούσε να επηρεάσει τη βιοδιαθεσιμότητά του. Τα αντιόξινα που περιέχουν αλουμίνιο προκαλούν αρνητική ισορροπία φθορίου αυξάνοντας σημαντικά την έκκριση φθορίου (Spencer and Kramer, 1985, Spencer et al., 1981). Για τα βρέφη που δεν πίνουν φθοριωμένο νερό και για τα άτομα που λαμβάνουν γάλα ανθρώπινου ή αγελάδας (χαμηλής περιεκτικότητας σε φθόριο) αντί για βρεφική συνταγή, συνιστώνται συμπληρώματα φθορίου των 0,25 mg / ημέρα (Forbes and Woodruff, 1985).

Το φθόριο μπορεί να εμπλέκεται στην ανάπτυξη και διατήρηση ενός φυσιολογικού σκελετού (βλ. Παρακάτω και κεφάλαιο 23, Οστεοπόρωση). Η μέτρια συσσώρευση φθορίου στο οστικό μεταλλικό σύμπλοκο έχει ως αποτέλεσμα αυξημένη κρυσταλλικότητα των οστών και μειωμένη διαλυτότητα. Το καθαρό αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός ενός πιο σταθερού ανόργανου συστήματος που είναι λιγότερο ευαίσθητο στην οστική απορρόφηση (Spencer and Kramer, 1985).

### 4.2.4 Σελήνιο

Στη δεκαετία του 1950, η αναγνώριση της οικονομικής σημασίας της ανεπάρκειας σεληνίου στα ζωοτροφές οδήγησε στη χαρτογράφηση των κατανομών σεληνίου στα εδάφη, τις ζωοτροφές και το αίμα των ανθρώπων σε διάφορες ηπείρους. Διαπιστώθηκαν εξαιρετικές διαφορές στην έκθεση, ακόμη και εντός των χωρών. Αυτή η γνώση επέτρεψε στους ερευνητές να πραγματοποιήσουν επιδημιολογικές συσχετίσεις ασθενειών σε ανθρώπους και ζώα και να διεξαγάγουν εργαστηριακά πειράματα για να δοκιμάσουν υποθέσεις. Το 1980, μια επιτροπή του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας έθεσε την εκτιμώμενη ασφαλή και επαρκή ημερήσια πρόσληψη σεληνίου σε 10 έως 40 μg / ημέρα για βρέφη, 20 έως 200 μg / ημέρα για παιδιά και 50 έως 200 μg / ημέρα για άτομα άνω των 11 ετών (NRC, 1980). Μελέτες βασιζόμενες στον κορεσμό της δραστηριότητας υπεροξειδάσης γλουταθειόνης στο πλάσμα υποδηλώνουν ότι η απαίτηση σεληνίου των κινέζων ανδρών είναι περίπου 40 μg / ημέρα (GQ Yang et al., 1987). Μετά την προσαρμογή για διαφορές στο σωματικό βάρος και



την ενσωμάτωση ενός παράγοντα ασφάλειας, μια διαιτητική σύσταση 70 και 55  $\mu\text{g}$  / ημέρα μπορεί να υπολογιστεί για τους άντρες και τις γυναίκες της Βόρειας Αμερικής, αντίστοιχα (Levander, 1987). Η μέση πρόσληψη σεληνίου διατροφής για άντρες των ΗΠΑ ήταν 108  $\mu\text{g}$  / ημέρα μεταξύ 1974 και mid-1982 (Pennington et al., 1984).

Επί του παρόντος, η μόνη καλά χαρακτηρισμένη βιοχημική λειτουργία του σεληνίου στα θηλαστικά είναι ο ρόλος του στο ένζυμο γλουταθειόνης που καταστρέφει το υπεροξειδίο υπεροξειδάση (Hoekstra, 1975). Ωστόσο, έχουν περιγραφεί άλλες πρωτεΐνες που περιέχουν σελήνιο σε θηλαστικά (JG Yang et al., 1987). Το σελήνιο είναι επίσης γνωστό ότι συμμετέχει σε αρκετές σημαντικές μεταβολικές αλληλεπιδράσεις με διάφορα επικίνδυνα στοιχεία όπως ο υδράργυρος, το κάδμιο και το αρσενικό, τα οποία μπορεί να είναι σημαντικά για τη δημόσια υγεία (Levander and Cheng, 1980).

## 5. Πτηνά

Τα πτηνά, επίσης γνωστά ως Aves, αποτελούν μια ομάδα ενδόθερμων σπονδυλωτών, που χαρακτηρίζονται από φτερά, οδοντογλυφικά σαγόνια, τοποθέτηση αυγών με σκληρό κέλυφος, υψηλό μεταβολικό ρυθμό, καρδιά τεσσάρων θαλάμων και ισχυρό αλλά ελαφρύ σκελετό. Τα πουλιά ζουν σε όλο τον κόσμο και κυμαίνονται σε μέγεθος από το 5 εκ. (2 ίντσες (μέλισσα κολιμπρί) ως 2,75 μ (9 ft, στρουθοκάμηλος). Κατατάσσονται ως η πλέον αριθμητικά επιτυχημένη κατηγορία τετραπόδων παγκοσμίως, με περίπου δέκα χιλιάδες ζωντανά είδη, περισσότερο από τα μισά από αυτά είναι περαστικοί, μερικές φορές γνωστοί ως κυνήγι πουλιά. Τα πτηνά έχουν φτερά που είναι περισσότερο ή λιγότερο ανεπτυγμένα ανάλογα με το είδος. οι μοναδικές γνωστές ομάδες χωρίς πτέρυγα είναι τα εξαφανισμένα πουλιά και ελέφαντες. Τα φτερά, τα οποία εξελίχθηκαν από τα εμπρόσθια όρια, έδωσαν στα πτηνά τη δυνατότητα να πετάξουν, αν και η περαιτέρω εξέλιξη οδήγησε στην απώλεια της πτήσης σε πτηνά χωρίς πτήση, συμπεριλαμβανομένων στρουθιοειδών, πιγκουίνων και διαφόρων ενδημικών ειδών πουλιών.

Το πεπτικό και το αναπνευστικό σύστημα των πτηνών είναι επίσης μοναδικά προσαρμοσμένα για πτήση. Ορισμένα είδη πτηνών του υδάτινου περιβάλλοντος, ιδιαίτερα θαλάσσια πτηνά και μερικά υδρόβια πουλιά, έχουν εξελιχθεί περαιτέρω για κολύμβηση. Το απολιθωμένο αρχείο καταδεικνύει ότι τα πουλιά είναι σύγχρονοι δεινόσαυροι με φτερά, που έχουν εξελιχθεί από προγενέστερους φτερωτούς δεινόσαυρους μέσα στην ομάδα theropod, οι οποίοι κατά παράδοση τοποθετούνται στους σαουρυσιακούς δεινοσαύρους. Οι πιο στενοί συγγενείς των πτηνών είναι οι κροκόδειλοι. Οι πρωτόγονοι δεινόσαυροι πουλιών που βρίσκονται έξω από την τάξη Aves, στην ευρύτερη ομάδα Avialae, έχουν βρεθεί που χρονολογούνται από τη μέση Jurassic περίοδο, περίπου 170 εκατομμύρια χρόνια πριν. Πολλά από αυτά τα πρώιμα «βλαστικά πτηνά», όπως το *Archaeopteryx*, δεν ήταν ακόμη ικανά να πετάξουν πλήρως, και πολλά διατηρούσαν πρωτόγονα χαρακτηριστικά, όπως τα οδοντωτά σαγόνια στη θέση των ραμφών και οι μακρές οστέινες ουρές. Τα στοιχεία που βασίζονται στο DNA διαπιστώνουν ότι τα πτηνά διαφοροποιήθηκαν δραματικά κατά τη διάρκεια του γεγονότος εξαφάνισης Κρητιδικών-Παλαιογόνων πριν από 66 εκατομμύρια χρόνια, το οποίο σκότωσε τους πετρόζους και όλες τις γενεές των δεινοσαύρων εκτός των πτηνών. Αλλά τα πουλιά, ειδικά εκείνα των νότιων ηπείρων, επέζησαν αυτού του γεγονότος και στη συνέχεια μετανάστευσαν σε άλλα μέρη του κόσμου, διαφοροποιώντας ταυτόχρονα τις περιόδους παγκόσμιας ψύξης. Αυτό τους καθιστά τους μοναδικούς επιζώντες δεινόσαυρους σύμφωνα με την κλασική φιλοσοφία.

Ορισμένα πτηνά, ειδικά οι κοραλλιογενείς και οι παπαγάλοι, είναι από τα πιο έξυπνα ζώα. πολλά είδη πτηνών κατασκευάζουν και χρησιμοποιούν εργαλεία και πολλά κοινωνικά είδη μεταδίδουν γνώση από γενιά σε γενιά, η οποία θεωρείται μια μορφή πολιτισμού. Πολλά είδη μεταναστεύουν κάθε χρόνο μεγάλες αποστάσεις. Τα πουλιά είναι κοινωνικά, επικοινωνούν με οπτικά σήματα, κλήσεις και τραγούδια πουλιών και συμμετέχουν σε τέτοιες κοινωνικές συμπεριφορές, όπως η συνεργατική αναπαραγωγή και το κυνήγι, η συρρίκνωση

και ο μαρασμός των θηρευτών. Η συντριπτική πλειοψηφία των ειδών πτηνών είναι κοινωνικά μονογαμικές (αναφερόμενες στην κοινωνική διαβίωση, ξεχωριστή από τη γενετική μονογαμία), συνήθως για μία περίοδο αναπαραγωγής κάθε φορά, μερικές φορές για χρόνια, αλλά σπάνια για ζωή. Άλλα είδη έχουν συστήματα αναπαραγωγής που είναι πολυγυμνώδη (διάταξη ενός αρσενικού με πολλές θηλυκές) ή, σπάνια, πολυανδροειδή (διάταξη μιας γυναικάς με πολλά αρσενικά). Τα πουλιά παράγουν απογόνους τοποθετώντας αυγά που γονιμοποιούνται μέσω της σεξουαλικής αναπαραγωγής. Συνήθως τοποθετούνται σε φωλιά και επωάζονται από τους γονείς. Τα περισσότερα πτηνά έχουν εκτεταμένη περίοδο γονικής φροντίδας μετά την εκκόλαψη.

Ορισμένα πτηνά, όπως οι όρνιθες, βάζουν τα αυγά ακόμη και όταν δεν γονιμοποιούνται, αν και τα μη φωτοποιημένα αυγά δεν παράγουν απογόνους. Πολλά είδη πτηνών είναι οικονομικά σημαντικά ως τρόφιμα για ανθρώπινη κατανάλωση και πρώτες ύλες στον τομέα της μεταποίησης, ενώ τα οικίσιτα και μη κατοικίδια πτηνά (πουλερικά και θηράματα) αποτελούν σημαντικές πηγές αυγών, κρέατος και φτερών. Τα Songbirds, οι παπαγάλοι, και άλλα είδη είναι δημοφιλή ως κατοικίδια ζώα. Το Guano (περιττώματα πτηνών) συλλέγεται για χρήση ως λίπασμα. Τα πτηνά εμφανίζονται διακεκριμένα σε όλη την ανθρώπινη κουλτούρα. Περίπου 120-130 είδη έχουν εξαφανιστεί λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας από τον 17ο αιώνα και εκατοντάδες ακόμη πριν. Η ανθρώπινη δραστηριότητα απειλεί περίπου 1.200 είδη πτηνών με εξαφάνιση, αν και βρίσκονται σε εξέλιξη προσπάθειες για την προστασία τους. [3] Η ψυχαγωγική παρατήρηση πουλιών αποτελεί σημαντικό μέρος της βιομηχανίας οικοτουρισμού.



Εικόνα 1. Διάφορα είδη πτηνών

## 5.1 Συμπεριφορά

Τα περισσότερα πτηνά είναι ημερήσια, αλλά ορισμένα πουλιά, όπως πολλά είδη κουκουβαγιών και νυχτερινών πτηνών, είναι νυχτερινά ή ενεργά κατά τη διάρκεια των λυκόφωτων ωρών και πολλά παράκτια νερά τρέφονται όταν η παλίρροια είναι κατάλληλη, μέρα ή νύχτα.

## 5.2 Διατροφή και σίτιση

Οι δίαιτες των πτηνών ποικίλλουν και συχνά περιλαμβάνουν το νέκταρ, τα φρούτα, τα φυτά, τους σπόρους, και διάφορα μικρά ζώα, συμπεριλαμβανομένων άλλων πτηνών. Επειδή τα πτηνά δεν έχουν δόντια, το πεπτικό τους σύστημα είναι προσαρμοσμένο για να επεξεργάζεται τα μη καλυμμένα τρόφιμα που καταπίνονται ολόκληρα. Τα πτηνά που χρησιμοποιούν πολλές στρατηγικές για να αποκτήσουν τρόφιμα ή ζωοτροφές σε μια ποικιλία ειδών διατροφής καλούνται γενικοί, ενώ άλλοι που συγκεντρώνουν χρόνο και προσπάθεια σε συγκεκριμένα είδη διατροφής ή έχουν μια ενιαία στρατηγική για να αποκτήσουν τρόφιμα θεωρούνται ειδικοί. Οι στρατηγικές διατροφής των πτηνών διαφέρουν ανάλογα με τα είδη. Πολλά πουλιά συλλέγουν έντομα, ασπόνδυλα, φρούτα ή σπόρους.

Τα είδη που αναζητούν έντομα επιβλαβών οργανισμών θεωρούνται ωφέλιμα «μέσα βιολογικού ελέγχου» και η παρουσία τους ενθαρρύνεται στα βιολογικά προγράμματα καταπολέμησης των παρασίτων. Συνδυασμένα, εντομοφάγα πτηνά καταναλώνουν 400-500 εκατομμύρια μετρικούς τόνους αρθροπόδων ετησίως. Πολλά πτηνά όπως το κολιμπρί έχουν μεταξύ άλλων ειδικά προσαρμοσμένες βούρτσες και σε πολλές περιπτώσεις έχουν σχεδιαστεί για να προσαρμόσουν τα επιθυμητά λουλούδια. Τα ποικίλα μήκη και οι μέθοδοι τροφοδοσίας των σκωληκοειδών έχουν ως αποτέλεσμα τον διαχωρισμό των οικολογικών θέσεων. Οι πάπιες, οι πιγκουίνοι και οι αύκοι καταδιώκουν το θήραμά τους υποβρύχια, χρησιμοποιώντας τα φτερά τους ή τα πόδια τους για πρόωση, ενώ οι εναέριες αρπακτικές μορφές, όπως οι σούλες, βουτάνε μετά το θήραμά τους. Οι πάπιες και οι χήνες είναι κυρίως βοσκότοποι. Ορισμένα είδη, συμπεριλαμβανομένων των γλάρων και των skuas, εμπλέκονται σε κλεπτοπαρασίτιο, κλέβοντας είδη διατροφής από άλλα πτηνά.

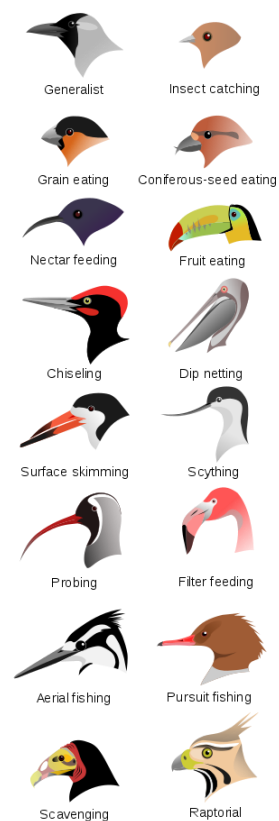
Ο κλεπτοπαρασιτισμός θεωρείται συμπλήρωμα των τροφών που λαμβάνονται από το κυνήγι και όχι σημαντικό μέρος της δίαιτας οποιουδήποτε είδους. Μια μελέτη μεγάλων πτηνών που κλέβουν την τροφή τους εκτιμά ότι τα πτηνά έκλεψαν το 40% του φαγητού τους. Άλλα πουλιά είναι σαρωτές. Μερικά από αυτά, όπως οι γύπες, είναι εξειδικευμένα αρπακτικά, ενώ άλλοι, όπως γλάροι, κοραλίτσες, καλούνται ευκαιριακά αρπακτικά.

