

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΗΠΕΙΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ / ΤΜΗΜΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΝΙΚΟΣ ΔΗΜΗΤΡΑΚΑΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΘΕΜΑ: ΤΑ ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΡΙΩΣ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΚΑΙ
ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΣΤΑ ΜΗΡΥΚΑΣΤΙΚΑ ΖΩΑ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΤΣΙΝΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΚΤΗΝΙΑΤΡΟΣ PhD

ΑΘΗΝΑ 2014

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφ.	Περιεχόμενα	Σελ.
1.	Πρόλογος	6
2.1.	Περίληψη	7
2.2.	Abstract	9
3.	Τα ανόργανα στοιχεία	11
3.1.	Διαχωρισμός των ανόργανων στοιχείων	11
3.2.	Ρόλος των ανόργανων στοιχείων	12
3.3.	Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανόργανων στοιχείων	14
3.4.	Αμοιβαίες επιδράσεις εδάφους - φυτών - κλίματος – ζώων	15
3.5.	Τοξικότητα των ανόργανων στοιχείων	15
4.	Τα ανόργανα μακροστοιχεία	17
4.1.	Εισαγωγή	17
4.2.	Ασβέστιο (Ca - calcium) και Φώσφορος (P - phosphorous)	17
4.2.1.	Διανομή του Ca και του P στο ζωικό οργανισμό	17
4.2.2.	Οστά	18
4.2.2.1.	Σύνθεση των οστών	18
4.2.2.2.	Σχηματισμός των οστών	18
4.2.2.3.	Κατασκευή των οστών	19
4.2.2.4.	Μεταβολισμός των οστών	20
4.2.3.	Μεταβολισμός Ca και P στο ζωικό οργανισμό	20
4.2.4.	Ο λόγος Ca – P στο ζωικό οργανισμό	21
4.2.5.	Απορρόφηση Ca και P στο ζωικό οργανισμό	22

4.2.6.	Το Ca και ο P στο αίμα	23
4.2.7.	Ρόλος του Ca στο ζωικό οργανισμό	23
4.2.8.	Πενία Ca στο ζωικό οργανισμό και υπασβεσταιμία	24
4.2.9.	Γαλακτικός πυρετός	24
4.2.9.1.	Ο γαλακτικός πυρετός στα μηρυκαστικά ζώα	24
4.2.9.2.	Αίτια εμφάνισης του γαλακτικού πυρετού	25
4.2.9.3.	Θεραπεία του γαλακτικού πυρετού	26
4.2.9.4.	Πρόληψη του γαλακτικού πυρετού	26
4.2.10.	Ρόλος του P στο ζωικό οργανισμό	27
4.2.11.	Ραχίτιδα και οστεομαλακία	27
4.2.11.1.	Αίτια εμφάνισης ραχίτιδας και οστεομαλακίας	27
4.2.11.2.	Συμπτώματα ραχίτιδας και οστεομαλακίας	28
4.2.12.	Αλλοτριοφαγία (pica)	31
4.2.13.	Περιεκτικότητα ζωοτροφών σε Ca και P	32
4.2.14.	Το Ca και ο P στην εφαρμοσμένη διατροφή των μηρυκαστικών ζώων	34
4.3.	Μαγνήσιο (Mg - magnesium)	35
4.3.1.	Διανομή και ρόλος του Mg στο ζωικό οργανισμό	35
4.3.2.	Ανάγκες των μηρυκαστικών σε Mg	36
4.3.3.	Πενία και περίσσεια Mg στο ζωικό οργανισμό	36
4.3.4.	Συμπτώματα πενίας Mg στα μηρυκαστικά ζώα	37
4.4.	Κάλιο (K-potassium)	39
4.4.1.	Διανομή και ρόλος του K στο ζωικό οργανισμό	39
4.4.2.	Πενία και περίσσεια K στο ζωικό οργανισμό	39
4.5.	Νάτριο (Na-sodium)	41

4.5.1.	Η διανομή και ο ρόλος του Na στο ζωικό οργανισμό	41
4.5.2.	Αποβολή του Na από το ζωικό οργανισμό	41
4.5.3.	Πενία και περίσσεια του Na στο ζωικό οργανισμό	41
4.5.4.	Πρόληψη ανεπάρκειας Na στο ζωικό οργανισμό	42
4.6.	Χλώριο (Cl - chloride)	44
4.6.1.	Διανομή και ρόλος του Cl στο ζωικό οργανισμό	44
4.6.2.	Αποβολή του Cl από το ζωικό οργανισμό	44
4.6.3.	Πενία και περίσσεια του Cl στο ζωικό οργανισμό	44
4.6.4.	Χλωριούχο νάτριο (NaCl - Sodium chloride)	45
4.6.5.	Περίσσεια NaCl	45
4.7.	Θείο (S - sulphur)	48
4.7.1.	Διανομή και ρόλος του S στο ζωικό οργανισμό	48
4.7.2.	Αποβολή του S από το ζωικό οργανισμό	48
4.7.3.	Ανάγκες των μηρυκαστικών ζώων σε S	48
4.7.4.	Πενία και περίσσεια του S στο ζωικό οργανισμό	49
5.	Συμπεράσματα / Επίλογος	50

Βιβλιογραφία

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή εργασία, διενεργήθηκε στο Τμήμα Ζωικής Παραγωγής της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας και Τεχνολογίας Τροφίμων του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Ηπείρου.

Η εργασία αυτή αποτελεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση, σχετικά με τα ανόργανα μακροστοιχεία στα μηρυκαστικά ζώα. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παρουσίαση των απαραίτητων ανόργανων μακροστοιχείων, κυρίως του ασβεστίου και του φωσφόρου, στα μηρυκαστικά ζώα. Θα παρουσιαστεί ο ρόλος και η χρήση τους, η κατανομή τους στο ζωικό οργανισμό και τα αποτελέσματα των ελλείψεων αλλά και των πλεονασμάτων τους σε αυτόν.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας, εξετάζονται τα ανόργανα στοιχεία γενικότερα και ο διαχωρισμός τους σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία. Επίσης εξετάζονται, ο φυσιολογικός τους ρόλος, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους, αλλά και οι αμοιβαίες επιδράσεις μεταξύ αυτών και του περιβάλλοντος και τα αποτελέσματά τους στα ζώα. Τέλος εξετάζεται η τοξικότητά τους στα ζώα, σε περιπτώσεις μεγάλων συγκεντρώσεών τους στο ζωικό οργανισμό.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας αυτής, εξετάζονται αναλυτικότερα τα ανόργανα μακροστοιχεία, το ασβέστιο, ο φώσφορος, το μαγνήσιο, το κάλιο, το νάτριο, το χλώριο και το θείο. Εξετάζονται αναλυτικά, ο ρόλος τους στο ζωικό οργανισμό, η διανομή τους σε αυτόν, αλλά και η αποβολή τους από αυτόν. Επίσης εξετάζονται οι ανάγκες των μηρυκαστικών στα προαναφερθέντα μακροστοιχεία. Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των πενιών, αλλά και των πλεονασμάτων των ανόργανων μακροστοιχείων στο ζωικό οργανισμό.

Το τρίτο μέρος, που αποτελεί και τον επίλογο της εργασίας αυτής, είναι μία συνολική ανασκόπηση του φυσιολογικού ρόλου των ανόργανων μακροστοιχείων, αλλά και των αποτελεσμάτων που παρατηρούνται στην περίπτωση διαταραχής των φυσιολογικών συγκεντρώσεών τους στον οργανισμό των μηρυκαστικών, με τη χρήση συγκεντρωτικών πινάκων.

2.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Δημητρακάκης Ν., 2014. Τα ανόργανα μακροστοιχεία, κυρίως ασβεστίου και φωσφόρου, στα μηρυκαστικά ζώα. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας και Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου.

Τα ανόργανα στοιχεία χωρίζονται σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία, ανάλογα με το ποσοστό που απαιτούνται από το ζωικό οργανισμό, αλλά και το ποσοστό που απαντώνται στο ζωικό ιστό. Αποτελούν παράγοντα ιδιαίτερης σημασίας για τη δομή και τη λειτουργία του οργανισμού και ο ρόλος τους είναι πολυποίκιλος. Τα ανόργανα στοιχεία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους στο ζωικό οργανισμό. Αμοιβαίες επιδράσεις ανόργανων στοιχείων παρατηρούνται και στο περιβάλλον μεταξύ του εδάφους, των φυτών, του κλίματος και των ζώων. Πέραν των προβλημάτων που μπορούν να προκληθούν στα ζώα από ελλείψεις συγκέντρωσης απαραίτητων στοιχείων, η περίσσεια αυτών μπορεί να προκαλέσει τοξικότητες.

Το ασβέστιο και ο φώσφορος, εξετάζονται από κοινού, λόγω της μεγάλης αλληλεξάρτησής τους στο ζωικό οργανισμό. Αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των ανόργανων ουσιών στα ζώα και απαντώνται κυρίως στα οστά. Πενία ασβεστίου προκαλεί υπασβεστιαμία. Πενίες ασβεστίου και φωσφόρου προκαλούν ραχίτιδες και οστεομαλακία. Η πενία φωσφόρου προκαλεί και αλλοτριοφαγία.

Το μαγνήσιο αλληλεπιδρά με το ασβέστιο και το φώσφορο και η διανομή του στα ζώα εξαρτάται από τη σχέση του με αυτά. Οι μεταβολικές νόσοι που προκαλούνται από την πενία του απαντώνται σε οξείας μορφής νόσους και σε χρόνιας μορφής νόσους.

Το κάλιο είναι το κύριο κατιόν των ενδοκυτταρικών υγρών και έχει σημαντικότατο ρόλο στη ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης των υγρών του σώματος, της οξεοβασικής ισορροπίας του ζωικού οργανισμού και στο μεταβολισμό των υδατανθράκων στον οργανισμό. Η πενία του είναι πολύ σπάνια στα μηρυκαστικά ζώα.

Το νάτριο είναι το κύριο ανόργανο κατιόν των εξωκυτταρικών υγρών. Ρυθμίζει και διατηρεί την οξεοβασική ισορροπία του ζωικού οργανισμού, διατηρείται σταθερή η τιμή του pH στο αίμα. Η πενία του απαντάται στα μηρυκαστικά σε όλο τον κόσμο και προκαλεί πολλά, ποικίλα και σοβαρά προβλήματα στο ζωικό οργανισμό. Η περίσσεια του στοιχείου στο ζωικό οργανισμό, σε συνδυασμό με μη άφθονη παροχή πόσιμου νερού στα ζώα επιφέρει άμεσα το θάνατο.

Το χλώριο αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά ανιόντα του οργανισμού και απαντάται σε μεγάλες ποσότητες στα ενδοκυτταρικά και εξωκυτταρικά υγρά του

σώματος. Η πενία του προκαλεί επιβράδυνση του ρυθμού ανάπτυξης των ζώων, αλλά και εμφανής ύπαρξη νευρικών διαταραχών.

Το περισσότερο θείο του σώματος των ζώων βρίσκεται σε οργανικές ενώσεις. Τα μηρυκαστικά ζώα έχουν πολύ μικρές ανάγκες σε θείο οι οποίες καλύπτονται κυρίως από την ποσότητά του που εισέρχεται στον οργανισμό υπό μορφή πρωτεϊνών από το σιτηρέσιο. Οπότε πενία S συμβαίνει κυρίως σε περιπτώσεις που το ζώο παίρνει με το σιτηρέσιο πολύ λίγες πρωτεΐνες, που προκαλεί επιβράδυνση της ανάπτυξής του.

2.2 ABSTRACT

Dimitrakakis N., 2014. The macrominerals, principally of calcium and phosphorous, in ruminant animals. Diploma Thesis, Department of Animal Production, School of Agricultural Technologies & Food and Nutrition Technologies, Technological Educational Institute of Epirus

Minerals are divided into macro and trace elements, depending on the percentage required by the animal organism, and the percentage found in animal tissue. Minerals are of particular importance for the structure and functioning of the animal organism and their role is diverse. Interaction between minerals can be observed in the animal body. Reciprocal effects of minerals are observed in the environment between the soil, plants, the climate and animals. In addition to the problems that can be caused to animals by lack of concentration of necessary elements, excess of those elements may cause toxicities.

Calcium and phosphorus, are examined together, because of the high interconnectedness in the animal body. Together these elements constitute the largest proportion of minerals in animals and are found mainly in the bones. Low levels of calcium in the blood stream causes Hypocalcaemia. Deficiency of calcium and phosphorus causes Rickets and Osteomalacia. Deficiency of phosphorus causes an animal disease called Pica.

Magnesium interacts with calcium and phosphorus and its distribution in animals depends on its relationship with them. The metabolic diseases caused by deficiency of magnesium, are occurring in acute form diseases and chronic form diseases.

Potassium is the principal cation of intracellular liquids and has an important role in regulating the osmotic pressure of body fluids, acid-base balance in the animal organism and in the metabolism of carbohydrates in the body. Deficiency of magnesium is very rare in ruminants.

Sodium is the principal inorganic cation of extracellular fluids. It sets and maintains the acid-base balance of the animal organism, it is maintaining pH levels in the blood stream. Sodium deficiency in ruminants occurs worldwide and causes varied and serious problems in the animal organism. The excess of sodium in the animal organism, in combination with non-abundant supply of drinking water to animals, will result in death.

Chlorine is one of the most important anions in the animal body and is found in large quantities in intracellular and extracellular fluids. Chlorine deficiency causes a deceleration of the growth rate of animals, but also apparent existence of neural disorders.

Sulfur in the animal body is located in organic compounds. Ruminants have very little needs in sulfur, which are mainly covered by the quantities that enter the body in the form of proteins from the ration. So sulfur deficiency occurs mainly in cases where the animal consumes very little proteins in its ration, which causes a deceleration of its growth rate.

3. ΤΑ ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

3.1. Διαχωρισμός των ανόργανων στοιχείων

Τα ανόργανα στοιχεία (minerals) στα ζώα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα μακροστοιχεία ή μεγαλοστοιχεία (macroelements / macrominerals) και τα ιχνοστοιχεία (microelements/trace elements) (πίνακας 1.). Η διαφοροποίηση μεταξύ των δύο κατηγοριών είναι ότι α) τα μακροστοιχεία απαιτούνται από το ζωικό οργανισμό σε μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τα ιχνοστοιχεία όπου οι ανάγκες των ζώων σε αυτά είναι πολύ μικρές και β) η παρουσία των μακροστοιχείων στο ζωικό ιστό είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με τα ιχνοστοιχεία.