### 5.3 Το νερό

Το νερό χρειάζεται ιδιαίτερα σε πολλά πουλιά, αν και ο τρόπος αποβολής του και η έλλειψη ιδρωτοποιών αδένων μειώνουν τις φυσιολογικές απαιτήσεις. Μερικά πουλιά της ερήμου μπορούν να αποκτήσουν τις ανάγκες τους σε νερό εξ ολοκλήρου από την υγρασία στο φαγητό τους.

Μπορούν επίσης να έχουν και άλλες προσαρμογές, όπως η άνοδος της θερμοκρασίας του σώματος τους, η εξοικονόμηση της απώλειας υγρασίας από την ψύξη με εξάτμιση. Τα θαλάσσια πτηνά μπορούν να πίνουν θαλασσινό νερό και να έχουν αλατιδικούς αδένες στο εσωτερικό του κεφαλιού που εξαλείφουν το υπερβολικό άλας από τα ρουθούνια. Τα περισσότερα πουλιά απορροφούν νερό στα ράμφη τους και σηκώνουν το κεφάλι τους για να αφήσουν το νερό να τρέξει κάτω από το λαιμό. Ορισμένα είδη, ειδικά των ξηρών ζωνών, που ανήκει περιστέρι, οι οικογένειες των ορτυκιών και των ορνιθοειδών είναι ικανά να απορροφούν νερό χωρίς να χρειαστούν να γυρίσουν τα κεφάλια τους πίσω.

Ορισμένα πουλιά της ερήμου εξαρτώνται από τις πηγές νερού και τα sandgrouse είναι ιδιαίτερα γνωστά για τον λόγο αυτό. Ορισμένα πτηνά φέρουν νερό για τα μικρά τους στη φωλιά της καλλιέργειας τους ή το αναπολώνουν μαζί με τα τρόφιμα. Η οικογένεια των περιστεριών, οι φλαμίνγκο και οι πιγκουίνοι έχουν προσαρμογές για να παράγουν ένα θρεπτικό υγρό που ονομάζεται γάλα καλλιέργειας που παρέχουν στους νεοσσούς τους.



Βλ. το σελίδα

Εικόνα 2. Διατροφή ανάλογα με τα ράμφη

#### 5.4 Φροντίδα φτερών

Τα φτερά που είναι κρίσιμα για την επιβίωση ενός πουλιού απαιτούν συντήρηση. Εκτός από τη φυσική φθορά, τα φτερά αντιμετωπίζουν την επίθεση των μυκήτων, τα ακάρεα του εκτοπαρασιτικού φτερού και τα περυγίδια. Η φυσική κατάσταση των φτερών διατηρείται με προενήρανση συχνά με την εφαρμογή εκκρίσεων από τον αδένες. Τα πουλιά βυθίζονται επίσης στο νερό ή στη σκόνη. Ενώ μερικά πουλιά βυθίζονται σε ρηγά νερά, τα περισσότερα εναέρια είδη μπορούν να κάνουν εναέρια βύθιση στο νερό και τα δενδρόφυτα είδη συχνά χρησιμοποιούν τη δροσιά ή τη βροχή που συλλέγουν στα φύλλα. Τα πτηνά ξηρών περιοχών χρησιμοποιούν το μαλακό έδαφος για να κολυμπήσουν σε σκόνη.

Μια συμπεριφορά που ονομάζεται *anting*, κατά την οποία το πουλί ενθαρρύνει τα μυρμήγκια να περάσουν από το φτέρωμα τους, πιστεύεται επίσης ότι τα βοηθούν να μειώσουν το φορτίο εκτοπαρασίτου στα φτερά. Πολλά είδη θα απλώσουν τα φτερά τους και θα τα εκθέσουν σε άμεσο ηλιακό φως και αυτό επίσης πιστεύεται ότι βοηθά στη μείωση της μυκητιακής και εκτοπαρασιτικής δραστηριότητας που μπορεί να οδηγήσει σε φθορά φτερών.

#### 5.5 Μετανάστευση

Πολλά είδη πτηνών μεταναστεύουν για να επωφεληθούν από τις παγκόσμιες διαφορές των εποχιακών θερμοκρασιών, με αποτέλεσμα τη βελτιστοποίηση της διαθεσιμότητας των πηγών τροφίμων και των βιότοπων αναπαραγωγής. Αυτές οι μετακινήσεις ποικίλλουν μεταξύ των διαφόρων ομάδων. Πολλά χερσαία πτηνά, χερσαία πτηνά και υδρόβια πτηνά αναλαμβάνουν ετήσιες μεταναστεύσεις μεγάλων αποστάσεων, που συνήθως προκαλούνται από το μήκος του φωτός και τις καιρικές συνθήκες. Αυτά τα πουλιά χαρακτηρίζονται από μια εποχή αναπαραγωγής που δαπανάται σε εύκρατες ή πολικές περιοχές και σε μη αναπαραγωγική περίοδο στις τροπικές περιοχές ή στο αντίθετο ημισφαίριο. Πριν από τη μετανάστευση, τα πτηνά αυξάνουν σημαντικά τα σωματικά λίπη και τα αποθέματα και μειώνουν το μέγεθος ορισμένων από τα όργανα τους.

Η μετανάστευση είναι πολύ απαιτητική ενεργητικά, ιδιαίτερα επειδή τα πουλιά πρέπει να διασχίζουν τις ερήμους και τους ωκεανούς χωρίς ανεφοδιασμό. Τα *Landbirds* έχουν εύρος πτήσεων περίπου 2.500 χιλιομέτρων (1.600 μίλια) και τα *shorebirds* μπορούν να πετάξουν μέχρι και 4.000 χλμ. (142 μίλια), Αν και η *bar-tailed godwi* είναι ικανή για διαρκείς πτήσεις μέχρι 10.200 χλμ (6.300 μίλια). Τα θαλάσσια πτηνά αναλαμβάνουν επίσης μεγάλες μεταναστεύσεις, με τη μεγαλύτερη ετήσια μετανάστευση να είναι εκείνη των *sooty shearwaters*, που φωλιάζουν στη Νέα Ζηλανδία και τη Χιλή και περνούν τη βόρεια καλοκαιρινή σίτιση στο Βόρειο Ειρηνικό, από την Ιαπωνία, την Αλάσκα και την Καλιφόρνια. Άλλα θαλάσσια πτηνά διασκορπίζονται μετά την αναπαραγωγή, ταξιδεύουν

ευρέως αλλά δεν έχουν καθιερωμένη οδό μετανάστευσης. Οι αλβαθροί που φωλιάζουν στον Νότιο Ωκεανό συχνά πραγματοποιούν περιηγήσεις μεταξύ εποχών αναπαραγωγής.



Εικόνα 3. Σμήνος πτηνών στον Καναδά σε σχήμα V.

Ορισμένα είδη πτηνών αναλαμβάνουν μικρότερες μεταναστεύσεις, ταξιδεύοντας μόνο στο μέτρο που απαιτείται για να αποφευχθεί η κακοκαιρία ή να ληφθεί τροφή. Τα είδη Irruptive όπως οι finches είναι μια τέτοια ομάδα και μπορούν συνήθως να βρεθούν σε μια θέση σε ένα χρόνο και να αποχωριστούν την επόμενη. Αυτός ο τύπος μετανάστευσης συνδέεται κανονικά με τη διαθεσιμότητα τροφίμων. Τα είδη μπορούν επίσης να ταξιδεύουν σε μικρότερες αποστάσεις σε ένα τμήμα της εμβέλειας τους, ενώ τα άτομα από τα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη ταξιδεύουν στο υπάρχον φάσμα ειδών. Άλλοι αναλαμβάνουν μερικές μετακινήσεις, όπου μόνο ένα κλάσμα του πληθυσμού, συνήθως θηλυκά και υποσιτισμένα αρσενικά, μεταναστεύει. Η μερική μετανάστευση μπορεί να αποτελέσει ένα μεγάλο ποσοστό της μεταναστευτικής συμπεριφοράς των πτηνών σε ορισμένες περιοχές. Στην Αυστραλία, έρευνες διαπίστωσαν ότι το 44% των πτηνών που δεν περνούν και το 32% των περαστικών ήταν μερικώς μεταναστευτικά. Η υψομετρική μετανάστευση είναι μια μορφή μετανάστευσης μικρών αποστάσεων στην οποία τα πτηνά περνούν την εποχή αναπαραγωγής σε υψηλότερα υψόμετρα και μετακινούνται σε χαμηλότερα κατά τη διάρκεια των υποβέλτιστων συνθηκών.

Συχνά προκαλείται από μεταβολές της θερμοκρασίας και συνήθως συμβαίνει όταν οι κανονικές περιοχές καταστούν επίσης αφιλόξενες λόγω έλλειψης τροφής. Ορισμένα είδη μπορεί επίσης να είναι νομαδικά, που δεν έχουν καθορισμένη περιοχή και μετακινούνται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τη διαθεσιμότητα τροφίμων. Οι παπαγάλοι ως

οικογένεια δεν είναι συντριπτικά ούτε μεταναστευτικοί ούτε καθιστικοί, αλλά θεωρούνται ότι είναι είτε διασκορπισμένοι, , νομαδικοί είτε αναλαμβάνουν μικρές και ακανόνιστες μετακινήσεις. Η ικανότητα των πτηνών να επιστρέψουν σε ακριβείς θέσεις σε τεράστιες αποστάσεις είναι γνωστή εδώ και αρκετό καιρό. Σε ένα πείραμα που διεξήχθη στη δεκαετία του 1950, ένα Manx shearwater που κυκλοφόρησε στη Βοστώνη στις Ηνωμένες Πολιτείες επέστρεψε στην αποικία του στο Skomer, στην Ουαλία μέσα σε 13 ημέρες, σε απόσταση 5.150 χλμ. Τα πτηνά περιηγούνται κατά τη διάρκεια της μετανάστευσης χρησιμοποιώντας μια ποικιλία μεθόδων. Για ημερήσιους μετανάστες, ο ήλιος χρησιμοποιείται για να περιηγηθούν καθημερινά και μια αστρική πυξίδα χρησιμοποιείται τη νύχτα. Τα πουλιά που χρησιμοποιούν τον ήλιο αντισταθμίζουν την αλλαγή θέσης του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας με τη χρήση ενός εσωτερικού ρολογιού. Ο προσανατολισμός με την αστρική πυξίδα εξαρτάται από τη θέση των αστερισμών γύρω από την Polaris. Αυτά υποστηρίζονται σε ορισμένα είδη από την ικανότητά τους να αντιλαμβάνονται τον γεωμαγνητισμό της Γης μέσω εξειδικευμένων φωτοϋποδοχέων.

## 5.6 Επικοινωνία

Τα πουλιά επικοινωνούν κυρίως με οπτικά και ακουστικά σήματα. Τα σήματα μπορούν να είναι μεσοειδικά (μεταξύ ειδών) και ενδοειδικά (εντός είδους). Τα πτηνά χρησιμοποιούν μερικές φορές φτέρωμα για να εκτιμήσουν και να επιβεβαιώσουν την κοινωνική κυριαρχία, να επιδείξουν κατάσταση αναπαραγωγής σε σεξουαλικά επιλεγμένα είδη ή να δημιουργήσουν απειλητικές διαθέσεις, όπως στο μιμητισμό ενός μεγάλου αρπακτικού, για να αποφύγει τα γεράκια και να προστατεύσει νεαρούς νεοσσούς. Η μεταβολή στο φτέρωμα επιτρέπει επίσης την ταυτοποίηση των πτηνών, ιδίως μεταξύ των ειδών. Η οπτική επικοινωνία μεταξύ των πτηνών μπορεί επίσης να περιλαμβάνει τελετουργικές απεικονίσεις, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί από μη σηματοδοτικές ενέργειες όπως η προενίσχυση, οι προσαρμογές της θέσης του φτερού, το μαστίγιο ή άλλη συμπεριφορά. Αυτές οι εικόνες μπορεί να υποδηλώνουν επιθετικότητα ή υποβολή ή να συμβάλλουν στο σχηματισμό δεσμών ζευγαριών. Οι πιο περίπλοκες εμφανίσεις εμφανίζονται κατά τη διάρκεια του ζευγαρώματος, όπου οι "χοροί" συχνά σχηματίζονται από πολύπλοκους συνδυασμούς πολλών πιθανών κινήσεων η επιτυχία αναπαραγωγής των αρσενικών μπορεί να εξαρτάται από την ποιότητα των εν λόγω εικόνων. Οι κλήσεις των πτηνών και τα τραγούδια που παράγονται στο syrixx είναι τα κύρια μέσα με τα οποία τα πουλιά επικοινωνούν με τον ήχο.

Η επικοινωνία αυτή μπορεί να είναι πολύ περίπλοκη. Ορισμένα είδη μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα τις δύο πλευρές του syrixx, επιτρέποντας την ταυτόχρονη παραγωγή δύο διαφορετικών τραγουδιών. Οι κλήσεις χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς, συμπεριλαμβανομένης της προσέλκυσης προσώπων, της αξιολόγησης δυνητικών συζύγων, του σχηματισμού δεσμών, της διεκδίκησης και της διατήρησης των εδαφών, της



αναγνώρισης άλλων ατόμων (όπως όταν οι γονείς αναζητούν κοτόπουλα σε αποικίες ή όταν οι σύντροφοι επανενωθούν στην αρχή της εποχής αναπαραγωγής), και την προειδοποίηση άλλων πτηνών για πιθανούς θηρευτές, μερικές φορές με συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με τη φύση της απειλής. Μερικά πουλιά χρησιμοποιούν επίσης μηχανικούς ήχους για ακουστική επικοινωνία. Τα snipes του *Coenocorypha* της Νέας Ζηλανδίας οδηγούν τον αέρα μέσω των φτερών τους.

### 5.7 Σμήνοι και άλλοι σχηματισμοί

Ενώ ορισμένα πουλιά είναι ουσιαστικά εδαφικά ή ζουν σε μικρές οικογενειακές ομάδες, άλλα πουλιά μπορεί να σχηματίσουν μεγάλα κοπάδια. Τα κυριότερα οφέλη της συρρίκνωσης είναι η ασφάλεια σε αριθμούς και η αυξημένη αποτελεσματικότητα της χρήσης τροφής. Η άμυνα εναντίον των θηρευτών είναι ιδιαίτερα σημαντική σε κλειστά ενδιαίτηματα όπως τα δάση, όπου η επιδημία ενέδρου είναι κοινή και τα πολλαπλά μάτια μπορούν να αποτελέσουν ένα πολύτιμο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης. Αυτό έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πολλών σμήνων μικτών ειδών, τα οποία συνήθως αποτελούνται από μικρό αριθμό πολλών ειδών. Αυτά τα σμήνη παρέχουν ασφάλεια σε αριθμό αλλά αυξάνουν τον δυνητικό ανταγωνισμό για πόρους. Το κόστος συρρίκνωσης περιλαμβάνει τον εκφοβισμό των κοινωνικά υποδεέστερων πτηνών από πτηνά που κυριαρχούν και τη μείωση της αποτελεσματικότητας της σίτισης σε ορισμένες περιπτώσεις. Τα πουλιά μερικές φορές σχηματίζουν επίσης ενώσεις με μη πτηνά είδη. Τα θαλάσσια πτηνά κατάδυσης που συνδέονται με τα δελφίνια και τον τόνο, τα οποία ωθούν τα ψάρια που εκσφενδονίζουν προς την επιφάνεια. Οι Hornbills έχουν μια αμοιβαία σχέση με τις μανγκόες, στις οποίες συσσωρεύουν και προειδοποιούν ο ένας τον άλλον για τα κοντινά αρπακτικά.

### 5.8 Ανάπαυση και διανυκτέρευση

Οι υψηλοί ρυθμοί μεταβολισμού των πτηνών κατά τη διάρκεια του ενεργού μέρους της ημέρας συμπληρώνονται με ανάπαυση σε άλλες εποχές. Τα πτηνά συχνά χρησιμοποιούν έναν τύπο ύπνου γνωστό ως ύπνο επαγρύπνησης, όπου οι περίοδοι ανάπαυσης διασκορπίζονται με «γρήγορες» ματιές που ανοίγουν τα μάτια, επιτρέποντάς τους να είναι ευαίσθητες στις διαταραχές και να επιτρέπουν την ταχεία απόδραση από τις απειλές. Κάποια πτηνά θεωρείται ότι μπορούν να κοιμηθούν κατά την πτήση και οι παρατηρήσεις από το ραντάρ υποδεικνύουν ότι προσανατολίζονται προς τον άνεμο κατά την πτήση τους. Έχει προταθεί ότι μπορεί να υπάρχουν ορισμένα είδη ύπνου, τα οποία είναι δυνατά ακόμη και κατά την πτήση.

Ορισμένα πουλιά έχουν επίσης καταδείξει την ικανότητα να πέφτουν σε αργό κύμα ύπνου το ένα ημισφαίριο του εγκεφάλου κάθε φορά. Τα πουλιά τείνουν να ασκούν αυτή την

ικανότητα ανάλογα με τη θέση τους σε σχέση με το εξωτερικό του κοπαδιού. Αυτό μπορεί να επιτρέψει στο μάτι απέναντι από το ημισφαίριο του ύπνου να παραμείνει σε επαγρύπνηση για τους θηρευτές βλέποντας τα εξωτερικά περιθώρια του κοπαδιού. Αυτή η προσαρμογή είναι επίσης γνωστή από τα θαλάσσια θηλαστικά. Η κοινωνική νάρκη είναι κοινή επειδή μειώνει την απώλεια της θερμότητας του σώματος και μειώνει τους κινδύνους που συνδέονται με τους θηρευτές. Οι περιοχές δρομολόγησης συχνά επιλέγονται σε σχέση με τη θερμορυθμία και την ασφάλεια. Πολλοί ύπνοι πτηνών γίνονται καθώς αυτά λυγίζουν τα κεφάλια τους πάνω από τις πλάτες τους και μπαίνουν στα πίσω φτερά τους, αν και άλλοι τοποθετούν τα ράμφη τους στα φτερά του στήθους τους. Πολλά πουλιά στηρίζονται σε ένα πόδι, ενώ μερικά μπορεί να τραβήξουν τα πόδια τους στα φτερά τους, ειδικά σε κρύο καιρό. Τα πτηνά που κυνηγούν διαθέτουν μηχανισμό ασφάλισης τένοντα, ο οποίος τους βοηθά να παραμείνουν στην πρύμνη όταν κοιμούνται. Πολλά πτηνά εδάφους, όπως τα ορτύκια και οι φασιανοί, φουντώνουν στα δέντρα. Μερικοί παπαγάλοι του γένους *Loriculus* κρέμονται ανάποδα.

Ορισμένα κολίβρια περνούν σε νυχτερινή κατάσταση νάρκης, συνοδευόμενα από μείωση των μεταβολικών τους ρυθμών. Αυτή η φυσιολογική προσαρμογή δείχνει σε περίπου εκατό άλλα είδη, συμπεριλαμβανομένων των *owlet-nightjars*. Ένα είδος, η *common roorwill*, μπαίνει ακόμη και σε κατάσταση χειμερίας νάρκης. Τα πτηνά δεν έχουν ιδρώτες, αλλά μπορούν να κατεβάσουν την θερμοκρασία τους με το να μετακινούνται σε σκιά, να στέκονται στο νερό, να λαχανιάζουν, να αυξάνουν την επιφάνεια τους, να κυματίζουν στο λαιμό τους ή να χρησιμοποιούν ειδικές συμπεριφορές όπως η ουροϊδρωσία για να κρυώσουν.



Εικόνα 4. Πολλά πουλιά, όπως αυτό το αμερικανικό φλαμίνγκο, μπαίνουν στο κεφάλι τους όταν κοιμούνται

## 5.9 Αναπαραγωγικά και κοινωνικά συστήματα

Ενενήντα πέντε τοις εκατό των ειδών των πτηνών είναι κοινωνικά μονογαμικά. Αυτά τα είδη ζευγαριών είναι μονογαμικά τουλάχιστον για τη διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, για αρκετά χρόνια ή μέχρι το θάνατο ενός συντρόφου. Η μονογαμία επιτρέπει τόσο την πατρική φροντίδα όσο και τη διπλή περίθαλψη, η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική για είδη στα οποία τα θηλυκά χρειάζονται βοήθεια από τους άνδρες για την επιτυχή εκτροφή των νεοσσών τους. Μεταξύ πολλών κοινωνικά μονογαμικών ειδών, η ύπαρξη των επιπλέον ζευγών («απιστία») είναι κοινή. Μια τέτοια συμπεριφορά συμβαίνει συνήθως ανάμεσα σε κυρίαρχα αρσενικά και θηλυκά ζευγαρωμένα με υποδεέστερα αρσενικά, αλλά μπορεί επίσης να είναι το αποτέλεσμα της αναγκαστικής συρρίκνωσης σε πάπιες και άλλα πτηνά. Τα θηλυκά πτηνά έχουν μηχανισμούς αποθήκευσης σπέρματος που επιτρέπουν στα σπέρματα από τα αρσενικά να παραμείνουν βιώσιμα πολύ μετά την συνένωση, μέχρι και εκατοντάδες ημέρες σε ορισμένα είδη. Το σπέρμα από πολλά αρσενικά μπορεί να ανταγωνιστεί μέσω αυτού του μηχανισμού. Για τα θηλυκά, τα πιθανά οφέλη από την εξωπαραγωγική συσσώρευση περιλαμβάνουν τη λήψη καλύτερων γονιδίων για τους απογόνους της και την εξασφάλιση της πιθανότητας υπογονιμότητας στον σύντροφό τους. Τα αρσενικά των ειδών που ασχολούνται με εξω-ζευγαρώσεις θα προστατεύσουν προσεκτικά τους συναδέλφους τους για να εξασφαλίσουν την προέλευση των απογόνων που θα αποκτήσουν. Άλλα συστήματα ζευγαρώματος, συμπεριλαμβανομένων των polygyny, polyandry, polygamy, polygynandry, και promiscuity, επίσης εμφανίζονται.

Πολυγαμικά συστήματα αναπαραγωγής προκύπτουν όταν τα θηλυκά είναι σε θέση να αυξήσουν τα αρπακτικά ζώα χωρίς τη βοήθεια των αρσενικών. Ορισμένα είδη μπορούν να χρησιμοποιούν περισσότερα από ένα συστήματα ανάλογα με τις περιστάσεις. Η αναπαραγωγή συνήθως περιλαμβάνει κάποια μορφή αντίδρασης, που συνήθως εκτελείται από το αρσενικό. Οι περισσότερες αντιδράσεις είναι μάλλον απλές και περιλαμβάνουν κάποιο είδος τραγουδιού. Ορισμένες αντιδράσεις, ωστόσο, είναι αρκετά περίπλοκες. Ανάλογα με το είδος, αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν τύλιγμα πτερυγών ή ουράς, χορό, αεροπορικές πτήσεις ή κοινόχρηστη λεκάνη. Τα θηλυκά γενικά είναι εκείνα που οδηγούν την επιλογή των ζευγών, αν και στις πολυανδροειδείς φαλλοπές, αυτό αντιστρέφεται: τα πιο αδύναμα αρσενικά επιλέγουν έντονα χρωματιστά θηλυκά. Η σίτιση, και η κατανάλωση των γευμάτων πραγματοποιούνται συνήθως μεταξύ των εταίρων, γενικά αφού τα πουλιά έχουν ζευγαρώσει. Η ομοφυλοφιλική συμπεριφορά παρατηρήθηκε σε αρσενικά ή θηλυκά σε πολλά είδη πτηνών, συμπεριλαμβανομένης της σύζευξης των ζευγαριών και της γονιμοποίησης των νεοσσών.



Εικόνα 5. Όπως και άλλοι της οικογένειάς του, το αρσενικό Raggiana bird-of-paradise έχει πολύπλοκο φτερό αναπαραγωγής που χρησιμοποιείται για να εντυπωσιάσει τα θηλυκά

### 5.10 Εδάφη, φωλιά και επώαση

Πολλά πτηνά υπερασπίζονται ενεργά μια περιοχή από άλλα πτηνά του ίδιου είδους κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου. Η διατήρηση των εδαφών προστατεύει την πηγή τροφής για τις νεοσσούς τους. Τα είδη που δεν μπορούν να υπερασπιστούν περιοχές που τροφοδοτούν τα ζώα, όπως τα θαλάσσια πτηνά, συχνά εκτρέφονται σε αποικίες. Αυτό θεωρείται ότι προσφέρει προστασία από τους αρπακτικούς. Τα πτηνά των αποικιών υπερασπίζονται μικρούς χώρους φωλεοποίησης και ο ανταγωνισμός μεταξύ και εντός των ειδών για περιοχές φωλεοποίησης μπορεί να είναι έντονος. Όλα τα πουλιά βάζουν αμνιακά αυγά με σκληρά κελύφη κατασκευασμένα κυρίως από ανθρακικό ασβέστιο. Τα είδη φωλεοποίησης των τρυπών και των ανοιγμάτων τείνουν να τοποθετούν λευκά ή ωχρά αυγά. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές εξαιρέσεις σε αυτό το μοτίβο. Τα nightjars που φωλιάζουν στο έδαφος έχουν ωχρά αυγά και το καμουφλάζ τους παρέχεται από το φτέρωμα τους. Τα είδη που είναι θύματα παράσιτων των ορνίθων έχουν ποικίλα χρώματα αυγών για να βελτιώσουν τις πιθανότητες εντοπισμού του αυγού ενός παρασίτου, το οποίο αναγκάζει τα θηλυκά παράσιτα να ταιριάζουν με τα αυγά τους με εκείνα των ξενιστών τους. Τα αυγά πουλιών συνήθως τοποθετούνται σε φωλιά. Τα περισσότερα είδη δημιουργούν κάπως περίπλοκες φωλιές. Ορισμένες φωλιές πουλιών, ωστόσο, είναι εξαιρετικά πρωτόγονες: οι φωλιές του αλβατόρου δεν είναι παρά ένα ζύσιμο στο έδαφος.

Τα περισσότερα πουλιά κατασκευάζουν φωλιές σε προστατευμένες, κρυμμένες περιοχές για να αποφύγουν την καταστροφή, αλλά μεγάλα ή αποικιακά πουλιά - τα οποία είναι πιο ικανά για άμυνα - μπορούν να χτίσουν πιο ανοιχτές φωλιές. Κατά τη διάρκεια της κατασκευής της φωλιάς, ορισμένα είδη αναζητούν φυτική ύλη από φυτά με τοξίνες που μειώνουν τα παράσιτα για να βελτιώσουν την επιβίωση των νεοσσών και τα φτερά χρησιμοποιούνται συχνά για μόνωση φωλιάσματος. Ορισμένα είδη πτηνών δεν έχουν φωλιές. Η κοινή guillemot που φωλιάζει στο βράχο βάζει τα αυγά σε γυμνό βράχο και οι αρσενικοί πιγκουίνοι κρατούν τα αυγά μεταξύ του σώματος και των ποδιών τους. Η απουσία φωλιών είναι ιδιαίτερα επικρατέστερη στα είδη που φωλιάζουν στο έδαφος.

Η επώαση, η οποία βελτιστοποιεί τη θερμοκρασία για την ανάπτυξη νεοσσών, αρχίζει συνήθως μετά την τοποθέτηση του τελευταίου αυγού. Σε μονογαμικά είδη επώασης συχνά μοιράζονται τα καθήκοντα, ενώ σε πολυγαμικά είδη ένας γονέας είναι απόλυτα υπεύθυνος για την επώαση. Η ζεστασιά από τους γονείς περνάει στα αυγά μέσω των περιοχών γυμνού δέρματος στην κοιλιά ή στο στήθος των πουλιών που επωάζονται. Η επώαση μπορεί να είναι μια ενεργειακά απαιτητική διαδικασία. Οι ενήλικες αλβαλοτροί, για παράδειγμα, χάνουν μέχρι και 83 γραμμάρια σωματικού βάρους ανά ημέρα επώασης. Η ζεστασιά για την επώαση των αυγών των megarodes προέρχεται από τον ήλιο, από τη φθορά της βλάστησης ή από τις ηφαιστειακές πηγές. Οι περίοδοι επώασης κυμαίνονται από 10 ημέρες (σε κούκους και κάποια άλλα πτηνά) σε πάνω από 80 ημέρες (σε αλβατόρους κλπ).

Η ποικιλομορφία των χαρακτηριστικών των πτηνών είναι μεγάλη, μερικές φορές ακόμη και σε στενά συγγενικά είδη.

### 5.11 Γονική φροντίδα

Κατά τη στιγμή της εκκόλαψης τους, οι νεοσσοί αναπτύσσονται από ανήμπορους έως ανεξάρτητους, ανάλογα με το είδος τους. Οι ανήμπορες νεοσσοί ονομάζονται altricial και τείνουν να γεννιούνται μικρές, τυφλές, ακίνητες και γυμνές. Οι νεοσσοί που είναι κινητοί και φτερωμένοι κατά την εκκόλαψη ονομάζονται precocial. Οι αρσενικοί νεοσσοί χρειάζονται βοήθεια για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας και πρέπει να παραμείνουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από τις θηλυκές νεοσσοί. Οι νεοσσοί πολλών ειδών πουλιών δεν ταιριάζουν με ακρίβεια είτε στην μία κατηγορία είτε στην άλλη, έχοντας κάποιες πτυχές από κάθε μία και έτσι πέφτουν κάπου σε ένα ενδιάμεσο φάσμα. Οι νεοσσοί που δεν είναι ούτε στην μία κατηγορία ούτε στην άλλη, μπορεί να ονομάζονται είτε semi-precocial είτε semi-altricial. Το μήκος και η φύση της γονικής φροντίδας ποικίλλει ευρέως μεταξύ διαφορετικών ειδών. Στο ένα άκρο, η γονική μέριμνα στους megarodes τελειώνει κατά την εκκόλαψη. Οι νεοσύστατοι νεοσσοί ξεφορτώνεται από το ανάχωμα της φωλιάς χωρίς γονική βοήθεια και μπορούν να φροντίσουν αμέσως τον εαυτό τους. Στο άλλο άκρο, πολλά θαλάσσια πτηνά έχουν παρατείνει τις περιόδους γονικής μέριμνας, με το μεγαλύτερο να είναι εκείνο του

great frigatebird, στο οποίο οι νεοσσοί χρειάζονται μέχρι έξι μήνες για να φύγουν από τη φωλιά και τροφοδοτούνται από τους γονείς για επιπλέον 14 μήνες.