Ανόργανα στοιχεία					
Μακροστοιχεία			Ιχνοστοιχεία		
Ca	Na		F	Zn	Cu
P	S		Mn	I	Co
Mg	Cl		Cr	Pb	F
K			As	etc.	

Πίνακας 1. Ταξινόμηση ανόργανων στοιχείων σε μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία

Μία άλλη ταξινόμηση στα ανόργανα στοιχεία, η οποία είναι και η επικρατέστερη, κατατάσσει αυτά σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τη φυσιολογική τους σημασία, σε απαραίτητα, πιθανώς απαραίτητα και μη απαραίτητα (πίνακας 2.). Απαραίτητα ονομάζονται τα ανόργανα στοιχεία, των οποίων α) η έλλειψη ή η μη επαρκής συγκέντρωσή τους σε ένα σιτηρέσιο θα προκαλέσει στους ιστούς του ζωικού οργανισμού βιοχημικές μεταβολές που με τη σειρά τους θα προκαλέσουν συμπτώματα ελλείψεως (πενίες) και β) η προσθήκη των στοιχείων που είναι ελλιπή στο σιτηρέσιο θα άρει τα συμπτώματα αυτά ή έστω θα τα περιορίσει. Πιθανώς απαραίτητα ονομάζονται τα ανόργανα στοιχεία που η μικρή συγκέντρωσή τους στο σιτηρέσιο δεν προκαλεί συμπτώματα πενίας στο ζωικό οργανισμό. Μη απαραίτητα ανόργανα στοιχεία ονομάζονται αυτά που η αναγκαιότητά τους δεν έχει επιβεβαιωθεί, ή επειδή δεν έχει ακόμα ερευνηθεί και τεκμηριωθεί, ή παραμένει ακόμα άγνωστη.

Απαραίτητα		Πιθανώς απαραίτητα		Μη απαραίτητα
Ca	Cu	Ci	Pb	Cs
P	Zn	Ti	Sn	Ba
Mg	Co	V	Al	Hg
K	Se	Cr	Ga	Ra
Na	Mn	Ni	Ge	U
Cl	I	As	Rb	Th
S	Mo	Br	Sn	Bi
Fe	F	Cd	Ag	Sc

*Πίνακας 2. Ταξινόμηση των ανόργανων στοιχείων βάση της φυσιολογικής τους σημασίας
(Ζέρβας 2007)*

3.2. Ρόλος των ανόργανων στοιχείων

Τα ανόργανα στοιχεία παρόλο που έχουν μικρή συμμετοχή στο σύνολο του οργανισμού των ζώων αποτελούν ιδιαίτερης σημασίας παράγοντα για την δομή και την λειτουργία του οργανισμού. Ο ρόλος των απαραίτητων ανόργανων μακροστοιχείων εντός του οργανισμού είναι πολυποίκιλος. Αναλυτικότερα οι διάφοροι ρόλοι τους στο ζωικό οργανισμό είναι οι εξής (Ζέρβας, 2000):

1. Δομικός. Η ανάπτυξη ενός ζωικού οργανισμού συνδέεται με την εναπόθεση ανόργανων στοιχείων στο σώμα. Τα στοιχεία αυτά υπό τη μορφή διαφόρων αλάτων λαμβάνουν μέρος στη δομή των διαφόρων ιστών του οργανισμού, όπως για παράδειγμα

το Ca, ο P και το Mg στα οστά

ο Fe στο αίμα

το S στις πρωτεΐνες

2. Η διατήρηση της οσμωτικής πίεσης. Η οσμωτική πίεση μέσα στον οργανισμό είναι ένας σπουδαίος φυσιολογικός παράγοντας, που ελέγχει την κατανομή του νερού εντός του σώματος. Το μέγεθος της οσμωτικής πίεσης στα εξωκυτταρικά υγρά καθορίζεται από τη συγκέντρωση του Cl, του Na και των ανθρακικών ιόντων, ενώ μέσα στα κύτταρα κυρίως από τη συγκέντρωση του K, του Mg και των οργανικών ουσιών.

3. Η διατήρηση του οξεοβασικού ισοζυγίου. Στοιχεία, όπως το Na, το K και το Cl έχουν βασικά μια ηλεκτροχημική λειτουργία και συμβάλλουν τα μέγιστα στη διατήρηση του οξεοβασικού ισοζυγίου στο αίμα και στους ιστούς του ζωικού οργανισμού. Το οξεοβασικό ισοζύγιο επηρεάζεται από το είδος του χορηγούμενου σιτηρεσίου και λαμβάνεται υπόψη στη διατροφή των ζώων γιατί η διατάραξή του μειώνει την

παραγωγικότητα και επηρεάζει δυσμενώς την αναπαραγωγή αυτών. Το οξεοβασικό ισοζύγιο επηρεάζεται από τα στοιχεία P, Cl, S, Ca, Mg, K και Na.

4. Η λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών. Τα ανόργανα στοιχεία υπό μορφή συνθέτων οργανικών ενώσεων και κυρίως υπό μορφή ιόντων, συνδέονται άμεσα με τη δομή και τη λειτουργία των κυτταρικών μεμβρανών (π.χ. ο P).

5. Η κατάλυση ενζυμικών συστημάτων. Διάφορες οργανικές ενώσεις και μεταλλικά ιόντα δρουν ως συνένζυμα. Πολλά ένζυμα απαιτούν την παρουσία μετάλλων για να φθάσουν το μέγιστο της ενζυμικής τους ενεργότητας και διακρίνονται σε: α) μεταλλοένζυμα και β) ένζυμα ενεργοποιούμενα από την παρουσία ανόργανων στοιχείων. Η καταλυτική τους δράση εξαρτάται από τα αν το ανόργανο στοιχείο μετέχει στη δομή του ενεργού κέντρου του ενζύμου ή συμπληρώνει τη λειτουργία του.

6. Η σχέση με τις ορμόνες. Η σχέση αυτή απορρέει από: i) την απευθείας συμμετοχή του ανόργανου στοιχείου στη δομή της ορμόνης (I και θυροξίνη), ii) το σχηματισμό ασταθών ενώσεων μεταξύ ανόργανου στοιχείου και ορμόνης (Zn και ινσουλίνη), και iii) τη συμμετοχή τους κατά το σχηματισμό ενζυμικών συστημάτων. Οι ορμόνες αντιδρούν με μεταλλικά ιόντα που συμμετέχουν στη δομή πολλών ενζυμικών συστημάτων. Π.χ. η θυροξίνη δεσμεύει ιόντα Cu, Mg, Co και Zn και δρα ως φορέας ιόντων.

7. Η λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος. Μερικά στοιχεία όπως τα Cu, Se, Co, Zn κ.ά. τροποποιούν τη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος επηρεάζοντας τα κύτταρα Tα και B, τα ουδετερόφιλα και τα μακροφάγα. Η χορήγηση των στοιχείων αυτών, σε ποσότητα που δεν καλύπτει τις ανάγκες του οργανισμού ή υπερκαλύπτει αυτές κατά πολύ, μειώνει την αντίσταση του οργανισμού σε διάφορες μολύνσεις.

8. Η έμμεση επίδραση στο μεταβολισμό μέσω της μικροχλωρίδας του πεπτικού συστήματος. Η συγκέντρωση των διαφόρων ανόργανων στοιχείων επηρεάζει τον αριθμό και τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και κατ' επέκταση τη σύνθεση της μικροβιακής πρωτεΐνης, ιδιαίτερα στα μηρυκαστικά ζώα. Η ένωση ανόργανων ιόντων με οργανικές ενώσεις και ο σχηματισμός μεγαλομοριακών συμπλόκων τροποποιεί την απορρόφηση των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων και κυρίως των πρωτεϊνών του σιτηρεσίου.

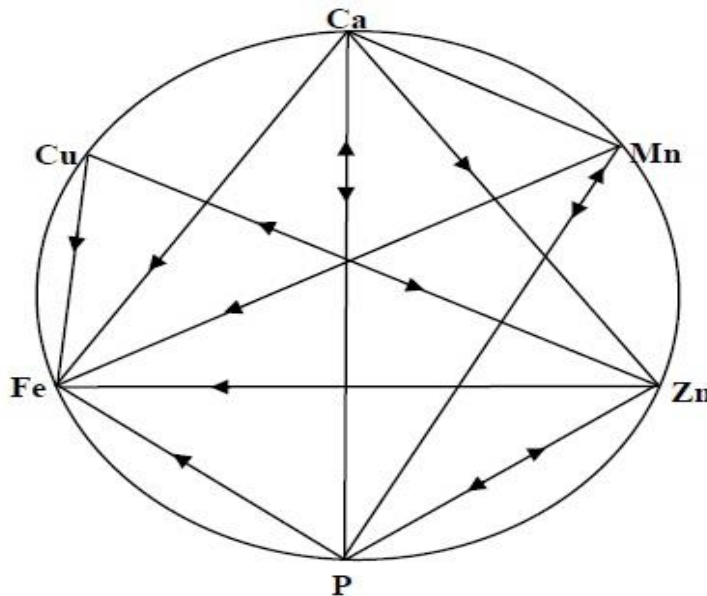
Ο ρόλος ορισμένων στοιχείων είναι μοναδικός, όπως του Co που είναι συστατικό της βιταμίνης B12 και του I που μετέχει στο μόριο της ορμόνης θυροξίνης. Κάποια έχουν περισσότερους ρόλους, όπως το Mg, το οποίο λειτουργεί καταλυτικά, δομικά και ηλεκτροχημικά.

3.3. Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανόργανων στοιχείων

Πέραν των συγκεντρώσεων των απαραίτητων και πιθανώς απαραίτητων ανόργανων στοιχείων σε ορισμένες ποσότητες που απαιτούνται από το ζωικό οργανισμό, μεγάλη σημασία πρέπει να δοθεί και στις ποσοτικές σχέσεις μεταξύ ορισμένων από αυτά. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους στον οργανισμό, (σχήμα 1.), προκαλούν συχνά φαινόμενα ανταγωνισμού

Λόγω των φαινομένων αμοιβαίου ανταγωνισμού που παρατηρούνται ανάμεσα στα ανόργανα στοιχεία μπορεί να εκδηλωθούν και δευτερογενείς πενίες που με τη σειρά τους επηρεάζουν την υγεία του ζώου. Επίσης η πενία ενός στοιχείου μπορεί να οδηγήσει σε πλεονασμό άλλων στοιχείων με αποτελέσματα εξίσου αρνητικά στην υγεία και την παραγωγικότητα του ζώου λόγω τοξικότητας που θα αναλύσουμε αργότερα. Για παράδειγμα όταν ένας οργανισμός έχει έλλειψη Fe, παρατηρούμε απορρόφηση και κατακράτηση αυξημένων ποσοτήτων σε Zn, Cd, Mn, Co και Pb. Ο λόγος για τον οποίο παρατηρούνται αυτές οι αυξημένες ποσότητες είναι ότι οι μηχανισμοί απορρόφησης και μεταφοράς του Fe και των υπολοίπων στοιχείων είναι σχεδόν ο ίδιος, οπότε το ζώο προσπαθώντας να απορροφήσει περισσότερο Fe για να καλύψει την έλλειψή του, απορροφά μεγαλύτερες ποσότητες από τα υπόλοιπα στοιχεία.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα αλληλεπιδράσεων μεταξύ ανόργανων στοιχείων είναι η σχέση Cu, Mo και S στα μηρυκαστικά ζώα (Ζέρβας 2000).



Σχήμα 1. Χαρακτηριστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ ανόργανων στοιχείων στον οργανισμό των ζώων (Παπαδόπουλος, 2007)

3.4. Αμοιβαίες επιδράσεις εδάφους – φυτών – κλίματος - ζώων

Οι αμοιβαίες επιδράσεις μεταξύ εδάφους-φυτών-κλίματος-ζώων σε ένα οικοσύστημα καθώς και οι αλλαγές που μπορεί να προκληθούν από ανθρώπινη παρέμβαση είναι δυνατόν να προκαλέσουν προβλήματα ανεπάρκειας ανόργανων ουσιών στη διατροφή των αγροτικών ζώων .

Ο φώσφορος είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μίας τέτοιας περίπτωσης. Η ανεπάρκεια του εδάφους μίας περιοχής σε ικανοποιητικά ποσοστά φωσφόρου ή η ύπαρξή του σε μη αφομοιώσιμη μορφή από τα φυτά αυτής της περιοχής, θα έχει ως αποτέλεσμα το χόρτο που θα καταναλώσουν τα βόσκοντα ζώα να μην περιέχει ικανή ποσότητα φωσφόρου για τη διατροφή τους με ανεπιθύμητα συμπτώματα σε αυτά ως τελικό αποτέλεσμα. Επίσης στην περίπτωση του φωσφόρου και της ανεπάρκειας αυτού στη διατροφή των ζώων οι κλιματικοί παράγοντες μίας περιοχής έχουν σημαντικό ρόλο σε αυτή. Παράλληλα με την ωρίμανση του χόρτου βοσκής, παρατηρείται σημαντική μείωση της περιεκτικότητας αυτού σε φώσφορο. Αυτή η κατάσταση συμβαίνει ανεξαρτήτως της κατάστασης του εδάφους σχετικά με την ποσότητα του φωσφόρου που περιέχει και παραμένει όσο το χόρτο είναι ώριμο και ξηρό. Αντίθετα η περιεκτικότητα του χόρτου βοσκής είναι υψηλή σε φώσφορο κατά τη διάρκεια της περιόδου των βροχών όπου έχουμε δηλαδή και την έναρξη της περιόδου βλάστησης.

Επομένως, οι κλιματικές και εποχιακές συνθήκες επηρεάζουν σημαντικά τις περιπτώσεις ανεπαρκούς διατροφής των βοσκόντων ζώων με φώσφορο.

3.5. Τοξικότητα των ανόργανων στοιχείων

Όπως προαναφέρθη κάποια από τα ανόργανα στοιχεία είναι απαραίτητα στο ζωικό οργανισμό και σε περίπτωση μερικής ή ολικής ελλείψεώς τους από το σιτηρέσιο και κατ' επέκταση από το ζωικό οργανισμό, παρουσιάζονται πενίες με αποτέλεσμα την παρουσίαση σοβαρών προβλημάτων στην υγεία του ζώου που μπορεί να οδηγήσουν και στο θάνατό του.