Η βαθμίδα του νεοσσού (*chick guard stage*) περιγράφει την περίοδο αναπαραγωγής κατά την οποία ένα από τα ενήλικα πουλιά είναι μόνιμα παρόν στη φωλιά μετά την εκκόλαψη των νεοσσών. Ο κύριος σκοπός του σταδίου αυτού είναι να βοηθήσουν τους απογόνους να ρυθμίσουν τη θερμοκρασία και να τους προστατεύσουν από την καταστροφή. Σε ορισμένα είδη, και οι δύο γονείς φροντίζουν για τηγάνισμα και νεοσσοί. Σε άλλες, η φροντίδα αυτή είναι ευθύνη μόνο ενός φύλου. Σε ορισμένα είδη, άλλα μέλη του ίδιου είδους - συνήθως στενοί συγγενείς του ζευγαριού αναπαραγωγής, όπως οι απόγονοι από προηγούμενα αρπακτικά ζώα - θα βοηθήσουν στην ανατροφή των νέων. Η τοποθέτηση αυτή είναι ιδιαίτερα κοινή μεταξύ της Corvidae, η οποία περιλαμβάνει τέτοια πτηνά όπως τα crows, Australian magpie και fairy-wrens, αλλά έχει παρατηρηθεί και σε είδη διαφορετικά όπως το rifleman. Μεταξύ των περισσότερων ομάδων ζώων, η αρσενική φροντίδα των γονέων είναι σπάνια. Στα πτηνά, ωστόσο, είναι αρκετά συνηθισμένο - περισσότερο από ό, τι σε οποιαδήποτε άλλη τάξη σπονδυλωτών.

Αν και η άμυνα της περιοχής και της φωλιάς, η επώαση και η διατροφή των νεοσσών είναι συχνά επιμερισμένα καθήκοντα, υπάρχει μερικές φορές ένας καταμερισμός της εργασίας στον οποίο ο σύντροφός αναλαμβάνει το σύνολο ή το μεγαλύτερο μέρος ενός συγκεκριμένου καθήκοντος. Οι νεοσσοί των *Synthliboramphus*, όπως και οι *ancient murrelet*, εγκαταλείπουν τη φωλιά τη νύχτα μετά την εκκόλαψη, ακολουθώντας τους γονείς τους στη θάλασσα, όπου εκτρέφονται από τους χερσαίους θηρευτές. Ορισμένα άλλα είδη, όπως οι πάπιες, μετακινούν τους νεοσσοί τους μακριά από τη φωλιά σε νεαρή ηλικία. Στα περισσότερα είδη, οι νεοσσοί εγκαταλείπουν τη φωλιά μόλις πριν, ή σύντομα μετά, είναι σε θέση να πετάξουν. Το ύψος της γονικής μέριμνας μετά τη μετακίνηση ποικίλλει. Οι νεοσσοί αλβαλοτροφών εγκαταλείπουν τη φωλιά μόνη τους και δεν λαμβάνουν περαιτέρω βοήθεια, ενώ άλλα είδη συνεχίζουν κάποια συμπληρωματική σίτιση μετά την απογείωση. Οι νεοσσοί μπορούν επίσης να ακολουθήσουν τους γονείς τους κατά την πρώτη μετανάστευσή τους.

## 6. Ελλείψεις Ιχνοστοιχείων σε πτηνά

### 6.1 Ανεπάρκεια μαγγανίου

Μια ανεπάρκεια μαγγανίου στη διαίτα των νεαρών κοτόπουλων και των γαλοπούλων είναι μία από τις πιθανές αιτίες της πέροσης (perosis) και της χονδροδυστροφίας (chondrodystrophy), καθώς και η παραγωγή αυγών με λεπτόκοκκο κέλυφος και η κακή εκκόλαψη σε ώριμα πουλιά.

Η πιο δραματική κλασική επίδραση του συνδρόμου ανεπάρκειας μαγγανίου είναι η πάρωση, που χαρακτηρίζεται από διόγκωση και δυσμορφία της μεταταρσικής αρθρίτιδας (tibiotarsal joint), συστροφή και κάμψη του απομακρυσμένου άκρου της κνήμης και

του εγγύτερου άκρου του ταρσομετατάρσιου, πύκνωση και πτώση των οστών των ποδιών και ολίσθηση του γαστρεντερικού τένοντα από τους κονδύλους. Αυξημένη πρόσληψη ασβεστίου ή / και φωσφόρου θα επιδεινώσει την κατάσταση λόγω της μειωμένης απορρόφησης του μαγγανίου μέσω της δράσης του ιζηματοποιημένου φωσφορικού ασβεστίου στην εντερική οδό. Στις ωοπαραγωγές όρνιθες, μειωμένη παραγωγή αυγών, σημαντικά μειωμένη εκκόλαψη, και αραίωση κελύφους κελύφους σημειώνονται συχνά.

Μια δίαιτα/διατροφή με ανεπάρκεια μαγγανίου μπορεί να οδηγήσει σε χονδροδυστροφία σε έμβρυα κοτόπουλου. Αυτή η κατάσταση χαρακτηρίζεται από κοντά, και παχιά πόδια και κοντά φτερά. Άλλα σημεία μπορεί να περιλαμβάνουν ένα ράμφος παπαγάλου που προκαλείται από δυσανάλογη μείωση του κατώτερου γνάθου, σφαιρικό περίγραμμα της κεφαλής λόγω της πρόσθιας διόγκωσης του κρανίου, οίδημα που συμβαίνει ακριβώς επάνω από τον αρθρικό σύνδεσμο του λαιμού και εκτείνεται προς τα πίσω και προεξέχει από την κοιλιά λόγω του ακατάλληλου κρόκου (yolk). Η ανάπτυξη επίσης μειώνεται και η ανάπτυξη των κάτω άκρων και των φτερών επιβραδύνεται. Μια νεοσσός που έχει έλλειψη μαγγανίου έχει μια χαρακτηριστική στάση που κοιτάζει προς τα πάνω, επειδή η φυσιολογία του εσωτερικού αυτιού είναι ελαττωματική.

Οι παραμορφώσεις δεν μπορούν να διορθωθούν με τη διατροφή περισσότερου μαγγανίου. Οι επιδράσεις της ανεπάρκειας μαγγανίου στην παραγωγή αυγών διορθώνονται πλήρως με τη διατροφή που περιέχει τουλάχιστον 30-40 mg μαγγανίου / kg, υπό τον όρο ότι η διατροφή δεν περιέχει περίσσεια ασβεστίου ή / και φωσφόρου. Υπάρχει ένδειξη για την ανάγκη για ιόντα Fe<sup>2+</sup> + καθώς και για το μαγγάνιο για τη διόρθωση της ανεπάρκειας, αν και οι περισσότερες εμπορικές δίαιτες πουλερικών περιέχουν υπερβολική ποσότητα σιδήρου.

## **6.2. Αποτελέσματα πρόσφατων πειραμάτων σχετικά με τη χρήση μαγγανίου σε διαιτολόγια πτηνών**

Το μαγγάνιο, ως κρίσιμο συστατικό των ενζύμων που εμπλέκονται στο σύστημα αντιοξειδωτικής αποικοδόμησης, του μεταβολισμού των πρωτεϊνών και του σχηματισμού οστών ως δισμουτάση υπεροξειδίου, τρανσφεράσες, υδρολάσες και λυγάσες (Keen et al., 1999, 2000) είναι ένα σημαντικό ιχνοστοιχείο για τους ζωντανούς οργανισμούς. Από τις πιο δημοφιλείς εμπορικές οργανικές πηγές μαγγανίου είναι η πρωτεΐνη Mn. Οι Wang et al. (2012) αξιολόγησαν τη βιοδιαθεσιμότητα οργανικού πρωτεϊνικού άλατος του Mn σε σχέση με το οργανικό θειικό άλας Mn για τα κοτόπουλα που τρέφονται με συμβατική βασική δίαιτα σιμιγδαλιού σόγιας.

Με βάση πολλαπλές γραμμικές παλινδρομήσεις τέτοιων δεικτών όπως η συγκέντρωση Mn, η δραστηριότητα υπεροξειδίου δισμουτάσης του μαγγανίου (MnSOD) και τα επίπεδα MnSOD mRNA του καρδιακού ιστού, δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές στη βιοδιαθεσιμότητα μεταξύ των πηγών Mn. Διάφορα αποτελέσματα ελήφθησαν από τους Brooks et al. (2012) σε μια μελέτη με κοτόπουλα που τράφηκαν με διατροφή βασισμένη σε

γεύμα καλαμποκιού και σόγιας με αυξημένα επίπεδα Ca και P. Αναφέρουν ότι η σχετική βιοδιαθεσιμότητα του προπιονικού Mn, σε σύγκριση με το θεικό άλας Mn (100%), με τη χρήση της σχετικής ανάλυσης κλίσης και της συγκεντρώσεως Mn οστού ως παράμετρος απόκρισης, ήταν 139% (Brooks et al., 2012).

Ο στόχος δύο ερευνητικών έργων, δηλ. πειράματα επί τόπου (in situ) με προσδεμένους δωδεκαδακτυλικούς βρόχους και in vivo, από τους Bai et al. (2012) ήταν να διερευνηθεί η επίδραση των πηγών Mn στη μεταφορά Mn και τη γονιδιακή έκφραση του μεταφορέα δισθενούς μετάλλου 1 (DMT1 divalent metal transporter 1) στα έντερα των κοτόπουλων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έδειξαν ότι τα οργανικά χηλικά του Mn με αμινοξύ με μέτρια ή ισχυρή αντοχή χηλίωσης αύξησαν σημαντικά το μέγιστο μεταφερόμενο επίπεδο mRNA του Mn και του DMT1 στο δωδεκαδάκτυλο σε σύγκριση με το θεικό μαγνήσιο (Bai et al., 2012). Ομοίως, αναφέρθηκε ένα θετικό αποτέλεσμα για ένα διαιτητικό οργανικό χηλικό σύμπλοκο Mn και αμινοξέος με μέτρια αντοχή χηλίωσης στην ενεργοποίηση της έκφρασης γονιδίου υπεροξειδίου δισμουτάσης που περιέχει Mn σε αμφοτέρα τα μεταγραφικά και μεταφραστικά επίπεδα στον καρδιακό ιστό των κοτόπουλων (Li et al.)

Σε μια μελέτη με όρνιθες ωστόσο, μια διατροφική οργανική πηγή μαγγανίου (πρωτεϊνικό Mn) έδωσε καλύτερα αποτελέσματα, από την άποψη της αύξησης βάρους, του βάρους των αυγών, του ποσοστού των μη κατεστραμμένων αυγών και των δεικτών ποιότητας των οστών κνήμης, από το ανόργανο θεικό μαγνήσιο Yildiz et al., 2011). Η ευεργετική αυτή επίδραση σχετίζεται πιθανότατα με μεταβολές στην κατανομή των μεταλλικών στοιχείων στις όρνιθες και ιδιαίτερα με τη συσσώρευση Mn στα οστά, προωθούμενη από τη χρήση οργανικών μορφών Mn (Yildiz et al., 2011).

### 6. 3. Ανεπάρκεια σιδήρου και χαλκού

Οι ανεπάρκειες του σιδήρου και του χαλκού μπορούν να οδηγήσουν σε αναιμία. Η έλλειψη σιδήρου προκαλεί σοβαρή αναιμία με μείωση του PCV. Στα στελέχη με χρωματιστά φτερά (color-feathered strains), υπάρχει επίσης απώλεια χρωματισμού στα φτερά. Οι απαιτήσεις των πτηνών για τη σύνθεση RBC έχουν προτεραιότητα έναντι του μεταβολισμού των χρωστικών ουσιών φτερών, παρόλο που σε περίπτωση εισαγωγής εμπλουτισμένης διαίτας, κάθε επόμενη ανάπτυξη φτερών είναι φυσιολογική. Οι γραμμές οριοθέτησης στα φτερά αποτελούν μέρος της διάγνωσης. Ο σίδηρος μπορεί να χρειαστεί όχι μόνο για τα κόκκινα φτερού, τα οποία είναι γνωστό ότι περιέχουν σίδηρο, αλλά και για να λειτουργούν σε ένα σύστημα ενζύμων που εμπλέκεται στη διαδικασία χρωματισμού. Η ωχρατοξίνη σε 4-8 mcg / g διαίτα προκαλεί επίσης ανεπάρκεια σιδήρου που χαρακτηρίζεται από υποχρωρική μικροκυτταρική αναιμία (hypochromic microcytic anemia). Η αφλατοξίνη μειώνει επίσης την απορρόφηση σιδήρου.

Τα νεαρά κοτόπουλα γίνονται κουτσά μέσα σε 2-4 εβδομάδες όταν τροφοδοτούνται με μια διαίτα με ανεπάρκεια χαλκού. Τα οστά είναι εύθραυστα και εύκολα σπασμένα, ο επιφυσιακός χόνδρος καθίσταται πυκνός και η αγγειακή διείσδυση του παχυνθέντος χόνδρου



μειώνεται αισθητά. Αυτές οι αλλοιώσεις των οστών μοιάζουν με τις αλλαγές που παρατηρήθηκαν σε πτηνά με ανεπάρκεια βιταμίνης Α. Απαιτείται χαλκός για το σχηματισμό χόνδρου και ορισμένα ανθεκτικά συστατικά όπως μερικοί απολυμαντικοί κόκκοι (grain fumigants) που έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζουν την ανάπτυξη του σκελετού, πιθανώς μέσω αλληλεπίδρασης με το μεταβολισμό του χαλκού. Τα κοτόπουλα με έλλειψη χαλκού μπορούν επίσης να εμφανίσουν αταξία και σπαστική παράλυση.

Η έλλειψη χαλκού στα πτηνά, και ειδικά στις γαλοπούλες, μπορεί να οδηγήσει σε ρήξη της αορτής. Η βιοχημική βλάβη στην αορτή με ανεπάρκεια χαλκού πιθανότατα σχετίζεται με την αδυναμία συνθέσεως της δεσμοσίνης, της προδρόμου εγκάρσιας σύνδεσης της ελαστίνης. Η περιεκτικότητα σε λυσίνη της ελαστίνης κατά την έλλειψη χαλκού είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από αυτή των υγιών πτηνών, γεγονός που υποδηλώνει την αποτυχία να ενσωματωθεί η λυσίνη στο μόριο της δεσμοσίνης. Στις περιπτώσεις της φυσικής ρήξης αορτής, πολλά πτηνά έχουν <10 ppm χαλκού στο ήπαρ, σε σύγκριση με 15-30 ppm που παρατηρούνται συνήθως σε πτηνά συγκρίσιμης ηλικίας. Υψηλά επίπεδαθειικών ιόντων, μολυβδαίνιο και επίσης ασκορβικό οξύ μπορούν να μειώσουν τα επίπεδα του ήπατος του χαλκού. Έχει παρατηρηθεί μεγάλη εμφάνιση ρήξης αορτής σε γαλοπούλες που τράφηκαν με 4-νιτροφαινυραριζικό οξύ. Το πρόβλημα μπορεί να επιλυθεί με την τροφοδοσία υψηλότερων επιπέδων χαλκού, γεγονός που υποδηλώνει ότι προϊόντα όπως το 4-νιτρο μπορούν φυσικά να συμπλέκονται με χαλκό.

### **6.3.1. Αποτελέσματα πρόσφατων πειραμάτων σχετικά με τη χρήση χαλκού σε διαιτολογία πτηνών**

Ο χαλκός είναι ένα ουσιαστικό μικροστοιχείο για τα ζώα, που υπάρχει σε πολλά συστήματα ενζύμων στο σώμα, π.χ. υπεροξειδίου δισμουτάσης, κυτοχρωμική οξειδάση και λυσοξιδάση, ορθοουλοπλασμίνη (Klasing, 1998, Underwood and Suttle, 1999), όπου χρησιμεύει ως συν-παράγοντας. Οι Liu et al. (2012) αξιολόγησαν τη βιοδιαθεσιμότητα οργανικού Cu πρωτεϊνικού οξέος σε σχέση με το ανόργανο θειικό μαγνήσιο σε κοτόπουλα που τρέφονται με συμβατική διαίτα αλεύρου σόγιας.

Με βάση τις αναλογίες της κλίσης από πολλαπλές γραμμικές παλινδρομήσεις των  $\log^{10}$  των χολικών και υπατικών συγκεντρώσεων Cu με ημερήσια πρόσληψη Cu, η εκτιμώμενη σχετική βιοδιαθεσιμότητα του Cu πρωτεϊνικού άλατος ήταν 78,8% και 79,3%, αντίστοιχα, σε σύγκριση με το ανόργανο θειικό άλας Cu (100%). Ωστόσο, οι συστάσεις δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Οι Das et al. (2010) ανέφεραν ότι η υποκατάσταση ανόργανου θειικού άλατος Cu με πρωτεΐνη Cu στα κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής επηρεάζει θετικά την BWG και FCR, καθώς και τη χρήση θρεπτικών συστατικών, μετρούμενα ως πεπτικότητα της ξηράς ύλης, εκχυλίσματα χωρίς άζωτο, συνολικοί υδατάνθρακες και οργανική ύλη (Σπαής και Μπαμπίδης, 2012).

Το πρόσφατο πείραμα των Shamsudeen και Shrivastava (2013) έδειξε ότι το πρωτεϊνικό Cu, σε σύγκριση με το ανόργανο θειικό νάτριο, μπορεί να ανακουφίσει την

καταστροφική επίδραση της αφλαοξίκωσης σε κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής, βελτιώνοντας την ανάπτυξη των πτηνών που τρέφονται με μια διατροφή που περιέχει ένα υψηλό επίπεδο φλατοξίνης Β1. Οι Kim et al. (2011) αξιολόγησαν την πιθανή αποτελεσματικότητα των υψηλών διαιτητικών δόσεων οργανικών Cu (100 ppm, Cu-Μεθειονίνη ή Cu πρωτεϊνικό) ως αντικαταστάσεις για τα αντιβιοτικά ζωοτροφών σε διατροφή κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής.

Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος έδειξαν ότι η συμπλήρωση διατροφής με δύο οργανικές πηγές Cu βελτίωσε την απόδοση ανάπτυξης των κοτόπουλων, μια βελτίωση συγκρίσιμη με εκείνη από τη συμπλήρωση με ένα αντιβιοτικό (αβιλαμυκίνη) και την αύξηση των πληθυσμών γαλακτοβακίλλων μειώνοντας ταυτόχρονα εκείνες του E. Coli στο έντερο. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα οργανικά προϊόντα Cu ήταν πιθανές αντικαταστάσεις για τα αντιβιοτικά (2011). Οι Kwiecien et al. (2014) δεν διαπίστωσαν διαφορές ως προς τις επιδόσεις των νεοσσών που τράφηκαν με δίαιτα συμπληρωμένη με θειικό μαγνήσιο ή οργανικό χηλικό γλυκονικό Cu, ωστόσο το οργανικό Cu επηρέασε θετικά τις βιομηχανικές ιδιότητες των οστών του μηριαίου οστού. Ένα πείραμα με αυξανόμενα νεογνά (Jegade et al., 2012) προσδιόρισε την επίδραση διαφορετικών πηγών Cu στην ανάπτυξη, τα χαρακτηριστικά του αίματος και τα λιπίδια του πλάσματος.

Η βασική διατροφή συμπληρώθηκε με αυξανόμενα επίπεδα (50, 100 και 150 ppm) οργανικής (πρωτεϊνικής) ή ανόργανης (θειικής) πηγής Cu. Οι χρησιμοποιούμενες μορφές Cu είχαν σημαντική επίδραση στους δείκτες ανάπτυξης. Ωστόσο, η πρωτεϊνική ουσία Cu μειώνει την χοληστερόλη του πλάσματος, τη λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας και τα τριγλυκερίδια σε σύγκριση με το θειικό Cu.

Σε μια μελέτη με ωστόσο όρνιθες, οι Pekel και Alp (2011), η σύγκριση της αποτελεσματικότητας των ανόργανων (Cu θεικών) και των οργανικών (Cu λυσίνης ή Cu πρωτεϊνικών) πηγών Cu που χρησιμοποιήθηκαν σε υψηλό επίπεδο διατροφής (250 ppm), δεν έδειξε κανένα ευεργετικό αποτέλεσμα των οργανικών Cu όσον αφορά την παραγωγή αυγών, τη μάζα αυγών, την FCR, την ποιότητα των αυγών, τη χοληστερόλη του κρόκου αυγού, τη συνολική χοληστερόλη στο πλάσμα, τη χοληστερόλη λιποπρωτεϊνών υψηλής πυκνότητας, τα τριγλυκερίδια. Οι Dobrzanski et al. (2008) έδειξε ότι η συμπλήρωση διατροφής με οργανικό Cu (ζυμομύκητα *Saccharomyces cerevisiae* εμπλουτισμένο με Cu) αύξησε σημαντικά τη συγκέντρωση Cu στα αυγά και το κέλυφος των αυγών, καθώς και στο αίμα και τα φτερά, που ανέδειξαν ανώτερη διαθεσιμότητα οργανικού Cu σε σύγκριση με θειικό Cu.

#### **6.4. Ανεπάρκεια ιωδίου**

Η ανεπάρκεια ιωδίου έχει ως αποτέλεσμα μια μειωμένη παραγωγή θυροξίνης από τον θυρεοειδή αδέν, η οποία με τη σειρά του διεγείρει την πρόσθια υπόφυση για να παράγει και να απελευθερώνει αυξημένες ποσότητες θυρεοειδούς ορμόνης διέγερσης (TSH: thyroid stimulating hormone). Αυτή η αυξημένη παραγωγή TSH έχει ως αποτέλεσμα την επακόλουθη διεύρυνση του θυρεοειδούς αδέν, που συνήθως ονομάζεται βρογχοκήλη. Ο

μεγεθυσμένος αδένας προκύπτει από την υπερτροφία και την υπερπλασία των ωοθυλακίων του θυρεοειδούς, γεγονός που αυξάνει την εκκριτική επιφάνεια των ωοθυλακίων.

Η έλλειψη δραστηριότητας του θυρεοειδούς ή η αναστολή του θυρεοειδούς με τη χορήγηση θειουρακίλης ή θειουρίας προκαλεί τη διακοπή της ωοτοκίας και την παχυσαρκία. Επίσης, έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη αφύσικα μακρών φτερών.



Εικόνα 6. Αφύσικα μακριά και δαντελωτά φτερά κατά την έλλειψη Ιωδίου.

Η χορήγηση θυροξίνης ή ιωδιωμένης καζεΐνης αντιστρέφει τις επιπτώσεις στην παραγωγή αυγών, με την ποιότητα του κελύφους των αυγών να επιστρέφει στο φυσιολογικό. Η περιεκτικότητα σε ιώδιο ενός αυγού επηρεάζεται σημαντικά από την πρόσληψη ιωδίου της όρνιθας. Τα αυγά από έναν κτηνοτρόφο που τράφηκε με μια δίαιτα με ανεπάρκεια ιωδίου θα παρουσιάσουν μειωμένη ικανότητα εκκόλαψης και καθυστερημένη απορρόφηση από το σάκο κρόκου. Το κραμβέλαιο και, σε μικρότερο βαθμό, το αλεύρι με κάνουλες περιέχουν goitrogens που προκαλούν διόγκωση του θυρεοειδούς σε νεαρά πτηνά. Η ανεπάρκεια ιωδίου στα πουλερικά μπορεί να αποφευχθεί με τη συμπλήρωση της τροφής με μόλις 0,5 mg ιωδίου / kg, αν και ένα επίπεδο 2-3 mg / kg προσφέρεται πιο συχνά για να διατηρηθεί η καλή κατάσταση στα φτερά σε ταχέως αναπτυσσόμενα πτηνά (Σπαής και Μπαμπίδης, 2012).

### 6.5 Ανεπάρκεια μαγνησίου

Τα συστατικά φυσικής τροφής είναι πλούσια σε μαγνήσιο. Έτσι, η ανεπάρκεια είναι σπάνια και το μαγνήσιο δεν χρησιμοποιείται ποτέ ειδικά ως συμπλήρωμα διατροφής των πουλερικών. Οι νεοσσοί που έχουν εκκολαφθεί πρόσφατα που ακολούθησαν μια δίαιτα που στερείται μαγνησίου ζουν μόνο λίγες μέρες. Αναπτύσσονται σιγά-σιγά, είναι λήθαργοι και συχνά αναπνέουν με δυσκολία. Όταν διαταράσσονται, παρουσιάζουν σύντομους σπασμούς και πέφτουν σε κόμα, κάτι που είναι μερικές φορές προσωρινό αλλά συχνά θανατηφόρο. Η

θνησιμότητα είναι αρκετά υψηλή για τις δίαιτες που είναι ανεπαρκείς στο μαγνήσιο, παρόλο που η ανάπτυξη των επιζώντων μπορεί να πλησιάσει εκείνη των υγείων πτηνών.

Η έλλειψη μαγνησίου στις ωοπαραγωγές όρνιθες έχει ως αποτέλεσμα την ταχεία μείωση της παραγωγής αυγών, της υπομαγνησισαιμίας και την έντονη απομάκρυνση του μαγνησίου από τα οστά. Το μέγεθος των αυγών, το βάρος του κελύφους και η περιεκτικότητα σε μαγνήσιο του κρόκου και του κελύφους μειώνονται. Η αύξηση του διαιτητικού ασβεστίου των ωοπαραγωγών ορνίθων επιτείνει αυτά τα αποτελέσματα. Το μαγνήσιο φαίνεται να διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στον σχηματισμό κελύφους των αυγών, αν και δεν είναι σαφές εάν υπάρχει δομική ανάγκη ή εάν το μαγνήσιο απλώς αποτίθεται ως συμπαράγοντας μαζί με ασβέστιο.

Οι απαιτήσεις για μαγνήσιο για τις περισσότερες κατηγορίες κοτόπουλων φαίνεται να είναι ~ 500-600 ppm, επίπεδο που επιτυγχάνεται συνήθως με συνεισφορές από φυσικά συστατικά ζωοτροφών.

## **7. Υπομαγνησισαιμική τετανία ή Τετανία βόσκης (Grass tetany or hypomagnesemic tetany, Grass staggers)**

Η τετανία βόσκης ή υπομαγνησισαιμική τετανία, που είναι επίσης γνωστή ως κλονισμός από χόρτο (Grass staggers) και χειμερινή τετανία (winter tetany), είναι μια μεταβολική ασθένεια που συνεπάγεται ανεπάρκεια μαγνησίου, η οποία μπορεί να εμφανιστεί σε ζώα όπως μηρυκαστικά, όπως βοοειδή, γαλακτοπαραγωγά βοοειδή και πρόβατα και πιο σπάνια σε πουλερικά.

### **7. 1. Συμπτώματα και αιτία**

Τα προοδευτικά συμπτώματα μπορεί να περιλαμβάνουν ευερεθιστότητα, μυϊκή συστροφή, αδράνεια (staring), ασυνειδητότητα, κλονισμό, κατάρρευση, κεφαλή πετάμενη πίσω και κώμα, ακολουθούμενο από θάνατο. Ωστόσο, τα κλινικά συμπτώματα δεν είναι πάντοτε εμφανή πριν το νεκρό ζώο βρεθεί.

Η κατάσταση αυτή οφείλεται σε υπομαγνησισαιμία (χαμηλή συγκέντρωση μαγνησίου στο αίμα) που μπορεί να αντανακλά χαμηλή πρόσληψη μαγνησίου, χαμηλή απορρόφηση μαγνησίου, ασυνήθιστα χαμηλή κατακράτηση μαγνησίου ή συνδυασμό αυτών. Συχνά, τα εμφανή συμπτώματα εμφανίζονται μόνο όταν η υπομαγνησισαιμία συνοδεύεται από υπασβεστιαίμια (στο αίμα Ca κάτω από 8 mg / dL).

## **8. Ελλείψεις σε κάλιο, νάτριο και χλώριο**

Αν και οι απαιτήσεις για το κάλιο, το νάτριο και το χλώριο έχουν καθοριστεί σαφώς, είναι επίσης σημαντικό να διατηρηθεί μια ισορροπία αυτών και όλων των άλλων ηλεκτρολυτών στο σώμα. Αναφορικά με την λεγόμενη ισορροπία ηλεκτρολυτών ή

ισορροπία όξινου βάρους, οι επιπτώσεις της ανεπάρκειας οποιουδήποτε στοιχείου συχνά είναι συνέπεια αλλαγής αυτής της σημαντικής ισορροπίας (Σπαής και Μπαμπίδης, 2012).

### 8. 1. Απλή ανεπάρκεια

Μια ανεπάρκεια χλώριου προκαλεί αταξία με κλασσικά σημάδια νευρικότητας, που συχνά προκαλείται από ξαφνικό θόρυβο ή τρόμο. Το κύριο σημείο της υποκαλιαιμίας είναι μια γενική μυϊκή αδυναμία που χαρακτηρίζεται από αδύναμα άκρα, έντονο εντερικό τόνο με εντερική διαταραχή, καρδιακή αδυναμία και αδυναμία και τελικά βλάβη των αναπνευστικών μυών. Η υποκαλιαιμία είναι ικανή να εμφανιστεί κατά τη διάρκεια έντονης πίεσης. Η πρωτεΐνη του πλάσματος αυξάνεται, προκαλώντας το νεφρό, υπό την επίδραση της ορμόνης των επινεφριδίων, να εκκρίνει το κάλιο στα ούρα. Κατά τη διάρκεια της προσαρμογής στο άγχος, η ροή του αίματος στον μυ έχει σταδιακά βελτιωθεί και ο μυς ξεκινά την πρόσληψη καλίου. Καθώς αποκαθίσταται το γλυκογόνο του ήπατος, το κάλιο επιστρέφει στο ήπαρ.

Τα πουλιά που τρέφονται με μια δίαιτα χαμηλή σε πρωτεΐνες και κάλιο ή που λιμοκτονούν αναπτύσσονται αργά αλλά δεν παρουσιάζουν έλλειψη καλίου. Το κάλιο που προέρχεται από πρωτεΐνη ιστού που καταβολίζεται αντικαθιστά εκείνο που χάθηκε στα ούρα. Η αναλογία του καλίου προς το άζωτο στα ούρα είναι σχετικά σταθερή και είναι ίδια με εκείνη των μυών. Έτσι, το άζωτο και το κάλιο των ιστών απελευθερώνονται μαζί από τον καταβολισμένο ιστό.

Μια ανεπάρκεια νατρίου οδηγεί σε μείωση της οσμωτικής πίεσης και σε μια αλλαγή στην ισορροπία όξινης βάσης στο σώμα. Η καρδιακή παροχή και η αρτηριακή πίεση μειώνονται και οι δύο, αυξάνεται ο PCV, μειώνεται η ελαστικότητα των υποδόριων ιστών και μειώνεται η λειτουργία των επινεφριδίων. Αυτό οδηγεί σε αύξηση των επιπέδων ουρικού οξέος στο αίμα, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε σοκ και θάνατο. Μια λιγότερο σοβαρή ανεπάρκεια νατρίου σε νεογνά μπορεί να οδηγήσει σε επιβραδυνόμενη ανάπτυξη, μαλακά οστά, κερατινοποίηση του κερατοειδούς, μειωμένη χρήση τροφής και μείωση του όγκου του πλάσματος. Σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί να παρατηρηθεί μειωμένη παραγωγή αυγών, κακή ανάπτυξη και κανιβαλισμός. Ορισμένες ασθένειες μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια νατρίου από το σώμα, όπως απώλειες GI από διάρροια ή απώλειες ουροφόρων οδών λόγω βλάβης των νεφρών ή των επινεφριδίων (Σπαής και Μπαμπίδης, 2012).