Παρόμοια όμως αποτελέσματα μπορεί να παρουσιαστούν και στην περίπτωση χορηγήσεως υπερβολικών ποσοτήτων σε απαραίτητα ανόργανα στοιχεία. Ειδικά σε περιπτώσεις όπως του Cu, του F, του Mo και του Se. Ο Cu όπως και το F είναι στοιχεία που γίνονται δηλητήρια όταν σωρεύονται σε μεγάλες ποσότητες. Ο λόγος αυτής της συσσώρευσης είναι η αδυναμία του ζωικού οργανισμού να τα αποβάλλει σε αποτελεσματικό βαθμό.

Πέραν των τοξικών στοιχείων που αναφέρθηκαν παραπάνω θα μπορούσε να ειπωθεί πως όλα τα στοιχεία, και εφ' όσον η ποσότητα που χορηγείται υπερβαίνει κάποια όρια, είναι τοξικά είτε άμεσα είτε έμμεσα για το ζωικό οργανισμό.

Επίσης τοξικά φαινόμενα από κατακράτηση και εναπόθεση ενός στοιχείου στο ζωικό οργανισμό μπορούν να εμφανιστούν όχι μόνο από πλεονασματική χορήγηση του στοιχείου αυτού αλλά και στην περίπτωση που η συγκέντρωση ενός άλλου στοιχείου, που αλληλεπιδρά με το πρώτο, είναι πολύ μικρότερη της απαιτούμενης συγκέντρωσης αυτού. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές μεταξύ των ανόργανων στοιχείων μπορεί να προκαλέσουν τις δευτερογενείς πένιες που προαναφέραμε, οι οποίες ευθύνονται για έναν αριθμό μεταβολικών νόσων, που προκαλούνται από την αδυναμία του οργανισμού να μετατρέψει κατάλληλα ένα στοιχείο ή να το αποβάλλει ανάλογα. Τα σιτηρέσια των ζώων, συνήθως, συμπληρώνονται με ένα ισορροπιστή ανόργανων στοιχείων ακριβώς για αυτό το λόγο. Οι κυριότερες πηγές ανόργανων στοιχείων για τους ισορροπιστές αυτούς είναι η μαρμαρόσκονη για το Ca, το φωσφορικό διασβέστιο για το P, το αλάτι για το Na και Cl και διάφορα ανθρακικά, θειικά ή νιτρικά άλατα για τα περισσότερα ιχνοστοιχεία. Δύο βασικοί παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη είναι η καθαρότητα του άλατος που χρησιμοποιείται και η βιοδιαθεσιμότητα του στοιχείου.

4. ΤΑ ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΜΑΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1. Εισαγωγή

Τα μακροστοιχεία (Ca, P, Mg, K, Na, Cl και S) συμμετέχουν στη δομή των κυττάρων και των ιστών του ζωικού σώματος και απαντώνται σε μεγάλες ποσότητες αναλογικά τόσο στις τροφές όσο και στο σώμα των ζώων. Από αυτά το Ca, ο P και το Mg θα μπορούσαν να εξεταστούν από κοινού λόγω των αλληλεπιδράσεών τους, την συνδυαστική λειτουργία τους στο σχηματισμό των οστών αλλά και της αλληλοεξάρτησής τους με τη βιταμίνη D. Αντίστοιχα το K, το Na και το Cl, παρουσιάζουν κοινά στοιχεία και αλληλεπιδράσεις και σχετίζονται κυρίως στη ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης των υγρών του σώματος και της οξεοβασικής ισορροπίας του ζωικού οργανισμού.

4.2. Ασβέστιο (Ca - Calcium) και Φώσφορος (P – Phosphorous)

Οι δυο αυτές ανόργανες ουσίες εξετάζονται από κοινού, λόγω της σύνδεσής τους, κατά στον σχηματισμό των οστών αλλά και λόγω της μεγάλης αλληλεξάρτησής τους με την βιταμίνη D.

Στα σιτηρέσια των αγροτικών ζώων είναι πιθανότερο να παρατηρηθεί ανεπάρκεια ασβεστίου ή φωσφόρου παρά ανεπάρκεια οποιασδήποτε άλλης ανόργανης ουσίας. Εξάιρεση βέβαια αποτελεί το χλωριούχο νάτριο (NaCl), του οποίου η προσθήκη είναι πάντα απαραίτητη.

4.2.1. Διανομή του Ca και του P στο ζωικό οργανισμό

Το Ca και ο P είναι οι αφθονότερες ανόργανες ουσίες στο ζωικό σώμα. Αποτελούν το 70% της συνολικής ανόργανης ουσίας του ζωικού σώματος και το 90% της ανόργανης ουσίας του σκελετού. Κατά προσέγγιση το 99% του συνολικού ασβεστίου και το 80% του συνολικού φωσφόρου του σώματος βρίσκονται στα οστά και στα δόντια.

Εφόσον το μεγαλύτερο ποσοστό του Ca και του P απαντάται στον σκελετό, είναι χρήσιμη η εξέταση της σύνθεσης, του σχηματισμού και του μεταβολισμού των οστών.

4.2.2. Οστά

4.2.2.1. Σύνθεση των οστών

Η μέση σύνθεση των κανονικών οστών του ανεπτυγμένου ζωικού σώματος ανέρχεται σε ποσοστό νερού 45%, λευκώματος 20%, λίπους 10% και ανόργανων αλάτων 25%

Μέσω του νερού των οστών γίνεται ανταλλαγή ανόργανων ιόντων μεταξύ των οστών και των σωματικών υγρών. Η περιεκτικότητα των οστών σε νερό και λίπος ποικίλλει ανάλογα με την ηλικία και την θρεπτική κατάσταση του ζώου. Υπάρχει προοδευτική μείωση της περιεκτικότητας των οστών σε νερό με την αύξηση της ηλικίας του ζώου. Επίσης η περιεκτικότητα των οστών σε λίπος, το οποίο εναποτίθεται στον μυελό των οστών είναι σημαντικά μεγαλύτερη στα παχιά παρά στα άπαχα ζώα.

Η οργανική ουσία των οστών πάνω στην οποία αποτίθενται οι ανόργανες ουσίες, είναι ουσιαστικά ένα μίγμα πρωτεϊνών από τις οποίες η κυριότερη είναι το κολλαγόνο. Η ανόργανη ουσία των οστών αποτελείται κυρίως από Ca, P και άλατα ανθρακικού οξέος καθώς και μικρά ποσά από τα στοιχεία Mg, Na, K, Cl, Sr, F, άλατα κιτρικού οξέος και ίχνη άλλων ανόργανων ουσιών.

Το Ca και ο P βρίσκονται στα οστά με δομή παρόμοια με αυτή που απαντάται στο ορυκτό απατίτης ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaF}_2$). Το F μπορεί να αντικατασταθεί από το υδροξύλιο (OH) ή από την ρίζα CO_3 . Εν τούτοις φαίνεται ότι η ανόργανη ουσία των οστών απαντά κατά μεγάλο μέρος με τη δομή υδροξυαπατίτου ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}(\text{OH})_2$), που αποτελεί ένωση εξαιρετικά σκληρή και δυσδιάλυτη. Στα οστά ο λόγος Ca/P είναι κατά προσέγγιση 2:1. Επειδή η τέφρα των οστών αποτελείται σχεδόν εξολοκλήρου από άλατα ασβεστίου και φωσφόρου και οι σχετικές ποσότητες των δυο αυτών ανόργανων ουσιών στα οστά παραλλάσσουν ελάχιστα, συνήθως χρησιμοποιείται η περιεκτικότητα των οστών σε τέφρα (και όχι σε Ca και P) ως μέτρο της κατάστασης αυτών από άποψη θρέψεως με Ca και P.

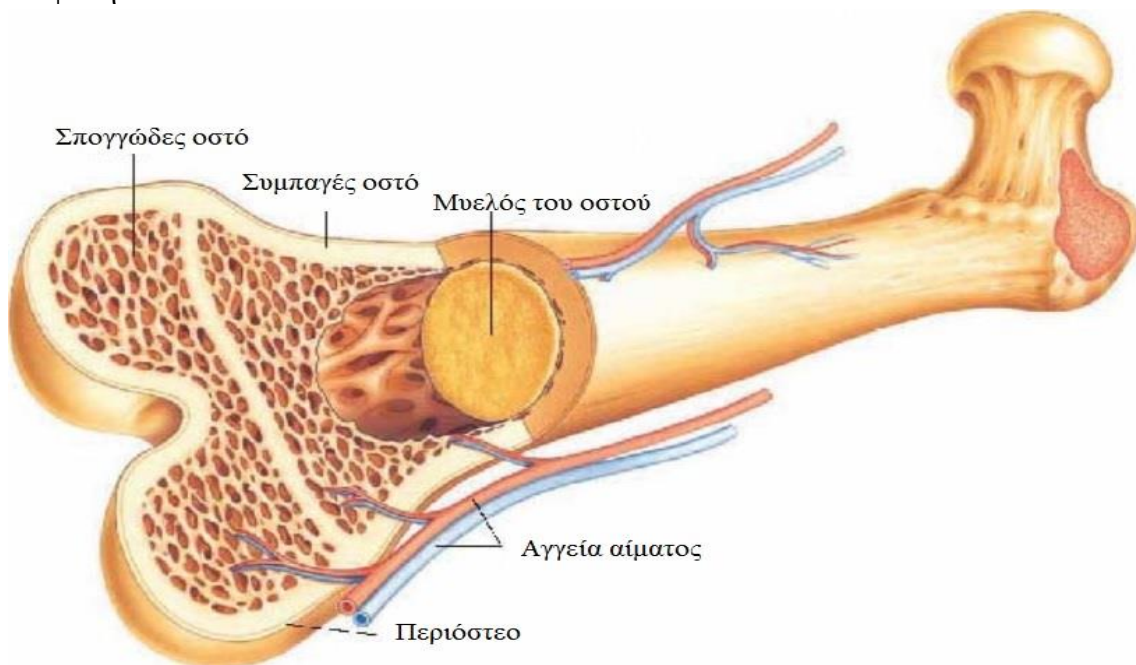
4.2.2.2. Σχηματισμός των οστών

Η λειτουργία του σχηματισμού των οστών ουσιαστικά περιλαμβάνει την εναπόθεση ανόργανων ουσιών επί της οργανικής μήτρας αυτών. Αν και ο ακριβής μηχανισμός της εναπόθεσης των αλάτων ασβεστίου δεν έχει πλήρως διευκρινισθεί, φαίνεται ότι αυτός περιλαμβάνει τη συγκέντρωση μονόξινου φωσφορικού ασβεστίου (CaHPO_4), τρία μόρια του οποίου συμπυκνώνονται προς σχηματισμό ενός μορίου

φωσφορικού ασβεστίου ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), με σύγχρονη αποβολή ενός μορίου φωσφορικού οξέος. Στη συνέχεια στο φωσφορικό ασβέστιο προστίθενται ιόντα ανθρακικού οξέος, φθορίου ή υδροξυλίου για να συμπληρωθεί ο σχηματισμός της χαρακτηριστικής κρυσταλλικής δομής του απατίτη. Στην εναπόθεση κρυστάλλων συμβάλουν διάφορα ένζυμα καθώς και η βιταμίνη D.

4.2.2.3. Κατασκευή των οστών

Τα τοιχώματα του κορμού ή της διαφύσεως του μακρού οστού, αποτελούνται από συμπαγές οστό. Εσωτερικά τα άκρα της διαφύσεως είναι πλήρη σπογγώδους οστού, ενώ το υπόλοιπο τμήμα της είναι κοίλο και περιέχει τον μυελό των οστών. Η επίφυση έχει μορφή σφαιροειδούς επάρματος στο άκρο του μακρού οστού και διαχωρίζεται από την διάφυση με στρώμα χόνδρου, δηλαδή, του διάμεσου χόνδρου ή επιφυσιακού-διαφυσιακού χόνδρου. Η επίφυση είναι γεμάτη με σπογγώδες οστό. Στην αρχή δεν υπάρχει η κοιλότητα του μυελού, αλλά καθώς ο κορμός του οστού αυξάνει διαμετρικά, το παλαιότερο υλικό του οστού απομακρύνεται του εσωτερικού και σχηματίζει κοιλότητα. Η κατά μήκος αύξηση του οστού λαμβάνει χώρα με τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων του διάμεσου χόνδρου και της εναπόθεση ανόργανων ουσιών στις προς την επίφυση και την διάφυση επιφάνειες αυτού. Όταν ο διάμεσος χόνδρος παύει να αναπαράγεται, επακολουθεί πλήρης ασβεστοποίησή του και τη συνένωση επίφυσης με τη διάφυση.



Εικόνα 1. Μορφολογία και δομή του μακρού οστού (www.physics.ntua.gr/)

4.2.2.4. Μεταβολισμός των οστών

Πολλές έρευνες δείχνουν ότι υπάρχει ενεργός μεταβολισμός στα οστά. Ο σκελετός από χημική άποψη δεν βρίσκεται σε στατική αλλά σε δυναμική κατάσταση. Έρευνες με ραδιοϊσότοπα έδειξαν ότι υπάρχει συνεχής ανταλλαγή Ca και P μεταξύ του αίματος και των οστών και μεταξύ διαφόρων μερών των οστών. Ο βαθμός της ανταλλαγής ποικίλλει από θέση σε θέση αλλά είναι πιο ενεργός στο σπογγώδες οστό. Το σπογγώδες οστό όπου η παροχή αίματος είναι μεγαλύτερη αποτελεί την κύρια θέση στην οποία οι εφεδρείες Ca και P κινητοποιούνται για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των ζώων, κατά την ανεπαρκή πρόσληψη από το σιτηρέσιο των ανόργανων αυτών ουσιών.

4.2.3. Μεταβολισμός Ca και P στο ζωικό οργανισμό

Αν και η ανταλλαγή Ca και P μεταξύ των οστών και του αίματος αποτελεί συνεχή λειτουργία, η κινητοποίησή τους από τα οστά λαμβάνει χώρα κυρίως σε περιόδους μεγαλύτερων αναγκών, όπως π.χ. κατά την διάρκεια υψηλής γαλακτοπαραγωγής ή του σχηματισμού των οστών του εμβρύου κατά την εγκυμοσύνη.