### 8.2. Ηλεκτρολυτική ανισορροπία

Η ισορροπία του ηλεκτρολύτη περιγράφεται συνήθως με τον απλό τύπο  $Na + K - Cl$  που εκφράζεται ως mEq / kg διαίτας. Ένα συνολικό διαιτητικό ισοζύγιο 250-300 mEq / kg γενικά θεωρείται βέλτιστο για φυσιολογική λειτουργία. Τα ρυθμιστικά συστήματα στο σώμα εξασφαλίζουν τη διατήρηση σχεδόν φυσιολογικού pH, αποτρέποντας την ανισορροπία των

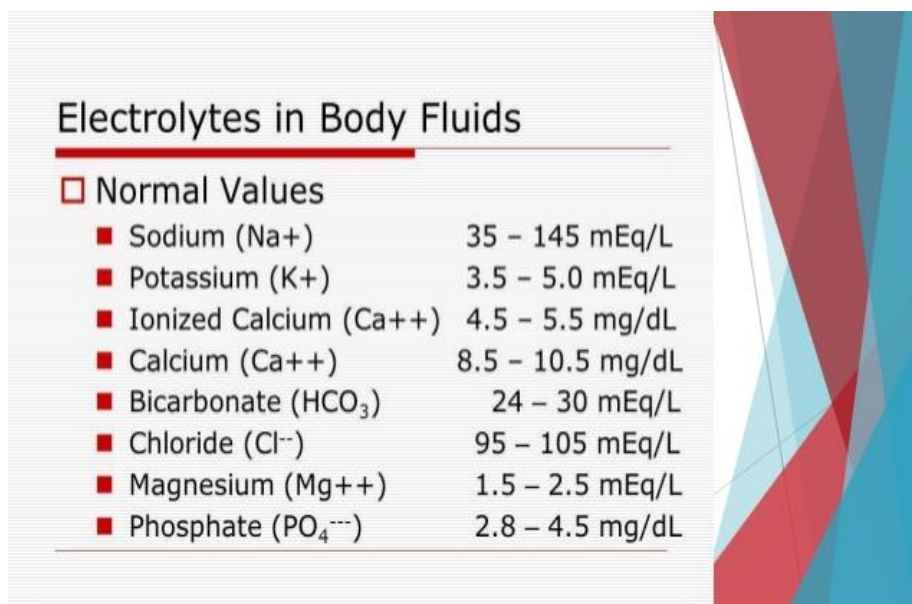
ηλεκτρολυτών. Ο πρωταρχικός ρόλος των ηλεκτρολυτών είναι στη διατήρηση του νερού του σώματος και της ιστικής ισορροπίας.

Έτσι, οι απαιτήσεις για στοιχεία όπως το νάτριο, το κάλιο και το χλωριο δεν μπορούν να εξεταστούν μεμονωμένα, διότι πρόκειται για μία συνολική ισορροπία που είναι σημαντική. Η ισορροπία ηλεκτρολυτών, που αναφέρεται επίσης ως ισορροπία όξινου βάρους, επηρεάζεται από τρεις παράγοντες:

- την ισορροπία και την αναλογία αυτών των ηλεκτρολυτών στη διατροφή
- την παραγωγή ενδογενούς οξέος και
- το ποσοστό νεφρικής κάθαρσης

Στις περισσότερες περιπτώσεις, το σώμα διατηρεί μια φυσιολογική ισορροπία μεταξύ κατιόντων και ανιόντων στο σώμα, έτσι ώστε να διατηρείται το φυσιολογικό pH. Εάν υπάρχει μετατόπιση προς όξινες ή βασικές συνθήκες, οι μεταβολικές διαδικασίες επιστρέφουν το σώμα σε κανονικό pH. Οι πραγματικές ανισορροπίες των ηλεκτρολυτών είναι σπάνιες, επειδή οι ρυθμιστικοί μηχανισμοί πρέπει να διατηρούν βέλτιστο κυτταρικό pH και την οσμωτικότητα. Επομένως, η ισορροπία των ηλεκτρολυτών μπορεί να περιγραφεί πιο σωστά ως οι αλλαγές που συμβαίνουν απαραίτητα στις διαδικασίες του σώματος για να επιτευχθεί φυσιολογικό pH. Σε ακραίες καταστάσεις, τέτοιες τροποποιήσεις στους ρυθμιστικούς μηχανισμούς φαίνεται να επηρεάζουν δυσμενώς άλλα φυσιολογικά συστήματα και να παράγουν ή να ενισχύουν πιθανές καταθλιπτικές καταστάσεις.

Η ανισορροπία των ηλεκτρολυτών προκαλεί μια σειρά μεταβολικών διαταραχών στα πτηνά, κυρίως τη δυσκινησία της κνήμης και την αλκαλική αναπνοή σε στρώματα (respiratory alkalosis in layers). Η κνησμώδης δυσκινησία σε νεαρά κοτόπουλα μπορεί να επηρεαστεί από την ισορροπία των ηλεκτρολυτών της διατροφής. Η ασυνήθιστη ανάπτυξη του βύσματος του χόνδρου στην πλάκα ανάπτυξης της κνήμης μπορεί να προκληθεί από διάφορους παράγοντες, αν και η επίπτωσή της μπορεί να αυξηθεί σημαντικά με την μεταβολική οξέωση που προκαλείται από προϊόντα διατροφής όπως το  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Η κνημική δυσκινησία εμφανίζεται συχνότερα όταν η διατροφή περιέχει μια περίσσεια νατρίου σε σχέση με το κάλιο, μαζί με πολύ υψηλά επίπεδα χλωρίου. Η τελευταία αυτή κατάσταση θεραπεύεται πολύ εύκολα με υποκατάσταση διττανθρακικού νατρίου αντί για χλωριούχο νάτριο στη διατροφή.



### Electrolytes in Body Fluids

□ Normal Values

■ Sodium (Na <sup>+</sup> )	35 – 145 mEq/L
■ Potassium (K <sup>+</sup> )	3.5 – 5.0 mEq/L
■ Ionized Calcium (Ca <sup>++</sup> )	4.5 – 5.5 mg/dL
■ Calcium (Ca <sup>++</sup> )	8.5 – 10.5 mg/dL
■ Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	24 – 30 mEq/L
■ Chloride (Cl <sup>-</sup> )	95 – 105 mEq/L
■ Magnesium (Mg <sup>++</sup> )	1.5 – 2.5 mEq/L
■ Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> )	2.8 – 4.5 mg/dL

Εικόνα 6. Φυσιολογικές τιμές των ηλεκτρολυτών στα σωματικά υγρά.

Η συνολική ισορροπία των ηλεκτρολυτών είναι πάντοτε σημαντική, αλλά είναι πιο κρίσιμη όταν τα επίπεδα χλωριούχων ενώσεων ή θείου είναι υψηλά. Με χαμηλά επίπεδα χλωριούχου νατρίου, υπάρχει συχνά μικρή ανταπόκριση στον χειρισμό της ισορροπίας των ηλεκτρολυτών. Ωστόσο, όταν τα επίπεδα χλωρίου στη διατροφή είναι υψηλά, είναι σημαντικό να γίνουν προσαρμογές στα διαιτητικά κατιόντα για να διατηρηθεί η συνολική ισορροπία. Εναλλακτικά, τα επίπεδα χλωριούχων μπορούν να μειωθούν, αν και τα κοτόπουλα έχουν απαιτήσεις ~ 0,12% -0,15% της διατροφής τους και τα σημεία ανεπάρκειας θα αναπτυχθούν με επίπεδα διατροφής <0,12%.

Η περιεκτικότητα του πόσιμου νερού σε νάτριο μπορεί να έχει σημαντική επίπτωση στη συνολική πρόσληψη νατρίου του πουλιού. Όταν το πόσιμο νερό περιέχει > 300 ppm νατρίου, μπορεί να είναι απαραίτητο να μειωθούν τα επίπεδα νατρίου στη διατροφή. Μια πρόσφατη καινοτομία στη διατροφή των πουλερικών που επηρεάζει την ισορροπία των ηλεκτρολυτών είναι η χρήση του ενζύμου φυτάσης. Αυτό το συνηθισμένο εξωγενές συμπλήρωμα ενζύμου αποσκοπεί στη μείωση της εξάρτησης από συμπληρωματικό φωσφόρο, αλλά έχει αποδειχθεί ότι μειώνει ταυτόχρονα τη νεφρική απέκκριση του νατρίου. Οι δίαιτες χρειάζονται επομένως λιγότερο συμπληρωματικό νάτριο όταν περιέχουν ένζυμο φυτάσης.

## 9. Ανεπάρκεια σεληνίου

Μια ανεπάρκεια σεληνίου στα αναπτυσσόμενα κοτόπουλα προκαλεί εξιδρωματική διάθεση (exudative diathesis). Τα πρώτα σημάδια των τσαλακωμένων φτερών συνήθως συμβαίνουν σε 3-6 εβδομάδες ηλικίας, ανάλογα με το βαθμό ανεπάρκειας. Το οίδημα έχει ως αποτέλεσμα το σπάσιμο του δέρματος, το οποίο παρατηρείται συχνά στην εσωτερική επιφάνεια των μηρών και των πτερυγίων. Τα πουλιά μελανιάζουν πιο εύκολα, και έντονη ξηροδερμία σχηματίζεται συχνά στους παλιούς μώλωπες. Στις ωοπαραγωγές όρνιθες, η βλάβη των ιστών είναι ασυνήθιστη, αλλά η παραγωγή αυγών, η εκκόλαψη επηρεάζονται δυσμενώς.

Ο μεταβολισμός του σεληνίου είναι στενά συνδεδεμένος με αυτόν της βιταμίνης E και μερικές φορές τα σημάδια ανεπάρκειας μπορούν να αντιμετωπιστούν είτε με το συγκεκριμένο ιχνοστοιχείο είτε με τη βιταμίνη. Η βιταμίνη E είναι μια ομάδα οκτώ λιποδιαλυτών χημικών ουσιών που περιλαμβάνουν τέσσερις τοκοφερόλες και τέσσερις τοκοτριενόλες. Η έλλειψη βιταμίνης E, η οποία είναι σπάνια και συνήθως οφείλεται σε ένα υποκείμενο πρόβλημα με την πέψη διαιτητικού λίπους και όχι από μια δίαιτα χαμηλή σε βιταμίνη E, μπορεί να προκαλέσει νευρικά προβλήματα.

Η κρίσιμη λειτουργία που διαδραματίζει η βιταμίνη E που την καθιστά κρίσιμη βιταμίνη περιλαμβάνει αντιοξειδωτικές λειτουργίες σε κυτταρικές μεμβράνες. Άλλες θεωρίες υποστηρίζουν ότι η βιταμίνη E-ειδικά το RRR στερεοϊσομερές της άλφα-τοκοφερόλης-δρα μέσω ελέγχου της γονιδιακής έκφρασης και της κυτταρικής μεταγωγής σήματος. Η λειτουργία ή οι λειτουργίες της βιταμίνης E που την καθιστούν βιταμίνη δεν είναι σαφώς καθορισμένες. Έχουν διατυπωθεί πολλές βιολογικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένου ενός ρόλου ως λιποδιαλυτού αντιοξειδωτικού. Σε αυτό το ρόλο, η βιταμίνη E δρα παρέχοντας ένα άτομο υδρογόνου (H) σε ελεύθερες ρίζες. Στα 323 kJ / mol, ο δεσμός O-H στις τοκοφερόλες είναι περίπου 10% ασθενέστερος από ότι στις περισσότερες άλλες φαινόλες.

Η βιταμίνη E μπορεί να ελευθερώσει το σελήνιο ως αντιοξειδωτικό και έτσι μερικές από τις ευαισθησίες σε σεληνικές συνθήκες μπορούν επίσης να αντιμετωπιστούν με τη συμπληρωματική βιταμίνη E. Στις περισσότερες χώρες υπάρχουν όρια στην ποσότητα σεληνίου που μπορεί να προστεθεί σε μια δίαιτα με το ανώτερο όριο να είναι συνήθως 0,3 ppm.

Οι κοινώς χρησιμοποιούμενες μορφές είναι το σεληνικό νάτριο και, πιο πρόσφατα, τα οργανικά χηλικά σεληνίου. Οι ζωοτροφές που καλλιεργούνται σε εδάφη υψηλού σεληνίου χρησιμοποιούνται μερικές φορές απαραίτητα σε ζωοτροφές πουλερικών και αποτελούν καλές πηγές σεληνίου. Το ιχθυάλευρο και η μαγιά ζυθοποιίας είναι επίσης πλούσια σε διαθέσιμο σελήνιο (Σπαής και Μπαμπίδης, 2012).



## 10. Ανεπάρκεια ψευδαργύρου

Οι απαιτήσεις ψευδαργύρου και τα σημάδια ανεπάρκειας επηρεάζονται από τα υπόλοιπα διαιτητικά συστατικά. Σε ημικαθαρές δίαιτες, είναι δύσκολο να αποδειχθεί η ανταπόκριση σε επίπεδα ψευδαργύρου πολύ πάνω από τη διατροφή των 25-30 mg / kg, ενώ στις πρακτικές δίαιτες αλεύρου σόγιας οι τιμές απαίτησης αυξάνονται στα 60-80 mg / kg. Αυτός ο μεταβλητός ψευδάργυρος χρειάζεται πιθανότατα να αφορά το περιεχόμενο σε φυτικό οξύ της διατροφής, επειδή αυτός ο υποκαταστάτης είναι ισχυρός χηλικός παράγοντας ψευδαργύρου. Εάν το ένζυμο φυτάσης χρησιμοποιείται σε δίαιτες, η ανάγκη για συμπληρωματικό ψευδάργυρο μειώνεται κατά 10 mg / kg στη δίαιτα των πτηνών.

Στους μικρούς νεοσσούς, τα σημάδια έλλειψης ψευδαργύρου περιλαμβάνουν την επιβράδυνση της ανάπτυξης, τη μείωση και την πάχυνση των οστών των ποδιών και τη διεύρυνση της άρθρωσης του ισχίου, ξηροδερμία του δέρματος (ειδικά στα πόδια), το πολύ φτωχό φτέρνισμα, απώλεια όρεξης και σε σοβαρές περιπτώσεις θνησιμότητα. Αν και η ανεπάρκεια του ψευδαργύρου μπορεί να μειώσει την παραγωγή αυγών στις όρνιθες, οι πιο εντυπωσιακές επιδράσεις παρατηρούνται στην ανάπτυξη εμβρύων. Τα κοτόπουλα που εκκολάπτονται από τις όρνιθες που έχουν έλλειψη ψευδαργύρου είναι αδύναμα και δεν μπορούν να σταθούν, να φάνε ή να πίνουν. Έχουν επιταχύνει τα αναπνευστικά ποσοστά και την αναπνοή. Ορισμένα έμβρυα είναι χωρίς ραβδώσεις και μερικές φορές τα μάτια απουσιάζουν ή δεν αναπτύσσονται.



Εικόνα 3. Απουσία ματιών ως αποτέλεσμα της έλλειψης ψευδαργύρου.

Εάν οι νεοσσοί διαταραχθούν, τα σημεία επιδεινώνονται και τα νεογνά πεθαίνουν συχνά. Παρατηρούνται επίσης τα ανικανότητα στη λειτουργία των φτερών και σγουρό τρίχωμα στα φτερά. Ωστόσο, το σημαντικό μειονέκτημα είναι η σοβαρή βλάβη της σκελετικής ανάπτυξης. Τα έμβρυα με έλλειψη ψευδαργύρου παρουσιάζουν μικρομέλια, καμπυλότητα της σπονδυλικής στήλης και συντομευμένους θωρακικούς και οσφυϊκούς

σπονδύλους. Τα δάχτυλα των ποδιών συχνά λείπουν και, σε ακραίες περιπτώσεις, τα έμβρυα δεν έχουν χαμηλότερο σκελετό ή άκρα (Σπαής και Μπαμπίδης, 2012).

### **10. 1. Αποτελέσματα πρόσφατων πειραμάτων σχετικά με τη χρήση ψευδαργύρου σε διαιτολόγια πτηνών**

Ο ψευδάργυρος, ένα απαραίτητο ιχνοστοιχείο για ζωντανούς οργανισμούς, είναι παρών ως συν-παράγοντας σε πάνω από 300 μεταλλοένζυμα, αντιπροσωπεύοντας και τις έξι κατηγορίες ενζύμων και παίζει σημαντικό ρόλο σε πολλές μεταβολικές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της πρωτεϊνικής σύνθεσης (O'Dell, 1992, Salim et al., 2008). Η επίδραση του ψευδαργύρου ασκεί αρνητική επίδραση στον μεταβολισμό πρωτεϊνών και υδατανθράκων και οδηγεί σε μειωμένη πρόσληψη τροφής, μειωμένη ανάπτυξη, κακή FCR, ανοσολογικές και αναπαραγωγικές διεργασίες σκελετικών και δερματικών προβλημάτων (Underwood and Suttle, 1999).

Ένας από τους σημαντικότερους τρόπους για να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα διαφόρων πηγών μεταλλικών στοιχείων σε πουλερικά είναι να προσδιοριστεί η σχετική βιοδιαθεσιμότητά τους σε σχέση με τις τυπικές ανόργανες μορφές, για παράδειγμα θειικά ιόντα τροφοδοσίας μικροστοιχείων. Τα αποτελέσματα των περισσότερων πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια έχουν αποδείξει τη μεγάλη σχετική βιοδιαθεσιμότητα των πηγών οργανικού ψευδαργύρου, ακόμη και αν αυτό δεν έχει πάντα αντικατοπτριστεί σε βελτιωμένες παραμέτρους απόδοσης (Σπαής και Μπαμπίδης, 2012).

Για παράδειγμα, η μελέτη των Star et al. (2012) που αποσκοπούσε στον προσδιορισμό της βιοδιαθεσιμότητας μίας οργανικής μορφής συμπλόκου ψευδαργύρου - αμινοξέων (Availa-Zn®) σε σύγκριση με θειικό ψευδάργυρο. Μια βασική πρακτική ευρωπαϊκή διαίτα σίτου-αραβοσίτου-σόγιας που περιέχει 33,5 ppm Zn συμπληρώθηκε με αυξανόμενα επίπεδα Zn από θειικό ψευδάργυρο ή οργανικό Zn. Διαπιστώθηκε ότι, με βάση την κλίση της καμπύλης της απόκρισης και για τις δύο πηγές ψευδαργύρου και την περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο της κνήμης ως παράμετρο απόκρισης, η οργανική Zn χαρακτηρίστηκε από υψηλότερη βιοδιαθεσιμότητα (164%) από ό, τι ο ανόργανος θειικός ψευδάργυρος (100%).

Για σύγκριση, σε μια προηγούμενη μελέτη από τους Swiatkiewicz et al. (2001), η σχετική βιοδιαθεσιμότητα του Zn από το οργανικό Zn υπολογίστηκε σε 121, 116 και 139% (έναντι 100% ZnSO<sub>4</sub>), με κέρδος βάρους σώματος (BWG: body weight gain), περιεκτικότητα FCR και Zn στα κνημιαία γονίδια που χρησιμοποιούνται ως δείκτες απόκρισης. Τα αποτελέσματα μίας πύ πρόσφατης μελέτης με κοτόπουλα με τεχνητό αλεύρι σόγιας καλαμποκιού έδειξαν ότι η σχετική βιοδιαθεσιμότητα των οργανικών χηλικοποιημένων (chelated) ψευδαργύρων σε αμινοξέα και πεπτίδια (Bio-Plex®), σε σύγκριση με το ανόργανο θειικό Zn, ήταν πολύ υψηλή και έφθασε σε τιμές 147-200 % (Sahraei et al., 2013). Η υψηλή σχετική βιοδιαθεσιμότητα του Zn που παρήχθη σε οργανική μορφή αναφέρθηκε όταν το κοτόπουλο με τη συγκέντρωση πρωτεΐνης σόγιας συμπληρώθηκε με Zn (Brooks et al., 2013).

Τα αποτελέσματα σημαντικής μερίδας ερευνητικών ερευνών έδειξαν ότι ο οργανικός Ζη δεν επηρέασε τους δείκτες απόδοσης στα πουλερικά. Ωστόσο, η πλειοψηφία κατέδειξε άλλα οφέλη για τον μεταβολισμό των ζώων. Έτσι, οι Salim et al. (2012) δεν έδειξαν καμία επίδραση στη συμπλήρωση της διατροφής με οργανικό Ζη (25 ppm) στην απόδοση ανάπτυξης των κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής ή στην ποιότητα του δέρματος, δηλαδή στο πάχος του δέρματος και τη δύναμη του τριχώματος (shear force). Ωστόσο, το οργανικό Ζη αύξησε την περιεκτικότητα σε Ζη στο κρέας του μηρού και την περιεκτικότητα του Ca σε πλάσμα.

Στο προηγούμενο έργο των συγγραφέων, δεν υπήρχαν διαφορές στην απόδοση των κοτόπουλων. Ωστόσο, το πάχος του δέρματος αυξήθηκε λόγω αυξημένης περιεκτικότητας σε κολλαγόνο στο δέρμα πουλιών που τράφηκαν με δίαιτα συμπληρωμένη με οργανικό Ζη (Salim et al., 2011). Αντίστοιχα, οι El-Wahab et al. (2013) παρατήρησαν τη θετική επίδραση ενός συνδυασμού οργανικής Ζη-μεθειονίνης (150 ppm) και υψηλής συμπλήρωσης βιοτίνης στην ποιότητα του δέρματος.

Η βελτίωση της ποιότητας του δέρματος και η μείωση της σοβαρότητας και της συχνότητας εμφάνισης υποδόριου λίπους σε κοτόπουλα παρατηρήθηκε όταν το ανόργανο διαιτητικό Ζη αντικαταστάθηκε εν μέρει από οργανικά συμπλοκοποιημένα Ζη (Saenmahayak et al., 2010). Οι Yalcinkaya et al. (2012) ανέφεραν ότι δεν έχουν αποτελέσματα διατροφικών οργανικών Ζη (80 ppm, Bio-Plex®) στην απόδοση ανάπτυξης και στους περισσότερους βιοχημικούς δείκτες αίματος. Ωστόσο, η ταυτόχρονη προσθήκη οργανικών Ζη και prebiotic (MOS) αύξησε τα επίπεδα Cu και Fe στον ορό, τα οποία, όπως υποδηλώνουν οι συγγραφείς, μπορεί να υποδηλώνουν τη συνεργιστική θετική επίδραση των οργανικών Ζη και MOS στην απορρόφηση μεταλλικών στοιχείων (Σπαής και Μπαμπίδης, 2012).

Τα αποτελέσματα μιας μελέτης από τους Sahraei et al. (2012) έδειξε μη δραστική επίδραση της διατροφικής οργανικής Ζη Bio-Plex®, σε σύγκριση με το οξείδιο του Ζη, στην περιεκτικότητα σε τέφρα. Μερικές ωφέλιμες επιδράσεις διαπιστώθηκαν όταν αξιολογήθηκε χηλικό συμπύκνωμα Ζη γλυκίνης ως πηγή οργανικού ψευδαργύρου για κοτόπουλα κρεατοπαραγωγής. Η προσθήκη υψηλών επιπέδων (90-120 ppm) Ζη γλυκίνης στη βασική δίαιτα είχε ωφέλιμη επίδραση στην ανάπτυξη και στα ανοσολογικά χαρακτηριστικά (συγκεντρώσεις IgA, IgG και IgM στο αίμα). Ωστόσο, δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των ομάδων που τράφηκαν με δίαιτες εμπλουτισμένες με το ίδιο επίπεδο (120 ppm) Ζη γλυκίνης και ανόργανου θεικού Ζη (Feng et al., 2010).

Τα αποτελέσματα μιας πιο πρόσφατης μελέτης έδειξαν ότι τα υψηλά επίπεδα διατροφής της γλυκίνης Ζη οδήγησαν σε βελτίωση της δραστηριότητας δισμουτάσης υπεροξειδίου Cu / Ζη και της υπεροξειδάσης γλουταθειονίνης, μείωση της περιεκτικότητας σε μαλονιδοδιαλδεύδη σε όρνια, αύξηση του ύψους των εντερικών φατνωμάτων, η μείωση του βάθους της κρυπτίας και η μείωση του πάχους των εντερικών τοιχωμάτων (Ma et al., 2011). Η επίδραση της συμπλήρωσης διατροφής με μια οργανική πηγή Ζη στην ποιότητα του κρέατος των πουλερικών, καθορίστηκε από τους Saenmahayak et al. (2012).

Συνολικά, σε σύγκριση με την πηγή (θειικό άλας) της ανόργανης ζάχαρης (Zn), η προσθήκη οργανικού Zn δεν επηρέασε τα δείγματα ποιότητας κρέατος (μεταξύ άλλων ικανότητα συγκράτησης νερού, απώλεια γεύσεως μαγειρέματος ή οξειδωτική σταθερότητα του κρέατος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στο ψυγείο). Εντούτοις, σημαντικά βελτίωσε την απώλεια σταγόνων στα φιλέτα στις 24 ώρες μετά την αφαίρεση των οστών και αύξησε την ερυθρότητα των φιλέτων μετά από 28 ημέρες αποθήκευσης. Σε προηγούμενες εργασίες των ίδιων συγγραφέων (Saenmahayak et al., 2007), η συμπλήρωση της διαίτας με οργανικό Zn επηρέασε θετικά την ποιότητα του κρέατος, δηλ. μειώθηκε η απώλεια ψησίματος.

Ο στόχος ενός πειράματος από τους Bun et al. (2011) ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της συμπλήρωσης οργανικού Zn σχετικά με την απόδοση, την αντιοξειδωτική κατάσταση και τις ανοσολογικές αντιδράσεις των κοτόπουλων που έχουν μολυνθεί με *Eimeria tenella*. Ωστόσο, τα αποτελέσματα που προέκυψαν έδειξαν ότι η βιολογική συμπλήρωση Zn μείωσε το οξειδωτικό στρες και αύξησε ορισμένους δείκτες ανοσολογικής απόκρισης, ανεξάρτητα από το αν τα πτηνά ήταν υγιή ή προκλήθηκαν με *E. tenella* (Bun et al., 2011).

Οι Vieira et al. (2013) αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα μιας οργανικής πηγής διατροφικού Zn (ένα σύμπλοκο με 2-υδροξυ-4- (μεθυλοθειο) βουτανοϊκό οξύ / Mintrex Zn) σε κοτόπουλα που εκτίθενται σε ανοσολογικές, θρεπτικές ή περιβαλλοντικές προκλήσεις. Σε σύγκριση με το θειικό Zn, το οργανικό Zn δεν είχε καμία επίδραση στην ανοσοαπόκριση, τη συγκέντρωση του Zn στο σφάγιο ή την απόδοση (πρόσληψη τροφής, BWG και FCR).

Ωστόσο, μείωσε την επίπτωση των αλλοιώσεων του πέλματος. Παρόμοια αποτελέσματα ελήφθησαν πρόσφατα από τους Yogesh et al. (2013), οι οποίοι δεν διαπίστωσαν διαφορές όσον αφορά την ανάπτυξη ή τους χυμούς (humoral) (τίτλοι αντισωμάτων έναντι SRBC) ή την κυτταρική ανοσοαπόκριση σε κοτόπουλα που έτρωγαν δίαιτες συμπληρωμένες με οργανικά (Zn πρωτεϊνικά) και ανόργανα (οξειδίο Zn ή θειικό άλας Zn) μορφές του Zn.

Σε πρόσφατη μελέτη με πάπιες κρεατοπαραγωγής οι White Pekin, Attia et al. (2013) αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα των ανόργανων (ZnO) και οργανικών (Bio-Plex®) Zn πηγών, που προστέθηκαν στις δίαιτες των 30, 60 και 120 ppm. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν δεν έδειξαν υψηλό επίπεδο χρησιμότητας των οργανικών Zn για πάπιες, δεδομένου ότι τα BWG και FCR κατά τη διάρκεια ολόκληρης της δοκιμαστικής περιόδου (ηλικίας 1-56 ημερών) ήταν καλύτερα σε πτηνά που τράφηκαν με δίαιτα συμπληρωμένη με ZnO. Η πηγή Zn δεν επηρέασε τις συγκεντρώσεις του Zn στην κνήμη, στο ήπαρ ή στις απεκκρίσεις.

Ωστόσο, το Zn στο πλάσμα ήταν σημαντικά υψηλότερο όταν χρησιμοποιήθηκε μια διατροφή που περιείχε οργανικό Zn. Οι συγγραφείς αυτής της εργασίας υπογράμμισαν ότι η παρατηρούμενη αρνητική επίδραση μιας οργανικής πηγής Zn στην ανάπτυξη των πάπιων ήταν απροσδόκητη και δικαιολογούσε περαιτέρω μελέτη (Attia et al., 2013). Ο αριθμός ερευνητικών εργασιών που αξιολόγησαν τις οργανικές πηγές Zn με όρνιθες ωοπαραγωγής

είναι σημαντικά χαμηλότερος σε σύγκριση με τις μελέτες για κρεατοπαραγωγή (Σπαής και Μπαμπίδης, 2012).

Τα αποτελέσματα ενός πειράματος με όρνιθες (Stanley et al., 2012) έδειξαν ότι το οργανικό Zn (Bio-Plex®) αύξησε σημαντικά τη θνησιμότητα και την αυξημένη παραγωγή αυγών, αλλά μείωσε σημαντικά τα βάρη των αυγών, των αλβουμινών και των κελυφών. Αντίθετα, οι Swiatkiewicz και Koreleski (2008) δεν ανέφεραν καμία επίδραση των συμπλεγμάτων οργανικών αμινοξέων Zn στην παραγωγή αυγών. Ωστόσο, σε γηραιότερες ωστόσο όρνιθες ο οργανικός ψευδάργυρος επηρέασε θετικά την ποιότητα των αυγών που μετράται ως δύναμη θραύσης των αυγών, μειώνοντας την αρνητική επίδραση της ηλικίας του κοτόπουλου σε αυτή τη μέτρηση.

Σε έναν πειραματισμό με ορτύκια ορνίθων, η συμπλήρωση της διατροφής με έως και 40 ppm οργανικού Zn επηρεάζει θετικά το βάρος, τη γονιμότητα και την εκκόλαψη αυγών (El-Samee et al., 2012).

Τα αποτελέσματα μιας μελέτης από τους Idowu et al. (2011) έδειξε ότι η πρωτεΐνη Zn, σε σύγκριση με τα ανόργανα ζιζανιοκτόνα, βελτίωσε την παραγωγή αυγών και την κατακράτηση Zn και μετρίασε το περιβαλλοντικό αντίκτυπο σε τροπικές συνθήκες. Σε μια μελέτη με όρνιθες κτηνοτρόφων κρεατοπαραγωγής, των Soni et al. (2013) διαπιστώθηκε θετική επίδραση μιας ουσιαστικής διαιτητικής προσθήκης οργανικού Zn (Zn-μεθειονίνη, 80 ppm) στην ανοσία, μετρούμενη ως κυτταρική ανοσοαπόκριση σε PHA-P.

## 11. Διάφορα ιχνοστοιχεία που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό

Πολλά πρόσφατα ερευνητικά προγράμματα με πουλερικά έχουν ως στόχο την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας πολλών ιχνοστοιχείων που προστίθενται ταυτόχρονα, σε οργανικές μορφές, σε δίαιτες. Σε μελέτη με θηλυκά κοτόπουλα, οι El-Husseiny et al. (2012) έδειξαν ότι η μερική αντικατάσταση των ανόργανων πηγών Zn (ZnO), Mn (MnO) και Cu (CuSO<sub>4</sub>) με οργανικές μορφές αυτών των ιχνοστοιχείων (πρωτεΐνη Zn, χηλική ουσία υδροξυαναλόγου χημικής ένωσης Mn) βελτίωσε την ανάπτυξη, τα χαρακτηριστικά του σφαγίου και τους δείκτες ποιότητας της κνήμης, συνοδευόμενη από μειωμένα επίπεδα ιχνοστοιχείων στην κνήμη, στο ήπαρ και στα εκκρίματα.