Η αφαίρεση του Ca από τα οστά, ελέγχεται από την λειτουργία των παραθυρεοειδών αδένων. Εάν τα ζώα διατρέφονται με σιτηρέσιο χαμηλής περιεκτικότητας σε ασβέστιο, διεγείρονται οι παραθυρεοειδείς αδένες και η ορμόνη που παράγεται από αυτούς, η παραθορμόνη, προκαλεί κινητοποίηση του ασβεστίου των οστών και επαναπορρόφηση αυτού από το αίμα για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες του ζώου.

Από τους παραθυρεοειδείς αδένες παράγεται επίσης και η ορμόνη καλσιτονίνη, η οποία είναι ένα πολυπεπτίδιο αποτελούμενο από τριάντα αμινοξέα. Η καλσιτονίνη εκκρίνεται από τους παραθυρεοειδείς αδένες όταν το επίπεδο του Ca στο αίμα ανέβει πάνω από το κανονικό, οπότε αυτή σταματά τη μεταφορά του από τα οστά στο αίμα.

Εφόσον στα οστά το Ca είναι ενωμένο μαζί με το P, παράλληλα με το Ca απελευθερώνεται από τα οστά και ο P, ο οποίος αποβάλλεται από το σώμα κυρίως με τα ούρα. Δηλαδή, ο σκελετός δεν δύναται να απελευθερώσει τη από τις δύο ανόργανες αυτές ουσίες χωρίς να απελευθερώσει συγχρόνως και ισοδύναμη ποσότητα της άλλης. Για τον λόγο αυτό η ανεπαρκής χορήγηση στα ζώα της μιας εκ των δυο αυτών ανόργανων ουσιών, περιορίζει την θρεπτική αξία και των δύο. Σε αντίθεση με τον σκελετό, το ασβέστιο και ο φώσφορος των δοντιών ελάχιστα υπόκεινται σε κινητοποίηση και αντικατάσταση. Εάν τα δόντια σχηματισθούν μια φορά ελάχιστα επηρεάζονται από τις μεταβολικές ανάγκες του σώματος σε αυτές τις ανόργανες ουσίες, ή από τον εφοδιασμό των ζώων μέσω του σιτηρεσίου.

Η επαρκής διατροφή των ζώων με ασβέστιο και φώσφορο εξαρτάται από:

- την επαρκή περιεκτικότητα του σιτηρεσίου στις ανόργανες αυτές ουσίες με χρησιμοποιήσιμη μορφή
- την υπάρχουσα στο σιτηρέσιο ποσοτική σχέση μεταξύ Ca και P
- την παρουσία στο σιτηρέσιο της βιταμίνης D.

Οι τρεις αυτοί παράγοντες συνδέονται αμοιβαία. Βέβαια είναι αναγκαία η επαρκής χορήγηση των δυο αυτών ανόργανων ουσιών μέσω του σιτηρεσίου, αλλά η αποτελεσματικότητα με την οποία το ζώο τις χρησιμοποιεί είναι μεγαλύτερη όταν η ποσοτική σχέση μεταξύ τους σιτηρεσίων βρίσκεται εντός ορισμένων ορίων και μικρότερη κατά την ανεπαρκή περιεκτικότητα του σιτηρεσίου σε βιταμίνη D ή την ανεπαρκή έκθεση του ζώου στην ηλιακή ακτινοβολία. Αντίστροφα η άφθονη χορήγηση βιταμίνης D ή η επαρκής έκθεση του ζώου στην ηλιακή ακτινοβολία, μειώνει την σημασία της δυσμενούς ποσοτικής σχέσεως μεταξύ Ca και P και καθιστά το ζώο ικανό να χρησιμοποιήσει αποτελεσματικότερα τις ανόργανες αυτές ουσίες που υπάρχουν στο σιτηρέσιο σε περιορισμένη ποσότητα. Κατά την ολοκληρωτική απουσία από το σιτηρέσιο της βιταμίνης D, η απορρόφηση των ανόργανων αυτών ουσιών και η εναπόθεσή τους στα οστά είναι πολύ μικρή, ακόμη και αν η τιμή των άλλων παραγόντων βρίσκεται στο άριστο.

4.2.4. Ο λόγος Ca – P στο ζωικό οργανισμό

Εφόσον το μεγαλύτερο μέρος του Ca και του P συνδέεται με τον σχηματισμό των οστών και επίσης η σχέση Ca:P στα οστά είναι κατά προσέγγιση 2:1, είναι λογικό να προκύψει ότι η ύπαρξη ποσοτικής σχέσης μεταξύ Ca και P αυτού του μεγέθους στο σιτηρέσιο, θα είναι ιδεώδης για την ανάπτυξη και τον σχηματισμό των οστών.

Στην πραγματικότητα μετά από σχετικές έρευνες παρατηρήθηκε ότι η ποσοτική σχέση Ca/P στο σιτηρέσιο είτε είναι πολύ μεγαλύτερη είτε είναι πολύ μικρότερη της θεωρούμενης άριστης σχέσης του 2:1, είναι ικανοποιητική στα διάφορα είδη ζώων. Στις έρευνες αυτές τα ικανοποιητικά αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν για το μεγαλύτερο μέρος των αποκλίσεων από την θεωρούμενη ιδεώδη σχέση 2:1, μπορούν να εξηγηθούν με βάση τις διαφορές που υπάρχουν, στη δυνατότητα χρησιμοποίησης του Ca και του P στις διάφορες τροφές, στις οποίες ίσως οι ανόργανες αυτές ουσίες να βρίσκονται υπό μορφή μη ευκόλως απορροφήσιμων ενώσεων, και 2) στην περιεκτικότητα της βιταμίνης D στις διάφορες τροφές.

Ως προς την δυνατότητα χρησιμοποίησης του Ca και του P από διάφορες τροφές, πρέπει να αναγνωρισθεί ότι η ποσοτική σχέση αυτών στο σιτηρέσιο δεν

συμπίπτει αναγκαστικά με την σχέση των χρησιμοποιήσιμων μορφών των ανόργανων ουσιών που βρίσκονται σε αυτό. Αυτό συμβαίνει γιατί ο P και το Ca δεν απορροφούνται με την ίδια ευχέρεια από όλες τις τροφές. Ούτως ή άλλως η βιταμίνη D όπως προαναφέρθηκε παίζει σημαντικότατο ρόλο στην απορρόφηση και χρησιμοποίηση των δυο παραπάνω ανόργανων ουσιών.

Επομένως μη ικανοποιητικές ποσοτικές σχέσεις των ανόργανων αυτών ουσιών στα σιτηρέσια κάτω από συνθήκες χαμηλής περιεκτικότητάς τους σε βιταμίνη D, μπορούν να γίνουν πλήρως ικανοποιητικές όταν χορηγηθούν άφθονες ποσότητες βιταμίνης D.

Στην περίπτωση των μηρυκαστικών όταν χορηγούνται άφθονες ποσότητες βιταμίνης D, η ποσοτική σχέση Ca/P στο σιτηρέσιο μπορεί να αποκλίνει σημαντικά από την άριστη σχέση 2:1 χωρίς δυσμενείς επιδράσεις. Σε σχετικές έρευνες ποσοτικές σχέσεις Ca:P στο σιτηρέσιο οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 1:1 και 7:1, έδωσαν όλες ικανοποιητικά και παρόμοια αποτελέσματα. Έξω από τα όρια αυτά παρατηρήθηκαν δυσμενείς επιδράσεις και ιδιαίτερα σε ποσοτικές σχέσεις χαμηλότερες της σχέσεις 1:1, Επομένως τα μηρυκαστικά, επειδή καταναλώνουν σημαντική ποσότητα ξηρού χόρτου που έχει αποξηρανθεί στον ήλιο και συνεπώς πλούσιου σε βιταμίνη D, δείχνουν αξιόλογη ανοχή σε πλαυότερες ποσοτικές σχέσεις Ca:P στο σιτηρέσιο.

Ποσοτική σχέση Ca:P στο σιτηρέσιο εκτός των κανονικών ορίων που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν συνεπάγεται αναγκαστικά και πρόσληψη υπερβολικής ποσότητας Ca ή P, αλλά όταν το ένα από αυτά υπάρχει στο σιτηρέσιο σε μεγάλη περίσσεια, παρεμβαίνει στην απορρόφηση του άλλου, εξαιτίας της δεσμεύσής του με την δυσδιάλυτη μορφή του φωσφορικού ασβεστίου, γεγονός που εξηγεί την ανάγκη ύπαρξης ορισμένης σχέσης μεταξύ τους.

Η περίσσεια του Ca ή του P στο σιτηρέσιο παρεμβαίνει και στη χρησιμοποίηση διαφόρων άλλων ανόργανων ουσιών, όπως του ψευδαργύρου (Zn) και του μαγγανίου (Mn). Σχετικές έρευνες έδειξαν ότι πέρα από τις ανάγκες αύξησης της περιεκτικότητας του σιτηρεσίου σε Ca χωρίς παράλληλη αύξηση του Zn, προκαλεί στους αναπτυσσόμενα ζώα ανεπάρκεια Zn. Επίσης υψηλά επίπεδα Ca ή P ή και των δύο στα σιτηρέσια των ζώων, επιδεινώνουν τις δυσμενείς επιδράσεις της ανεπαρκούς περιεκτικότητάς τους σε μαγγάνιο.

4.2.5. Απορρόφηση Ca και P στο ζωικό οργανισμό

Η απορρόφηση του Ca πραγματοποιείται κυρίως στο πρόσθιο τμήμα του λεπτού εντέρου, όπου η τιμή pH είναι μικρότερη (6,5), ενώ ο P απορροφάται κυρίως στο

χαμηλότερο τμήμα του λεπτού εντέρου, όπου η τιμή είναι υψηλότερη. Η απορρόφηση του Ca στο λεπτό έντερο ευνοείται από την μεγαλύτερη οξύτητα, από τις ζωοτροφές στις οποίες πλεονάζουν οι ανόργανες ουσίες που σχηματίζουν οξέα και από τα σιτηρέσια που περιέχουν λακτόζη. Η σχετικά βραδύτερη πέψη της λακτόζης, οδηγεί στην ζύμωσή της και την ανάπτυξη οξύτητας, η οποία ευνοεί την απορρόφηση του ασβεστίου.

Όταν υπάρχει στο σιτηρέσιο περίσσεια Ca έναντι του P, δηλαδή μεγαλύτερη ποσότητα Ca από αυτή που μπορεί, να απορροφηθεί από το πρώτο τμήμα του λεπτού εντέρου, θα υπάρχει ελεύθερο Ca στα σημεία του λεπτού εντέρου όπου απορροφάται ο P με αποτέλεσμα το Ca που βρίσκεται σε περίσσεια, συνδυασμένο μαζί με το P να σχηματίσουν δυσδιάλυτο φωσφορικό ασβέστιο και έτσι να παρακωλυθεί η απορρόφηση του P. Κατά παρόμοιο τρόπο, περίσσεια P στο σιτηρέσιο έναντι του Ca θα ελαττώσει την απορρόφηση και των δυο αυτών ανόργανων ουσιών, πράγμα το οποίο όπως ανεφέρθη προηγουμένως εξηγεί την μεγάλη σημασία της ύπαρξης ορισμένης ποσοτικής σχέσης μεταξύ Ca και P στο σιτηρέσιο. Επίσης η απορρόφηση του P παρακωλύεται όταν το σιτηρέσιο περιέχει μεγάλα ποσά σιδήρου (Fe), λόγω του σχηματισμού αδιάλυτων φωσφορικών αλάτων.

4.2.6. Το Ca και ο P στο αίμα

Το Ca το οποίο βρίσκεται εκτός των οστών ανέρχεται περίπου στο 1% του συνολικού Ca του σώματος, απαντάται στους μαλακούς ιστούς και αποτελεί ουσιώδες συστατικό των ζωντανών κυττάρων και των περισσότερων σωματικών υγρών. Η μεγαλύτερη όμως συγκέντρωσή του βρίσκεται στο αίμα, ο ορός του οποίου στα περισσότερα είδη ζώων περιέχει 9-12mg Ca ανά 100 ml. Δηλαδή το Ca βρίσκεται στο πλάσμα του αίματος, ενώ τα κύτταρα του αίματος, (αιμοσφαίρια) στερούνται ασβεστίου. Στον ορό του αίματος το Ca απαντάται εν μέρει ενωμένο μαζί με πρωτεΐνες σε κολλοειδή κατάσταση (40%) και εν μέρει σε μορφή ανόργανων ενώσεων, κυρίως φωσφορικών και διττανθρακικών αλάτων (60%). Το τελευταίο τμήμα έχει ιδιαίτερη σημασία στην θρέψη διότι ιοντίζεται εύκολα. Δηλαδή υπάρχει ισορροπία μεταξύ του ιοντισμένου και του ενωμένου με πρωτεΐνες Ca.

4.2.7. Ρόλος του Ca στο ζωικό οργανισμό

Το Ca των μαλακών ιστών, καθώς και το Mg, παίζουν σημαντικό ρόλο στην ελάττωση της νευρομυϊκής διεγερσιμότητας, ενώ αντίθετα το K και το Na δρουν ανταγωνιστικά αυξάνοντας την νευρομυϊκή διεγερσιμότητα. Επίσης το Ca απαιτείται για την κανονική λειτουργία των σκελετικών και καρδιακών μυών, είναι απαραίτητο για την

πήξη του αίματος σε περίπτωση αιμορραγίας και συνδέεται με την ρύθμιση της οσμωτικής πίεσης. Ακόμη μια σημαντική λειτουργία του Ca είναι ότι ενεργοποιεί διάφορα μεγάλης σπουδαιότητας ένζυμα, όπως είναι η παγκρεατική λιπάση, η όξινη φωσφατάση, και η χολινεστεράση.

4.2.8. Πενία του Ca στο ζωικό οργανισμό και υπασβεστιαμία

Το επίπεδο του Ca στον ορό του αίματος κυρίως ρυθμίζεται από την ορμόνη των παραθυρεοειδών αδένων και δεν επηρεάζεται εύκολα από την ποσότητα του Ca που προσλαμβάνεται με την τροφή, αν και η κύρια πηγή του Ca του σώματος είναι αυτή.