Οι Manangi et al. (2012) ανέφεραν ότι η ταυτόχρονη αντικατάσταση των ανόργανων θεικών Zn, Cu και Mn με σημαντικά μειωμένα επίπεδα (32,8 και 32 ppm αντίστοιχα) των οργανικών πηγών αυτών των μικροστοιχείων (ένα σύμπλοκο με 2-υδροξυ-4- (μεθυλοθειο) βουτανοϊκό οξύ, Mintrex) δεν επηρέασε αρνητικά τις επιδόσεις των κοτόπουλων, την απόδοση του σφαγίου, την ανοσολογική απόκριση, την αντοχή στη θραύση της κνήμης ή τις συγκεντρώσεις των οστών σε ασβέστιο, αλλά οδήγησε σε βελτίωση της υγιεινής του πέλματος και μείωση της ανίχνευσης στις συγκεντρώσεις μικροστοιχείων.

Όπως υπογραμμίστηκε από τους συντάκτες, αυτό μπορεί να δώσει την ευκαιρία να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της βιομηχανίας εμπορικού ψεκασμού. Παρόμοια

αποτελέσματα ελήφθησαν από τους Zhao et al. (2010), οι οποίοι δεν διαπίστωσαν διαφοροποιήσεις στην ανάπτυξη των κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής που έλαβαν τροφή που περιείχε πρότυπα επίπεδα ανόργανων Zn, Mn και Cu (ως θειικά άλατα) και μια δίαιτα που περιελάμβανε σημαντικά χαμηλότερες ποσότητες αλλά σε οργανικές μορφές 50% (Mintrex). Αυτοί οι συγγραφείς παρακολούθησαν θετικές επιδράσεις των οργανικών μεταλλικών στοιχείων στην υγεία του πέλματος.

Αντίστοιχα, οι Aksu και οι συνεργάτες του (2010, 2011) δεν παρουσίασαν αρνητικές επιπτώσεις από την υποκατάσταση ανόργανων πηγών Zn, Mn και Cu με πολύ χαμηλότερες ποσότητες, δηλ. το 1/3 των επιπέδων που συνιστώνται στο NRC (1994) (Bio-Plex®), σε παραμέτρους ανάπτυξης ή αντιοξειδωτικών αμυντικών συστημάτων σε κοτόπουλα, μετρούμενες ως συγκέντρωση μαλοδιαλδεΰδης του πλάσματος και δραστηριότητα αντιοξειδωτικών ενζύμων, επιτρέποντας ταυτόχρονα να μειωθεί ο όγκος των μεταλλικών στοιχείων που απεκκρίνονται στα κόπρανα. Παρομοίως, υπήρχαν μη αρνητικές επιδράσεις στις παραμέτρους των επιδόσεων των κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής, το ποσοστό επίδρασης, τα βάρη των λεμφοειδών οργάνων ή την ανοργανοποίηση των οστών της κνήμης όταν τα διατροφικά ανόργανα οξείδια Zn, Mn και Cu που χρησιμοποιήθηκαν στα επίπεδα 1000, 100 και 10 ppm αντιστοίχως αντικαταστάθηκαν με οργανική αμινομάδα (Gheisari et al., 2010).

Οι Bao et al. (2007) διεξήγαγαν μια μελέτη κλουβιών διάρκειας 29 ημερών για να συγκρίνει την ανταπόκριση των κοτόπουλων κοτόπουλων σε διατροφικές πηγές ανόργανων και οργανικών μεταλλικών στοιχείων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συμπλήρωση με 4 ppm Cu και 40 ppm σε Fe, Mn και Zn από οργανικά σύμπλοκα μπορεί να είναι επαρκής για κανονική ανάπτυξη κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής σε ηλικία 29 ημερών.

Ως εκ τούτου, οι συγγραφείς συζήτησαν τη δυνατότητα χρήσης αυτών των χαμηλότερων επιπέδων οργανικών μικροστοιχείων σε δίαιτες κρεατοπαραγωγής για να αποφευχθούν υψηλά επίπεδα αποδόμησης μεταλλικών στοιχείων. Τα αποτελέσματα μιας μελέτης από τους Yuan et al. (2011) έδειξαν ότι η πλήρης αντικατάσταση των διατροφικών ανόργανων θεικών αλάτων Zn και Mn με οργανικές μορφές αυτών των ιχνοστοιχείων (Mintrex-Zn / Mn) επηρέασε θετικά την αύξηση στις επιδόσεις των κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής (ηλικίας έως τριών εβδομάδων) και προέκυψε σημαντικά μειωμένη έκκριση μεταλλικών στοιχείων, χωρίς επίδραση της αφθονίας mRNA των πρωτεϊνών μεταφοράς Zn / Mn.

Η αντικατάσταση των θεικών αλάτων με ένα χαμηλότερο επίπεδο (80%) οργανικού Mintrex-Zn / Mn μείωσε τη δραστηριότητα της φωσφατάσης ορού ( $P < 0,05$ ). (Yuan et al., 2011). Σε πρόσφατες έρευνες των Oviedo-Rondon et al., οι πρωτεΐνες μετασχηματισμού Zn / Mn ή η ανοργανοποίηση των οστών μειώθηκαν στην έκκριση των μετάλλων στα κόπρανα. (2013).

## 12. Συμπεράσματα

Η αποτελεσματικότητα της χρήσης ιχνοστοιχείων είναι ένα σημαντικό θέμα στη σύγχρονη διατροφή των πουλερικών. Τα ιχνοστοιχεία είναι απαραίτητα για την κανονική ανάπτυξη και πολλές μεταβολικές διεργασίες σε ζωντανούς οργανισμούς, καθώς είναι καταλύτες ή συστατικά των ενζυμικών συστημάτων πολλών κυττάρων. Η διαθεσιμότητά τους από πρώτες ύλες φυτικής προέλευσης καθώς και από παραδοσιακές ανόργανες πηγές, δηλαδή οξείδια, θειικά άλατα ή ανθρακικά άλατα, είναι σχετικά χαμηλή, ενώ οι απαιτήσεις των σύγχρονων γραμμών παραγωγής ωοπαραγωγών ορνίθων και κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής για μικροστοιχεία είναι πολύ υψηλές.

Από την παρούσα εργασία προκύπτει ότι η κατανάλωση συγκεκριμένης ποσότητας ιχνοστοιχείων είναι απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία των οργανισμών των πουλερικών. Οι ελλείψεις σε διάφορα ιχνοστοιχεία στην διατροφή των πουλερικών μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές παθήσεις. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ιχνοστοιχείων που μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρές παθήσεις αν δεν λαμβάνονται στις επαρκείς ποσότητες είναι το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, το σελήνιο, το κάλιο το νάτριο, το χλώριο, το μαγνήσιο, ο χαλκός, ο σίδηρος και το ιώδιο.

Ακόμα εξήχθη το συμπέρασμα ότι κάποια ιχνοστοιχεία εκτός του ότι πρέπει να λαμβάνονται σε επαρκείς ποσότητες, πρέπει να λαμβάνονται και σε κάποια ισορροπία μεταξύ τους προκειμένου να διασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του οργανισμού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα ιχνοστοιχεία κάλιο, νάτριο και χλώριο που ρυθμίζουν την ηλεκτρολυτική ισορροπία των πουλερικών ρυθμίζοντας το pH τους.

Αξίζει να αναφερθεί ότι οι περισσότερες περιπτώσεις έλλειψης ιχνοστοιχείων στα πουλερικά προκύπτουν από έλλειψη μαγγανίου και μαγνησίου. Επίσης κατά την έλλειψη αυτών των ιχνοστοιχείων παρατηρούνται πλήθος από παθήσεις που μπορούν να προκύψουν.

Κατά την ανασκόπηση των πειραματικών δεδομένων, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η πλειονότητα των πρόσφατων πειραματόζωων έχει δείξει ότι η βιοδιαθεσιμότητα και η αποτελεσματικότητα των οργανικών πηγών Zn, Mn και Cu είναι ανώτερες από τις παραδοσιακά χρησιμοποιούμενες ανόργανες πηγές τροφοδοσίας αυτών των ιχνοστοιχείων. Τα διατροφικά οργανικά ιχνοστοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη ή στους δείκτες παραγωγής αυγών, στις μετρήσεις των σφαγίων ή ή στη μεταβολική και υγειονομική κατάσταση των πτηνών. Η χρήση αυτή μπορεί να μειώσει την απέκκριση των μετάλλων στα κόπρανα και, κατά τον τρόπο αυτό, να μειώσει τις πιθανές επιζήμιες επιπτώσεις της εντατικής παραγωγής πουλερικών στο περιβάλλον.

### 13. Βιβλιογραφία

- Banik, S., Nandi, R., 2004. Effect of supplementation of rice straw with biogas residual slurry manure on the yield, protein and mineral contents of oyster mushroom. *Industrial crops and products* 20(3), 311-319.
- Banjo, O.S., 2012. Growth and performance as affected by inclusion of *Moringa oleifera* leaf meal in broiler chicks diet. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 2(9).
- Becker, W., Jorhem, L., Sundström, B., Grawé, K.P., 2011. Contents of mineral elements in Swedish market basket diets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 279-287.
- Clarke, A., O'Connor, M. I., 2014. Diet and body temperature in mammals and birds. *Global ecology and biogeography* 23(9), 1000-1008.
- Forbes, R.M., Erdman Jr, J.W., 1983. Bioavailability of trace mineral elements. *Annual Review of Nutrition* 3(1), 213-231.
- Georgievskii, V.I., Annenkov, B.N., Samokhin, V.T., 2013. *Mineral nutrition of animals: studies in the agricultural and food sciences*. Elsevier.
- Hamm, D., Searcy, G.K., 1981. Mineral content of commercial samples of mechanically deboned poultry meat. *Poultry Science* 60(3), 686-688.
- Köhler, A., Raubenheimer, D., Nicolson, S.W., 2012. Regulation of nutrient intake in nectar-feeding birds: insights from the geometric framework. *Journal of Comparative Physiology B* 182(5), 603-611.
- Lowman, B.G., Knight, D.W., 1970. A note on the apparent digestibility of energy and protein in dried poultry excreta. *Animal Science* 12(3), 525-528.
- Mertz, W., 1980. Mineral elements: new perspectives. *Journal of the American Dietetic Association* 77(3), 258-263.
- Mohanna, C., Nys, Y., 1998. Influence of age, sex and cross on body concentrations of trace elements (zinc, iron, copper and manganese) in chickens. *British Poultry Science* 39(4), 536-543.
- Montgomery, M.K., Hulbert, A.J., Buttemer, W.A., 2012) Does the oxidative stress theory of aging explain longevity differences in birds? I. Mitochondrial ROS production. *Experimental Gerontology* 47(3), 203-210.
- National Research Council (US), Subcommittee on Poultry Nutrition, 1984. *Nutrient Requirements of Poultry* (No. 1). National Academies.
- Nicolson, S.W., Fleming, P.A., 2014) Drinking problems on a 'simple' diet: physiological convergence in nectar-feeding birds. *Journal of Experimental Biology* 217(7), 1015-1023.
- Nielsen, F.H., 1996. How should dietary guidance be given for mineral elements with beneficial actions or suspected of being essential? *The Journal of Nutrition*, 126 (suppl. 9), 2377S-2385S.



- O'Dell, B.L., Sunde, R.A., 1997. Handbook of nutritionally essential mineral elements. CRC Press.
- Roulin, A., 2015. Spatial variation in the decline of European birds as shown by the barn owl *Tyto alba* diet. *Bird Study* 62(2), 271-275.
- Pederson, G.A., Brink, G.E., Fairbrother, T.E., 2002. Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter. *Agronomy Journal*, 94(4), 895-904.
- Seress, G., Liker, A., 2015. Habitat urbanization and its effects on birds. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 61(4), 373-408.
- Skadhauge, E., 2012. Osmoregulation in birds (Vol. 12). Springer Science & Business Media.
- Soetan, K.O., Olaiya, C.O., Oyewole, O.E., 2010. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants-A review. *African Journal of Food Science* 4(5), 200-222.
- Sun, Y. X., Luo, X. J., Mo, L., He, M. J., Zhang, Q., Chen, S. J., ... & Mai, B. X. (2012). Hexabromocyclododecane in terrestrial passerine birds from e-waste, urban and rural locations in the Pearl River Delta, South China: Levels, biomagnification, diastereoisomer-and enantiomer-specific accumulation. *Environmental Pollution* 171, 191-198.
- Σπαής, Α.Β., Μπαμπίδης, Β.Α., 2012. Διατροφικά – Μεταβολικά Νοσήματα. Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
- Underwood, E.J., 1971. Trace elements in human and animal nutrition. Ed. 3. New York, USA, Academic Press, Inc.

#### *Διαδικτυακή Βιβλιογραφία*

1. <https://www.wattagnet.com/articles/3324-trace-mineral-balance-in-poultry>
2. <https://www.zinpro.com/species/poultry>
3. <https://www.poultryworld.net/Home/General/2010/7/Trace-minerals-in-poultry-nutrition--5-Reaching-optimal-egg-shell-formation-WP007709W/>
4. <http://www.avitechnutrition.com/download/1438600436Trace%20Minerals%20In%20Poultry%20Nutrition.pdf>
5. <https://afs.ca.uky.edu/poultry/use-organic-trace-minerals-poultry-diets>
6. <https://academic.oup.com/japr/article/16/4/592/760451>
7. <https://academic.oup.com/japr/article/16/3/351/850020>
8. <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/trace-elements-in-animal-nutrition-their-use-from-veterinary-point-of-view.pdf>
9. <https://articles.extension.org/pages/70162/minerals-in-organic-poultry-production>
10. <http://ag.alltech.com/en/blog/low-dose-trace-minerals-can-pack-punch-poultry-nutrition>

11. <https://www.hyline.com/asp/redbook/redbook.aspx?s=7&p=12>
12. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10626643>
13. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24779929>
14. <http://www.thepoultrysite.com/articles/3027/chelated-trace-minerals-benefit-layer-performance/>
15. <https://www.ajas.info/upload/pdf/23-200.pdf>
16. [https://actavet.vfu.cz/media/pdf/avb\\_2010079020203.pdf](https://actavet.vfu.cz/media/pdf/avb_2010079020203.pdf)
17. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19393210.2013.804884>
18. <https://www.google.gr/search?q=trace+elements+poultry&ei=f-FW4K1DoX5kwXyLL-ADg&start=10&sa=N&biw=774&bih=695>
19. [https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1958/02000/TRACE\\_ELEMENTS\\_IN\\_POU\\_LTRY\\_NUTRITION\\_A\\_REVIEW\\_.7.aspx](https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1958/02000/TRACE_ELEMENTS_IN_POU_LTRY_NUTRITION_A_REVIEW_.7.aspx)
20. <https://articles.extension.org/pages/33085/companion-bird-nutrition>
21. [https://web.stanford.edu/group/stanfordbirds/text/essays/Diet\\_and\\_Nutrition.html](https://web.stanford.edu/group/stanfordbirds/text/essays/Diet_and_Nutrition.html)
22. <https://www.petcoach.co/article/bird-nutrition-feeding-pet-birds-parrot-diets-and-nutrition/>
23. <https://birdcareco-shop.com/breeding-bird-nutrition/>
24. <https://www.birds.com/bird-care/nutrition/>
25. <https://www.avianandanimal.com/bird-nutrition.html>
26. <https://www.beautyofbirds.com/birdnutrition.html>
27. <https://hari.ca/our-products/bird-nutrition/>
28. <https://edis.ifas.ufl.edu/vm067>
29. <https://www.greatcompanions.com/product/pet-bird-nutrition/>
30. <https://www.innersouthvets.com.au/birds/nutrition-for-birds/>
31. <https://www.msdrvmanual.com/management-and-nutrition/nutrition-exotic-and-zoo-animals/nutrition-in-birds>