Κατά την αύξηση των αναγκών σε Ca, η παραθορμόνη διατηρεί σταθερό το επίπεδο του Ca στον ορό του αίματος με την κινητοποίησή του από τα οστά. Εάν οι παραθυρεοειδείς αδένες αφαιρεθούν ή διαταραχθεί η λειτουργία τους, η περιεκτικότητα του αίματος σε Ca ελαττώνεται και προκύπτει τετανία. Η τετανία χαρακτηρίζεται από υπερδιεγερσιμότητα του νευρομυϊκού συστήματος, η οποία σε βαριές περιπτώσεις καταλήγει σε σπασμούς.

4.2.9. Γαλακτικός πυρετός

4.2.9.1. Ο γαλακτικός πυρετός στα μηρυκαστικά

Συμπτώματα τετανίας, οφειλόμενα σε υπασβεστιαμία εμφανίζονται και κατά τον γαλακτικό πυρετό, μια μεταβολική πάθηση των αγελάδων, γνωστή και ως πάρεση τοκετού (parturient paresis), (εικόνα 2.), η οποία παρουσιάζεται σποραδικά στα ζώα, συνήθως κατά την διάρκεια των πρώτων ημερών μετά τον τοκετό, αν και πολλές φορές παρουσιάζεται λίγο πριν ή και κατά την διάρκεια του τοκετού. Κατά την πάθηση αυτή η ελάττωση της περιεκτικότητας σε Ca του ορού του αίματος μπορεί να φθάσει στο 70% της κανονικής.

Κατά τα αρχικά στάδια της πάθησης, η αγελάδα παραμένει όρθια, αλλά δεν προσλαμβάνει τροφή και ούτε μηρυκάζει. Εάν υποχρεωθεί να βαδίσει, παρουσιάζει κλονιζόμενο βηματισμό και πολλές φορές ελαφρούς μυϊκούς σπασμούς. Αργότερα η αγελάδα ξαπλώνει σε χαρακτηριστική στάση πάνω στο στέρνο της με το κεφάλι προς τα πίσω στηριζόμενη στους ώμους της. Οι οφθαλμοί της είναι χαύνοι και προσβλέπουν ατενώς, η δε κόρη τους είναι διεσταλμένη. Η αγελάδα παρουσιάζει αυξημένη νευρομυϊκή διεγερσιμότητα και μυϊκούς σπασμούς.



Εικόνα 2. Αγελάδα με συμπτώματα πάρεσης τοκετού (www.cvmb.colostate.edu)

Η εφαρμογή της θεραπείας σε αυτό το στάδιο δίνει το μεγαλύτερο ποσοστό αναρρώσεων. Εάν όμως δεν εφαρμοστεί θεραπεία, επακολουθεί σπαστική παράλυση και αναισθησία. Η αγελάδα σ' αυτή την περίπτωση παραμένει κατάκοιτη και πέφτει σε κώμα. Καθώς περνά ο χρόνος το κώμα γίνεται βαθύτερο και το ζώο καταλήγει σε θάνατο. Η θερμοκρασία του σώματος, μολονότι η πάθηση αυτή λέγεται γαλακτικός πυρετός, είναι κανονική ή πέφτει κάτω από την κανονική.

Η θνησιμότητα σε περίπτωση μη εφαρμογής θεραπείας είναι πολύ μεγάλη. Περισσότερο επιρρεπείς στην πάθηση αυτή είναι οι αγελάδες υψηλής γαλακτοπαραγωγής, στις οποίες συνηθέστερα παρουσιάζεται κατά τον τρίτο και τους μεταγενέστερους τοκετούς τους, οπότε κανονικά βρίσκονται και στο μέγιστο της γαλακτικής παραγωγής τους. Σπάνια ο γαλακτικός πυρετός εμφανίζεται στον πρώτο ή τον δεύτερο τοκετό.

4.2.9.2. Αίτια εμφάνισης του γαλακτικού πυρετού

Αιτία της χαμηλής περιεκτικότητας του αίματος σε Ca δεν είναι η ανεπαρκής πρόσληψή του από της τροφές. Σιτηρέσια με αυξημένη περιεκτικότητα σε ασβέστιο, όταν χορηγήθηκαν σε διάφορα χρονικά διαστήματα πριν από τον τοκετό, όχι μόνο

αποδείχθηκαν χωρίς αποτέλεσμα, αλλά αντίθετα προδιέθεσαν της αγελάδες στην ανάπτυξη γαλακτικού πυρετού, πιθανώς λόγω της ελάττωσης του μεγέθους και της δραστηριότητας των παραθυρεοειδών αδένων. Αν και τα αίτια της υπασβεστιαϊμίας κατά τον γαλακτικό πυρετό δεν έχουν ακόμη διευκρινιστεί πλήρως, γενικά επικρατεί η άποψη ότι η μειωμένη παραγωγή παραθορμόνης εξαιτίας ανεπαρκούς λειτουργίας των παραθυρεοειδών αδένων, αδυνατεί να διατηρήσει το κανονικό επίπεδο Ca στον ορό του αίματος. Το επίπεδο αυτό επιτυγχάνεται με κινητοποίηση επαρκών ποσοτήτων Ca από τα οστά, με σκοπό την αναπλήρωση των μεγάλων ποσοτήτων Ca που αφαιρούνται από το αίμα για την σύνθεση του πρωτογάλατος πριν και κυρίως μετά τον τοκετό. Τότε η έκκριση του γάλακτος είναι περισσότερο δραστήρια με αποτέλεσμα να προκαλείται σοβαρή πτώση του επιπέδου του Ca του ορού του αίματος και επομένως η ασθένεια.

4.2.9.3. Θεραπεία του γαλακτικού πυρετού

Η θεραπεία που εφαρμόζεται συνήθως στον γαλακτικό πυρετό συνίσταται σε ενδοφλέβια ένεση διαλύματος γλυκονικού ασβεστίου, οπότε, με την αποκατάσταση του κανονικού επιπέδου C στον ορό του αίματος, επέρχεται συνήθως η άμεση θεραπεία του ζώου. Πολλές φορές είναι αναγκαία και δεύτερη ενδοφλέβια ένεση διαλύματος γλυκονικού ασβεστίου. Η ενδοφλέβια αυτή ένεση χρησιμεύει για να υπερνικήσει το ζώο την δυσκολία κατά την περίοδο της ανεπαρκούς λειτουργίας των παραθυρεοειδών αδένων μέχρι να επαναλειτουργήσει κανονικά ο μηχανισμός της κινητοποίησης του Ca από τα οστά.

Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν ως θεραπευτική αγωγή η έμφυση αέρος εντός του μαστού. Η μέθοδος αυτή αφενός σταματά την έκκριση γάλακτος στις κυψελίδες του μαστού και αφετέρου διευκολύνει μέσω της επαναπορρόφησης, την επιστροφή του Ca από το γάλα στο αίμα. Η μέθοδος αυτή είναι μεν αποτελεσματική, αλλά εκτός του ότι συνεπάγεται μείωση της παραγωγής γάλακτος, υπάρχει επιπλέον κίνδυνος μόλυνσης και προσβολής του μαστού από μαστίτιδα.

4.2.9.4. Πρόληψη του γαλακτικού πυρετού

Σε σχετικά πειράματα βρέθηκε ότι ο γαλακτικός πυρετός σε αγελάδες οι οποίες με βάση την προϊστορία τους, είναι επιρρεπείς σε αυτόν, προλαμβάνεται, εφόσον χορηγηθούν σε αυτές μέσω της τροφής μεγάλες δόσεις βιταμίνης D, τουλάχιστον 3-5 ημέρες και κατά προτίμηση 7 ημέρες πριν από τον τοκετό και για μια ημέρα μετά τον τοκετό. Η χορηγούμενη ημερησίως δόση είναι 20-30 εκατομμύρια διεθνείς μονάδες βιταμίνης D₂. Η υψηλή αυτή δόση της βιταμίνης D φαίνεται ότι προλαμβάνει την πτώση

του επιπέδου του Ca του αίματος με την αύξηση της απορρόφησης του Ca των τροφών από το έντερο, με την ταυτόχρονη ελάττωση της ποσότητας Ca που αποβάλλεται από το αίμα στον πεπτικό σωλήνα και τέλος με την κινητοποίηση Ca από τα οστά.

4.2.10. Ρόλος του P στο ζωικό οργανισμό

Ο P που βρίσκεται εκτός των οστών αποτελεί περίπου το 20% του συνολικού P του σώματος. Συναντάται στους μαλακούς ιστούς, όπου συνδυάζεται συνήθως με οργανικές ενώσεις, όπως π.χ. φωσφοπρωτεΐδες, νουκλεοπρωτεΐδες, νουκλεϊκά οξέα, φωσφολιπίδες, φωσφορική κρεατίνη, A.T.P, A.D.P. κ.ά. Η σημασία των ενώσεων αυτών, δείχνει τον πολλαπλό ρόλο του P στις λειτουργίες του ζωικού οργανισμού.

Ο P παίζει πρωτεύοντα ρόλο στον μεταβολισμό των υδατανθράκων, συμμετέχοντας με τη μορφή των φωσφορικών ενώσεων A.T.P και A.D.P στον σχηματισμό των φωσφορικών εστέρων εξόζης, κατά την διάσπαση και σύνθεση των υδατανθράκων. Επίσης, ο P συνδέεται με τον μεταβολισμό των λιπών και των λευκωμάτων καθώς και με την διατήρηση της οξεοβασικής ισορροπίας του οργανισμού.

Στο πλήρες αίμα το επίπεδο του P ανέρχεται σε 35-45 mg ανά 100 ml. Απαντάται κυρίως στα ερυθρά αιμοσφαίρια με ποικίλες μορφές και κυρίως με οργανικούς συνδυασμούς. Το επίπεδο του ανόργανου P στο πλάσμα του αίματος, το οποίο και μας ενδιαφέρει περισσότερο από άποψη διατροφής, κυμαίνεται μεταξύ 4-9 mg ανά 100 ml πλάσματος, εξαρτώμενο από την ηλικία και το είδος του ζώου. Το επίπεδο του ανόργανου P στο πλάσμα του αίματος κατά την γέννηση του ζώου είναι υψηλότερο και ελαττώνεται με την πρόοδο της ηλικίας του. Στα πρόβατα, τα βοοειδή και τις αίγες ανέρχεται σε 5-6mg ανά 100ml. Ωστόσο, επειδή στην διατήρηση του επιπέδου του ανόργανου φωσφόρου στο πλάσμα του αίματος περιλαμβάνονται διάφοροι παράγοντες, όπως οι νεφροί, οι παραθυρεοειδείς αδένες κ.ά., αυτό δύναται να είναι χρήσιμος οδηγός της επαρκούς διατροφής με φώσφορο, μόνον εφόσον οι σχετικές παρατηρήσεις λαμβάνονται για μακρύτερη χρονική περίοδο.

4.2.11. Ραχίτιδα και Οστεομαλακία

4.2.11.1. Αίτια εμφάνισης ραχίτιδας και οστεομαλακίας

Η ανεπαρκής διατροφή με ασβέστιο ή φώσφορο, που μπορεί να συμβεί όταν η περιεκτικότητα του σιτηρεσίου σε μια ή και στις δύο αυτές ανόργανες ουσίες είναι

ανεπαρκής, η ποσοτική σχέση μεταξύ των ανόργανων αυτών ουσιών στο σιτηρέσιο είναι δυσμενής και η περιεκτικότητα του σιτηρεσίου σε βιταμίνη D είναι ανεπαρκής, τότε προκαλείται ραχίτιδα (εικόνα 3.) στους αναπτυσσόμενα και οστεομαλακία (εικόνα 4.) στα ανεπτυγμένα ζώα.

Το σύνολο των συμπτωμάτων είναι παρόμοιο όταν η ραχίτιδα προέρχεται από ανεπάρκεια Ca ή P ή βιταμίνης D, διότι σε κάθε περίπτωση η βασική βλάβη είναι η ελλιπής εναπόθεση Ca και P στα οστά. Συνεπώς τα οστά δεν αναπτύσσονται κανονικά ως προς το σχήμα και την υφή, δεν έχουν την απαιτούμενη αντοχή και ακαμψία, καθώς και τις απαιτούμενες εφεδρείες σε Ca και P.

4.2.11.2. Συμπτώματα ραχίτιδας και οστεομαλακίας

Στις δύο αυτές ασθένειες παρατηρούνται τα εξής συμπτώματα:

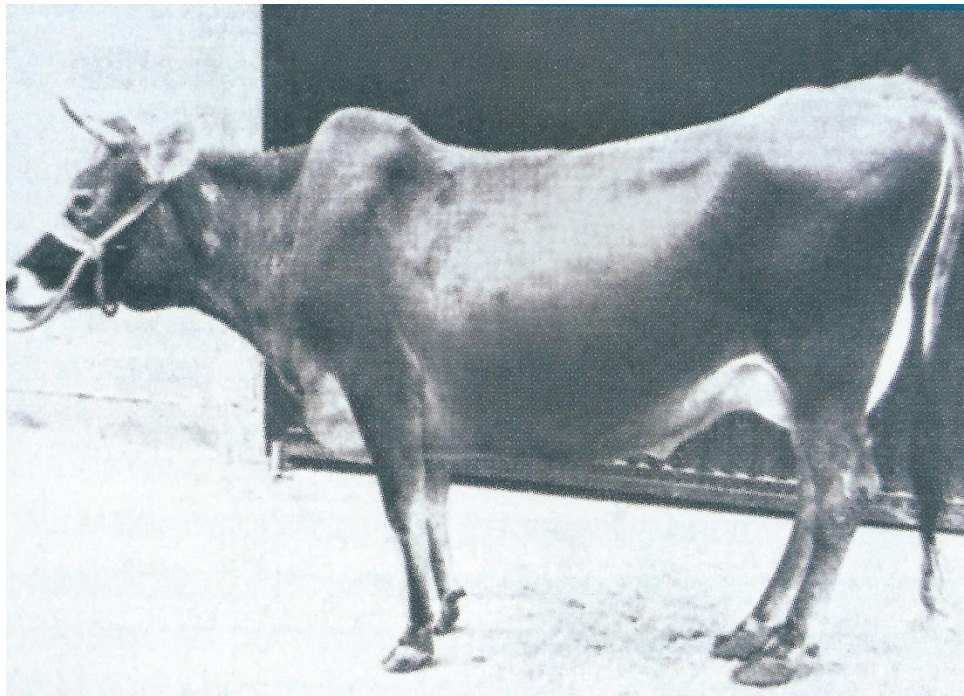
- ελάττωση της περιεκτικότητας των οστών σε τέφρα
- επιβράδυνση του ρυθμού ανάπτυξης
- μείωση της όρεξης και της παραγωγικής αξιοποίησης της τροφής
- ανάπτυξη διαστροφής της όρεξης όταν παρατείνεται η ανεπάρκεια P
- δυσμενείς επιδράσεις πάνω στην αναπαραγωγή και την παραγωγή γάλακτος.

Κατά την ραχίτιδα το αίμα περιέχει ανεπαρκή ποσά Ca και P ή και των δύο. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι η ελλιπής εναπόθεση αλάτων Ca πάνω στα αυξανόμενα οστά των νεαρών ζώων. Οστά των οποίων το μήκος αυξάνει γρήγορα, όπως τα μακρά οστά των άκρων και τα λεπτά οστά των πλευρών, εμφανίζουν περισσότερο ορατές τις δυσμενείς επιδράσεις της ελλιπούς εναπόθεσης αλάτων Ca. Έτσι, επειδή ο διάμεσος επιφυσσιακο-διαφυσσιακός χόνδρος συνεχίζει να αναπαράγεται αλλά οστεοποιείται ατελώς, με αποτέλεσμα να παραμένει μαλακός, προκαλείται, κάτω από την πίεση του σωματικού βάρους και της μυϊκής τάσεως, ακανόνιστη διόγκωση των άκρων των μακρών οστών. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι και η παρατηρούμενη διόγκωση των αρθρώσεων των πρόσθιων και των οπίσθιων σκελών, τα οποία, εξαιτίας της εξασθένησής τους, μπορεί κάτω από την πίεση του σωματικού βάρους να παρουσιάσουν κάμψη, η οποία παρεμποδίζει το κανονικό βάδισμα.

Μεταξύ των αγροτικών ζώων η ραχίτιδα συναντάται συχνότερα στα αναπτυσσόμενα βοοειδή.

Τα χαρακτηριστικά συμπτώματα της ραχίτιδας στα νεαρά βοοειδή είναι:

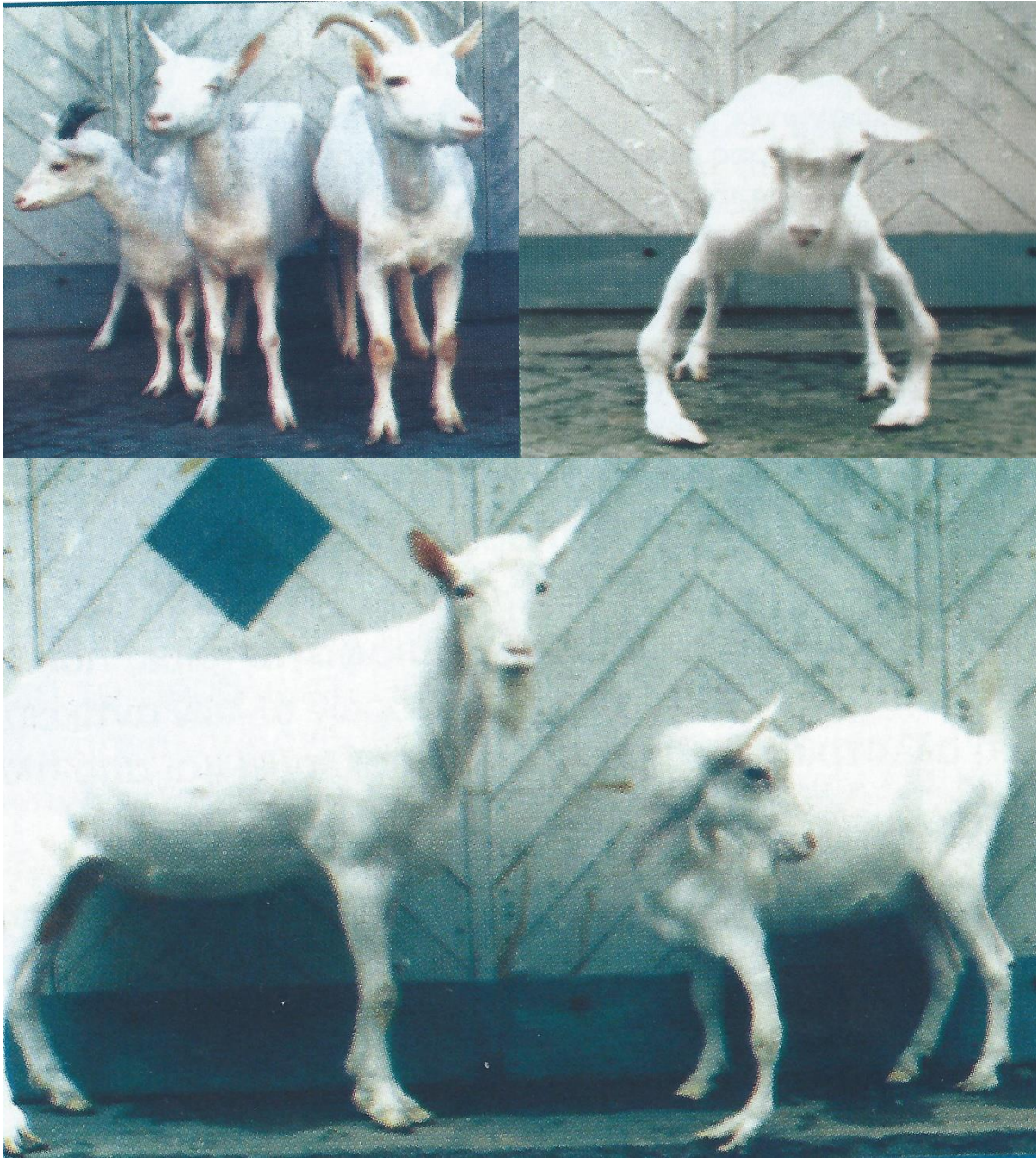
- επιβράδυνση της ανάπτυξης,
- διογκωμένες και δύσκαμπτες αρθρώσεις,
- κεκαμμένα πρόσθια σκέλη,
- κυρτή ράχη και
- δύσκαμπτο βάδισμα με συρόμενα τα οπίσθια πόδια.



Εικόνα 3. Βλάβες στο σκελετό αγελάδας από ραχίτιδα (Ζέρβας, 2000)

Στα αιγοπρόβατα τα συνηθέστερα συμπτώματα είναι:

- διογκωμένες αρθρώσεις,
- κάμψη των σκελών,
- δύσκαμπτο βάδισμα και
- βραδεία ανάπτυξη.



Εικόνα 4. Οστεομαλακία και μειωμένη ανάπτυξη σε αίγα και τράγους λόγω πενίας Ca και P (Ζέρβας 2000)

Τα ζώα που υποφέρουν από ραχίτιδα εφόσον αυτή δεν είναι πολύ προχωρημένη, συνήθως επανακτούν την υγεία τους όταν προστεθεί στο σιτηρέσιό τους συμπλήρωμα το οποίο περιέχει άφθονα ποσά βιταμίνης D, Ca και P.

Ο όρος οστεομαλακία χαρακτηρίζει την κατάσταση των αναπτυγμένων οστών που παρατηρείται κατά την υπερβολική κινητοποίηση από αυτά Ca και P για την

ικανοποίηση των αναγκών του σώματος, χωρίς να αναπληρώνονται τα αφαιρούμενα από τα οστά ποσά, τα οποία υπερβαίνουν τις κανονικές εφεδρείες τους. Κατά την οστεομαλακία τα οστά γίνονται ασθενικά και σπάζουν εύκολα έτσι ώστε τα κατάγματα να είναι συνήθη στα ζώα

Οι περισσότερες από τις σοβαρές περιπτώσεις οστεομαλακίας παρουσιάζονται κατά την διάρκεια της εγκυμοσύνης και της γαλακτοπαραγωγής, όταν τα θηλυκά ζώα διατρέφονται με σιτηρέσια τα οποία στερούνται επαρκών ποσοτήτων Ca ή P ή και των δυο. Τότε το σώμα της μητέρας αγωνίζεται με κάθε δύναμη να προστατεύσει το αναπτυσσόμενο ζώο με αφαίρεση των ανόργανων αυτών ουσιών από τον σκελετό της. Σε ακραίες περιπτώσεις η αναπαραγωγή παρακωλύεται και το νεογνό γεννιέται ασθενικό ή ακόμη και νεκρό.

Ο κύριος υπεύθυνος παράγοντας για την επιβράδυνση του ρυθμού της ανάπτυξης είναι η μείωση της όρεξης που καθίσταται περισσότερο σοβαρή κατά την προοδευτική αύξηση της ανεπάρκειας P. Η πεπτικότητα του σιτηρεσίου δεν επηρεάζεται κατά την ανεπάρκεια P. Η μείωση της παραγωγικής αξιοποίησης της τροφής κατά την ανεπάρκεια P, προέρχεται κυρίως από διαταραχή του μεταβολισμού ενέργειας, η οποία οφείλεται στην μικρότερη του κανονικού περιεκτικότητα σε P των σωματικών κυττάρων και υγρών. Επίσης δεν υπάρχει σημαντική ελάττωση στην πεπτικότητα του σιτηρεσίου κατά την ανεπάρκεια Ca. Η τροφή, όμως, που πέφθηκε δεν φαίνεται να μεταβολίζεται ανεπαρκώς, όπως συμβαίνει στην περίπτωση ανεπάρκειας P. Οι αγελάδες όταν υποφέρουν από ανεπάρκεια P είναι συνήθως καχεκτικές. Αντίθετα, όταν υποφέρουν από ανεπάρκεια Ca, εφόσον διατρέφονται με άφθονες συμπυκνωμένες τροφές, η θρεπτική κατάσταση του σώματος τους είναι καλή, αλλά η γαλακτοπαραγωγή τους ελαττώνεται σημαντικά και στα οστά τους η θραύση είναι δυνατή χωρίς να υποστούν σοβαρή πίεση.

4.2.12. Αλλοτριοφαγία (pica)

Η συνεχιζόμενη ανεπάρκεια P, πλην της ανορεξίας και της καχεκτικής εμφάνισης των ζώων, προκαλεί και διαστροφή της όρεξης, γνωστή ως αλλοτριοφαγία (pica). Κατά την αλλοτριοφαγία (εικόνα 5.) τα ζώα μασούν ξύλα, οστά, τρίχες, χώμα και άλλα ακατάλληλα υλικά σε μια ενστικτώδη προσπάθεια να εξασφαλίσουν την αναγκαία ποσότητα P. Έχουν αναφερθεί μεγάλες απώλειες ζώων που εκτρέφονται σε βοσκές διαφόρων περιοχών του κόσμου, όπου το έδαφος είναι φτωχό σε P. Ακόμη πολλοί από τους θανάτους αυτών των ζώων οφείλονται στην κατανάλωση οργανικών ουσιών που βρίσκονται σε αποσύνθεση (π.χ. οστών), προσβεβλημένων από το βακτήριο *Clostridium botulinum*, οι τοξίνες του οποίου προκαλούν σοβαρή ασθένεια, γνωστή ως βοτουλισμό ή

αλλαντίαση. Η διαστροφή της όρεξης δεν είναι ειδικό σύμπτωμα μόνον της ανεπάρκειας P, αλλά δύναται να προκληθεί και από άλλους παράγοντες.



Εικόνα 5. Αλλοτριοφαγία ενήλικων προβάτων (www.google.com/images)

Επίσης η ανεπάρκεια του σιτηρεσίου σε P συνδέεται με χαμηλή γονιμότητα και μειωμένη γαλακτοπαραγωγή. Σε περιοχές όπου το έδαφος είναι φτωχό σε φώσφορο διαταράσσεται ο κύκλος του οίστρου και οι αγελάδες δεν έρχονται κανονικά σε οργασμό, ενώ πολλές φορές γεννούν μια φορά στα δύο χρόνια.

Η ανεπάρκεια P είναι περισσότερο συνήθης στα βοοειδή παρά στα πρόβατα, διότι τα πρόβατα έχουν περισσότερο εκλεκτικές συνήθειες βόσκησης και προτιμούν τα αυξάνοντα τμήματα των φυτών τα οποία είναι πλουσιότερα σε P.

4.2.13. Περιεκτικότητα ζωοτροφών σε Ca και P

Η περιεκτικότητα των διαφόρων χονδροειδών και συμπυκνωμένων ζωοτροφών σε Ca και P ποικίλλει παρά πολύ. Είναι μεγάλης πρακτικής σημασίας μια γενική γνώση της περιεκτικότητας σε αυτές τις ανόργανες ουσίες των συνήθως χρησιμοποιούμενων τροφών. Έτσι είναι δυνατόν, κατά την εφαρμοσμένη διατροφή, να εκτιμηθούν οι προϋποθέσεις ενδεχόμενης ανεπάρκειας των σιτηρεσίων σε Ca και P.

Τα χόρτα των ψυχανθών είναι πολύ πλούσια σε Ca. Αν και η περιεκτικότητα σε Ca των ψυχανθών χόρτων επηρεάζεται σε κάποιο βαθμό από την περιεκτικότητα του εδάφους σε Ca, εν τούτοις αυτά είναι πάντα σχετικά πλούσια σε αυτό διότι τα ψυχανθή δεν αναπτύσσονται όταν το έδαφος είναι σε σημαντικό βαθμό φτωχό σε Ca. Τα χόρτα των αγρωστωδών περιέχουν πολύ λιγότερο Ca σε σύγκριση με τα χόρτα των ψυχανθών, και εάν αυτά αναπτύσσονται σε έδαφος φτωχό σε Ca, τότε μειώνεται σημαντικά η περιεκτικότητά τους σε ασβέστιο. Το ανάμικτο χόρτο των λειμώνων είναι καλή πηγή Ca.

Οι καρποί των σιτηρών και τα υποπροϊόντα τους, καθώς και οι ρίζες τους είναι φτωχές πηγές Ca. Το γάλα, καθώς και το ιχθυάλευρο είναι πλούσια σε Ca.

Όσον αφορά στην περιεκτικότητα των διαφόρων τροφών σε P, υπάρχουν εντυπωσιακές διαφορές. Ενώ τα χόρτα των ψυχανθών είναι πλούσια σε Ca, καμία χονδροειδής τροφή δεν είναι πλούσια σε P. Κατά την πρώτη ανάπτυξη τους τα αγρωστώδη και τα ψυχανθή έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε P, η οποία όμως ελαττώνεται σημαντικά με την πρόοδο της ανάπτυξής τους. Σοβαρή ανεπάρκεια P στο έδαφος ελαττώνει σε σημαντικό βαθμό την περιεκτικότητα των χόρτων σε P σε σύγκριση με την περιεκτικότητά τους σε Ca.

Σε αντίθεση προς τις χονδροειδείς ζωοτροφές η ανεπάρκεια P στο έδαφος, επηρεάζει την περιεκτικότητα αυτού στους καρπούς των σιτηρών σε πολύ μικρότερο βαθμό, οι αποδόσεις τους όμως σε εδάφη πτωχά σε P μειώνονται σημαντικά.

Οι καρποί των σιτηρών και τα υποπροϊόντα τους, οι καρποί των ψυχανθών και οι πλακούντες των ελαιούχων καρπών είναι καλές πηγές P. Από τις τροφές ζωικής προέλευσης, το γάλα και το ιχθυάλευρο, είναι πολύ πλούσιες πηγές P καθώς και Ca.

Σε μερικές περιπτώσεις είναι ανάγκη να δοθεί προσοχή όχι μόνο στην περιεχόμενη ποσότητα P στις διάφορες τροφές, αλλά επιπλέον και στην μορφή με την οποία αυτός απαντάται σε αυτές. Το μεγαλύτερο μέρος του P στους καρπούς των σιτηρών και των άλλων φυτικής προέλευσης τροφών, απαντά με την μορφή των αδιάλυτων αλάτων του φυτικού οξέος (εξαφωσφορικού εστέρος της ινοσιτόλης) με Ca και Mg, γνωστών με το όνομα φυτίνη. Σχετικές έρευνες έδειξαν ότι τα μηρυκαστικά ζώα μπορούν να χρησιμοποιήσουν ικανοποιητικά τον P της φυτίνης, αφού στη μεγάλη κοιλία τους τα άλατα αυτά υδρολύονται από τις βακτηριακές φυτάσες σε ινοσιτόλη και φωσφορικό οξύ. Επίσης παρατηρείται κατά την παρουσία στο σιτηρέσιο άφθονης ποσότητας βιταμίνης D, μερική βελτίωση του βαθμού χρησιμοποίησής του από το ζωικό οργανισμό.

4.2.14. Το Ca και ο P στην εφαρμοσμένη διατροφή των μηρυκαστικών ζώων

Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν ως προς την περιεκτικότητα σε Ca και P των συνήθως χρησιμοποιούμενων ζωοτροφών, συμπεραίνεται ότι όταν σημαντικό τμήμα του σιτηρέσιου βοοειδών και προβάτων αποτελείται από χόρτα ψυχανθών, κανονικά δεν θα υπάρξει ανεπάρκεια Ca. Ακόμη και εάν δεν χορηγούνται στα ζώα αυτά χόρτα ψυχανθών, αλλά άλλα είδη χόρτων, κανονικά δεν αναμένεται ανεπάρκεια Ca, εκτός εάν τα χορηγούμενα χόρτα έχουν αναπτυχθεί σε εδάφη πολύ φτωχά σε ασβέστιο ή/και το σιτηρέσιο των ζώων αυτών περιλαμβάνει περιορισμένη ποσότητα χόρτων και μεγαλύτερη αναλογία καρπών σιτηρών και άλλων συμπυκνωμένων τροφών.

Σε περίπτωση αγελάδων υψηλής γαλακτοπαραγωγής, των οποίων οι ανάγκες σε Ca είναι σημαντικά μεγαλύτερες, αν και γενικά δεν είναι πιθανόν να υπάρξει ανεπάρκεια Ca όταν σε αυτές χορηγούνται κανονικά ποσά καλής ποιότητας χόρτων, είναι σκόπιμο, εφόσον μεταξύ των χόρτων δεν περιλαμβάνεται και χόρτο ψυχανθών, να προστίθεται στο σιτηρέσιό τους συμπλήρωμα Ca, για εξασφάλισή τους από ενδεχόμενη ανεπάρκεια αυτού.

Όσον αφορά τον P, γενικά για όλα τα είδη αγροτικών ζώων δεν θα υπάρξει ανεπάρκειά του όταν στα σιτηρέσιά τους περιλαμβάνεται σημαντική αναλογία καρπών σιτηρών και υποπροϊόντων τους, καθώς και άλλων πλούσιων σε P συμπυκνωμένων τροφών. Επίσης, λόγω των μεγαλύτερων αναγκών σε P των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής, σιτηρέσιο που αποτελείται αποκλειστικά από χόρτο ή ακόμη από χόρτο και μικρές ποσότητες συμπυκνωμένων τροφών, είναι πιθανό να περιέχει ανεπαρκή ποσά P. Επομένως, πρέπει να προσθέσουμε στο σιτηρέσιο συμπλήρωμα αυτού, εκτός εάν είμαστε βέβαιοι ότι τα χορηγούμενα χόρτα έχουν καλή περιεκτικότητα σε P ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες των γαλακτοπαραγωγικών αγελάδων.

Υπάρχουν σε πολλές χώρες μεγάλες εκτάσεις, στις οποίες το έδαφος είναι πολύ φτωχό σε P ώστε τα αναπτυσσόμενα χόρτα να είναι πολύ μικρής περιεκτικότητας σε αυτόν, με αποτέλεσμα να προκαλούνται πολύ δυσμενείς επιπτώσεις στην ζωική παραγωγή όταν τα χόρτα αυτά αποτελούν το κύριο σιτηρέσιο των μηρυκαστικών ζώων και μάλιστα όταν δεν χορηγείται άλλη πλούσια σε P τροφή ή συμπλήρωμά του.

Η λίπανση φτωχών σε P εδαφών με φωσφορικά λιπάσματα, όχι μόνο αυξάνει πολύ τις στρεμματικές αποδόσεις των καλλιεργειών, αλλά επί πλέον παράγει χόρτα κανονικής περιεκτικότητας σε P και συνεπώς προλαμβάνει τα δυσμενή αποτελέσματα για την ζωική παραγωγή που θα προέκυπταν από την ανεπάρκειά του. Εάν δεν είναι πρακτικά εφαρμόσιμη η λίπανση με φωσφορικά λιπάσματα των εδαφών αυτών, επιβάλλεται η χορήγηση στα ζώα συμπληρώματος P.

Τα συνήθως χρησιμοποιούμενα συμπληρώματα Ca και P στα σιτηρέσια των αγροτικών ζώων είναι το φωσφορικό ασβέστιο (Ca_3PO_4), το μονόξινο φωσφορικό ασβέστιο, το οποίο ονομάζεται και φωσφορικό διασβέστιο (CaHPO_4), και η σκόνη ασβεστόλιθου (περιεκτικότητας σε CaCO_3 95 % ή σε Ca 38,5 %). Εάν χορηγούμε στα ζώα ορυκτό φωσφορικό ασβέστιο, είναι μεγάλης σημασίας να είμαστε βέβαιοι ότι έχει απομακρυνθεί από αυτό το F και δεν περιέχει αυτό το στοιχείο πέραν ορισμένων ορίων (1 μέρος F ανά 100 μέρη P), διότι αλλιώς το συμπλήρωμα αυτό είναι δυνατόν να αποβεί τοξικό για τα ζώα.

4.3. Μαγνήσιο (Mg - magnesium)

4.3.1. Διανομή και ρόλος του Mg στο ζωικό οργανισμό

Το Mg αλληλεπιδρά στενά με το Ca και το P, η διανομή του εξαρτάται από τη σχέση του με αυτά στον οργανισμό, ο μεταβολισμός του επίσης εξαρτάται από αυτά στις λειτουργίες του ζωικού οργανισμού, αλλά απαντάται σε συγκριτικά πολύ μικρές ποσότητες σε σχέση με τα άλλα δύο μακροστοιχεία. Απαντάται στο σκελετό των ζώων σε ποσοστό 60%, ενώ το υπόλοιπο 40% απαντάται στους μαλακούς ιστούς και στα σωματικά υγρά. Η μεγαλύτερη ποσότητα αυτού απαντάται στους μύες, ενώ σε πολύ λιγότερη στον ορό του αίματος. Σε αυτόν, η κανονική περιεκτικότητα κυμαίνεται μεταξύ των ποσοστών 2 mg έως και 5 mg ανά 100 ml και εξαρτάται κυρίως από το είδος του ζώου. Το 60% βρίσκεται στο σκελετό και το 40% περίπου στα κύτταρα των μαλακών ιστών.

Το Mg ελαττώνει την νευρομυϊκή διεγερσιμότητα, σε βαθμό μεγαλύτερο ακόμα και από το Ca. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ενεργοποίησης του ενζύμου ρολινεστεράση που καταλύει στον ζωικό οργανισμό την υδρόλυση της ακετυλορολίνης σε ρολίνη και σε οξικό οξύ. Η ακετυλορολίνη έχει σημαντικότατο ρόλο στη μεταβίβαση των νευρικών διεγέρσεων στο ζωικό οργανισμό.

Πέραν των προαναφερθέντων επιδράσεων του Mg στο ζωικό οργανισμό ως σημαντικό συστατικό των οστών και των οδόντων και στη νευρομυϊκή διεγερσιμότητα, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη συμβολή του στις διάφορες λειτουργίες του σώματος. Το Mg είναι ο κυριότερος ενεργοποιητής ενζύμων και ιδιαίτερα αυτών που συνδέονται με το μεταβολισμό των υδατανθράκων στο ζωικό οργανισμό. Οι αντιδράσεις που σχετίζονται με τη κατάλυση από τα ένζυμα και περιλαμβάνουν τη διάσπαση των εστέρων του φωσφορικού οξέος και την μεταφορά των φωσφορικών ομάδων συνδέοντα άμεσα με το Mg. Τα ιόντα μαγνησίου ενεργοποιούν τις φωσφατάσες και τις αντιδράσεις

φωσφορυλίωσης, που περιλαμβάνουν ως πηγή φωσφορικού οξέος το αδενοσινοτριφωσφορικό οξύ (ΑΤΡ). Η σύνδεση του Mg με τη χρησιμοποίηση του ΑΤΡ από τον οργανισμό, καταδεικνύει τη συμμετοχή του Mg στις μεταβολικές λειτουργίες όπως τη δέσμευση και τη χρησιμοποίηση της ενέργειας που προέρχεται από τον καταβολισμό των λιπών και των υδατανθράκων, αλλά και τη σύνθεση των λιπών, των πρωτεϊνών και των νουκλεϊκών οξέων.

Το Mg ελέγχεται όπως και το Ca και ο P από τους ίδιους βιοκαταλύτες, τη βιταμίνη D, την παραθορμόνη και την θυρεοκαλσιτονίνη.

4.3.2. Ανάγκες των μηρυκαστικών σε Mg

Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στα μηρυκαστικά δεν έχουν ξεκαθαρίσει απόλυτα το ποσοστό των αναγκών των ζώων σε Mg, αλλά ούτε όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν αυτές. Από τις προαναφερθείσες έρευνες και τις πειραματικές ενδείξεις από αυτές, έχει παρατηρηθεί ότι το ποσοστό του Mg που πρέπει να απαντάται στο χόρτο βοσκής ή το σιτηρέσιο των ζώων δεν πρέπει να είναι μικρότερο του 0,07% επί της ξηράς ουσίας του σιτηρεσίου. Για την κάλυψη όμως πληθυσμών γαλακτοπαραγωγών προβάτων και αγελάδων το ποσοστό αυτό αυξάνεται στο 0,1% της ξηράς ουσίας του σιτηρεσίου. Τα ποσοστά αυτά όμως δεν είναι πάντα επαρκή έτσι ώστε να διατηρούν πάντα το ποσοστό του Mg στον ορό του αίματος.

Από αυτό καθίσταται σαφές ότι οι ελάχιστες ανάγκες των μηρυκαστικών ζώων δεν είναι απόλυτα σαφείς και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Οι πλέον γνωστοί από αυτούς είναι οι εξής:

- Οι υψηλές ανάγκες παραγωγής γάλακτος
- Το μικρό ποσοστό χρησιμοποίησης του Mg σε ορισμένες τροφές από το ζωικό οργανισμό όπως είναι το χόρτο βοσκής του οποίου το ποσοστό Mg που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα ζώα κυμαίνεται από 10% έως 20%
- Η ύπαρξη υψηλών ποσοστών Ca, P και K στο σιτηρέσιο
- Ανεπαρκής πρόσληψη ενέργειας από τα υλικά των τροφών που αποτελούν το σιτηρέσιο

4.3.3. Πενία και περίσσεια Mg στο ζωικό οργανισμό

Η πενία μαγνησίου αποτελεί σημαντικότατο πρόβλημα των εκτροφών. Η μη επαρκής κάλυψη των αναγκών του ζωικού οργανισμού προκαλεί υπερδιεγερσιμότητα

στο νευρομυϊκό σύστημα του ζώου, σημαντική ελάττωση της περιεκτικότητας του Mg στον ορό του αίματος (υπομαγνησισαιμία), μετακίνηση Mg από τα οστά, τετανία μαγνησίου και εν τέλει θάνατο. Πιο συγκεκριμένα οι μεταβολικές νόσοι που προκαλούνται από την πενία Mg απαντώνται σε δύο μορφές. Τις οξείας μορφής νόσους και τις χρονίας μορφής νόσους με διαφορετικά αποτελέσματα. Οι οξείας μορφής νόσοι έχουν τάχιστα εμφάνιση συμπτωμάτων και εξέλιξη, με εμφάνιση συμπτωμάτων σχετικών με την νευρική διεγερσιμότητα όπως είναι η οξεία υπομαγνησισαιμία / τετανία της χλόης. Οι χρονίας μορφής νόσοι αντίθετα έχουν συμπτώματα βραδείας εμφάνισης και εξέλιξης, όπου επηρεάζουν κυρίως τα οστά και προκαλούν οστεοδυστροφικές νόσους όπως ραχίτιδες, οστεοπόρωση και οστεομαλακία.

Περίσσεια Mg στο ζωικό οργανισμό μπορεί να προκληθεί από προσθήκη μεγάλων ποσοτήτων συμπυκνωμένων ζωοτροφών με μεγάλες πρωτεϊνικές συγκεντρώσεις στο σιτηρέσιο του ζώου όπως βαμβακοπλακούς και λινοπλακούς, αφού είναι πάρα πολύ πλούσιες σε Mg. Στις περιπτώσεις περίσσειας Mg στο σιτηρέσιο παρατηρείται ανορεξία του ζώου, όπως επίσης ραχίτιδες και διάρροιες στα νεαρά ζώα. Τέλος έχει παρατηρηθεί ότι η υπερβολική κατανάλωση σιτηρεσίων με μεγάλη συμμετοχή των προαναφερθέντων συμπυκνωμένων ζωοτροφών, σχετίζεται με την εμφάνιση της ουρολιθίασης. Η ουρολιθίαση ή καλύτερα αναφερόμενη ως αποφρακτική φωσφορική ουρολιθίαση, είναι μία ασθένεια που σχετίζεται με την διατροφική φωσφόρωση, προκαλείται από υπερβολική κατανάλωση Mg και P και προσβάλλει τα εντατικώς παχυνόμενα άρρενα μηρυκαστικά.

4.3.4. Συμπτώματα πενίας Mg στα μηρυκαστικά

Στην περίπτωση των αναπτυσσομένων μόσχων η πενία Mg προκαλεί τετανία μαγνησίου. Η τετανία μαγνησίου παρουσιάζεται συχνά στους αναπτυσσόμενους μόσχους που μετά τον απογαλακτισμό τους διατρέφονται αποκλειστικά με γάλα το οποίο είναι φτωχό σε Mg ή με γάλα και συμπληρωματικό σιτηρέσιο χαμηλής περιεκτικότητας σε αυτό. Στους εν λόγω μόσχους η περιεκτικότητα του ορού του αίματος σε Mg είναι πολύ χαμηλή και απαντάται συνήθως σε ποσοστό της τάξεως του 0,1% ανά 100 ml, ενώ η κανονική περιεκτικότητα κυμαίνεται στα επίπεδα του 2,5% ανά 100ml. Επίσης η περιεκτικότητα των οστών τους σε Mg μειώνεται σημαντικά, σε ποσοστό έως και 30%

Στα αναπτυγμένα μηρυκαστικά ζώα η πενία Mg απαντάται κυρίως με τη μορφή οξείας υπομαγνησισαιμίας. Η συγκεκριμένη μεταβολική πάθηση έχει γίνει γνωστή με πολλά ονόματα, όπως τετανία της χλόης (grass tetany), τετανία γαλακτοπαραγωγής (lactation tetany), αστάθεια βαδίσματος από χόρτο βοσκής (grass staggers), υπομαγνησισαιμική τετανία (hypomagnesemic tetany), δηλητηρίαση από χασίλι σιταριού

(wheat pasture poisoning), τετάνια χειμώνος (winter tetany), τετανία γάλακτος των μοσχαριών (milk tetany of calves), πυρετός ομίχλης (fog fever). Χαρακτηριστικά αρχικά συμπτώματα της οξείας αυτής υπομαγνησιαιμίας είναι η νευρική του ζώου, οι δύσκαμπτες κινήσεις αυτού, ταλάντωση κατά το βάδισμα και σπασμοί σε αυτιά και πρόσωπο. Μετά το πέρασμα μίας ή δύο ημερών παρατηρείται έντονος μυϊκός τρόμος, και έντονοι σπασμοί. Το ζώο ξαπλώνει στο πλάι, κινεί τα πρόσθια άκρα του κάνοντας κυκλικές κινήσεις και κινεί τις σιαγόνες του προκαλώντας τριγμούς των δοντιών του. Η μη άμεση αντιμετώπιση αυτής, οδηγεί σε κώμα και έπειτα στο θάνατο του ζώου (εικόνα 6.).



Εικόνα 6. Τετανία στα βοοειδή από χόρτο βοσκής (www.nadis.org.uk)

Παρ' όλο που αυτή η νόσος τείνει να συνδεθεί με βόσκοντα μηρυκαστικά και τις περιόδους γαλακτοπαραγωγής τους, έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις και σε ενσταβλισμένα ζώα, αλλά και αρσενικά ζώα. Το μεγαλύτερο ποσοστό περιστατικών αυτής της πάθησης αφορά βόσκοντα μηρυκαστικά, κυρίως αγελάδες και πρόβατα, ιδιαίτερα τις πρώτες εβδομάδες της γαλακτικής περιόδου.

Σύνδεση αυτής υπάρχει και σχετικά με συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Την άνοιξη όπου και τα μηρυκαστικά εξέρχονται στους χώρους βοσκής τους, παρατηρείται συχνά οξεία υπομαγνησιαιμία. Αιτία αυτής θεωρείται η αλλαγή μεταξύ του χειμερινού διδομένου σιτηρεσίου σε νεαρή και εύχυμη χλόη βοσκής. Η προσλαμβανόμενη ποσότητα Mg από αυτή είναι επαρκής, αλλά είναι επίσης πλούσια σε μη πρωτεϊνικής φύσεως αζωτούχες ουσίες και πτωχή σε ινώδεις ουσίες. Αυτό το γεγονός έχει ως αποτέλεσμα η άφθονη αμμωνία (NH₃) που παράγεται στους προστομάχους να παρεμποδίζει την απορρόφηση του Mg από το έντερο, λόγω σχηματισμού δυσδιάλυτων συμπλοκών.

Επίσης απορροφάται μέσω του τοιχώματος των προστομάχων και συντελεί στην αποβολή Mg με τα ούρα. Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο μαστός αντλεί Mg από την καρδιά αφού το ζώο βρίσκεται σε φάση γαλακτοπαραγωγής και στα ενήλικα βοοειδή η μετακίνηση του Mg που βρίσκεται στα οστά είναι περιορισμένη, η συγκέντρωσή του στον ορό του αίματος πέφτει πολύ κάτω του κανονικού. Εκτός των αζωτούχων ουσιών της βοσκής, υπεύθυνη για την υπομαγνησισαιμική τετανία φαίνεται ότι είναι επίσης η διαταραχή της σχέσης ανιόντων-κατιόντων του σιτηρεσίου και η μεγάλη περιεκτικότητα της χλόης σε K.

Στη χρόνια μορφή η πτώση της συγκέντρωσης του Mg στο αίμα είναι προοδευτική, οπότε μπορεί και να προληφθεί. Η επίταση της βοσκής με σκόνη οξειδίου του μαγνησίου (MgO) είναι πολύ συνήθης για την πρόληψη της νόσου. Η προληπτικώς χορηγητέα ποσότητα MgO ανέρχεται σε 50 g/ημέρα/ζώο για τις αγελάδες, σε 7-15 g για τα μοσχάρια και σε 7g για τα πρόβατα. Τέλος μπορεί να χορηγηθεί διάλυμα οξικού Mg υπό μορφή υγρού ισορροπιστή μελάσσας.

4.4. Κάλιο (K-potassium)

4.4.1. Διανομή και ρόλος του K στο ζωικό οργανισμό

Το K απαντάται στο ζωικό οργανισμό σε περίπου παρόμοια περιεκτικότητα με το Na, σε ποσοστό δηλαδή του 0,2%. Σε αντίθεση με το Na όμως που είναι το κύριο ανόργανο κατιόν των εξωκυτταρικών υγρών και του πλάσματος του αίματος, το K είναι το κύριο κατιόν των ενδοκυτταρικών υγρών. Μαζί με το Na, το Cl και τα διτανθρακικά ιόντα, έχει σημαντικότερο ρόλο στη ρύθμιση της ωσμωτικής πίεσης των υγρών του σώματος και της οξεοβασικής ισορροπίας του ζωικού οργανισμού. Επίσης έχει σημαντικό ρόλο και στη διεγερσιμότητα των νεύρων και των μυών καθώς και στο μεταβολισμό των υδατανθράκων στον οργανισμό. Στους μύες συγκεκριμένα απαντάται σε εξαπλάσια ποσότητα σε σχέση με το Na.

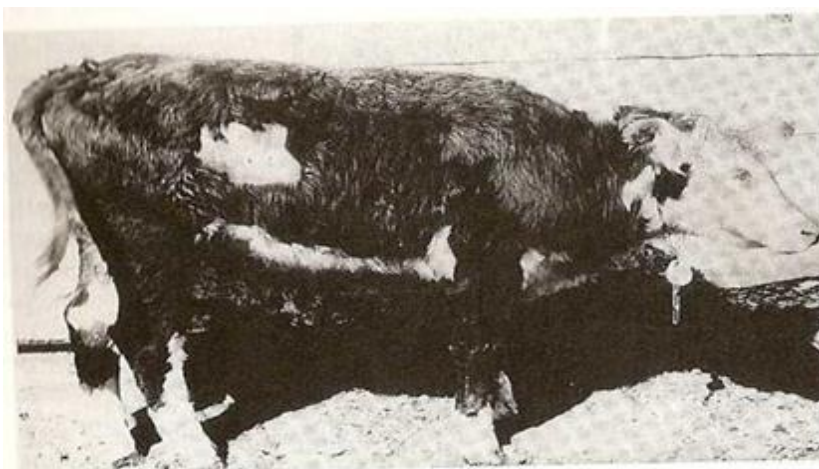
4.4.2. Πενία και περίσσια K στο ζωικό οργανισμό

Η πενία K είναι πολύ σπάνια στα μηρυκαστικά ζώα. Ο λόγος είναι ότι τα φυτά περιέχουν πολύ υψηλές ποσότητες σε K, άρα και τα ζώα λαμβάνουν με το σιτηρέσιο επαρκείς ποσότητες K και καλύπτουν τις ανάγκες τους σε αυτό. Ειδικότερα στο χόρτο βοσκής, η περιεχόμενη ποσότητα K είναι μεγαλύτερη σε ποσοστό της τάξεως του 2,5% της ξηράς ουσίας του. Ως εκ τούτου τα μηρυκαστικά και κυρίως τα βόσκοντα ζώα καλύπτουν εξίσου επαρκώς τις ανάγκες τους. Εξαιρέση αποτελούν τα ζώα των τροπικών

περιοχών, όπου παρατηρείται εμφάνιση πενίας σε Κ συνήθως στο τέλος της ξηρός περιόδου, αφού η περιεκτικότητα της βοσκής σε Κ είναι χαμηλή.

Στις περιπτώσεις πενίας Κ, παρατηρείται επιβράδυνση της ανάπτυξης του ζώου (εικόνα 7.). Επίσης έχει παρατηρηθεί εξασθένιση του μυϊκού συστήματος του οργανισμού, ιδιαίτερα στους μύες των άκρων του ζώου, αλλά και στους μύες του εντέρου. Ακόμη ένα άλλο σοβαρότατο σύμπτωμα που έχει παρατηρηθεί είναι οξεία παράλυση, η οποία μπορεί να επιφέρει μέχρι και θάνατο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα οξείας παράλυσης έχει παρατηρηθεί σε διατρεφόμενα μοσχάρια με συνθετικό γάλα με χαμηλή περιεκτικότητα σε Κ. Τέλος έχουν παρατηρηθεί λόγω του μειωμένου ποσοστού Κ στο σώμα, διάφορες παθολογικές αλλοιώσεις του ζωικού οργανισμού. Πιο συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί εκφυλισμός των νεφρικών σωληναρίων του ζώου, αλλά και καρδιακές βλάβες λόγω της μείωσης της περιεκτικότητας της καρδιάς σε Κ, όπως και άλλων οργάνων.

Όσο εύκολα απορροφάται το Κ από τον οργανισμό, εξίσου εύκολα αποβάλλεται. Όπως και στην περίπτωση του Να, το Κ απεκκρίνεται κυρίως από τον ζωικό οργανισμό μέσω του ουροποιητικού συστήματος. Περίσσεια Κ και κατ' επέκταση διαταραχές στο ζωικό οργανισμό έχουν παρατηρηθεί σε περιπτώσεις ανεπαρκούς χορήγησης Να στο ζώο, αλλά και σε περιπτώσεις υπερχορήγησης Κ σε ποσοστό μεγαλύτερο του δεκαπλασίου των αναγκών του ζώου σε αυτό. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα συμπτώματα που παρουσιάζουν τα ζώα είναι διάρροια και ληθαργία. Τέλος λόγω των αλληλεπιδράσεων των ανόργανων στοιχείων στον οργανισμό του ζώου, έχει παρατηρηθεί ότι σε περιπτώσεις περίσσειας Κ, η απορρόφηση και ο μεταβολισμός του Mg επηρεάζεται. Οπότε είναι πολύ πιθανό η περίσσεια Κ να είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες της πρόκλησης υπομαγνησισμικής τετανίας στα ζώα.



Εικόνα 7. Επιβράδυνση ανάπτυξης λόγω ανεπάρκειας Κ (Ensminger, Feeds and Nutrition 1990)

4.5. Νάτριο (Na-sodium)

4.5.1. Διανομή και ρόλος του Na στο ζωικό οργανισμό

Μεγάλο ποσοστό του Na στο ζωικό οργανισμού απαντάται όπως ανεφέρθη προηγουμένως στα εξωκυτταρικά υγρά, στο πλάσμα του αίματος και το μεσοκυτταρικό υγρό. Επίσης απαντάται σε μεγάλες ποσότητες και στους μαλακούς ιστούς. Στα ερυθρά αιμοσφαίρια απαντάται σε ελάχιστα ποσά. Μέσα στα κύτταρα η συγκέντρωση του Na είναι χαμηλή, όπου και αντικαθίσταται κυρίως από το K και το Mg.

Το Na είναι το κύριο ανόργανο κατιόν των εξωκυτταρικών υγρών και έχει σημαντικότερο ρόλο σε αυτά, αφού χάριν σε αυτό κυρίως με τη μορφή του διττανθρακικού νατρίου (NaHCO_3), ρυθμίζεται και διατηρείται η οξεοβασική ισορροπία του ζωικού οργανισμού, διατηρείται σταθερή η τιμή του pH στο αίμα. Τα ιόντα νατρίου επίσης συνδέονται στενά με τη ρύθμιση των ωσμωτικών σχέσεων των σωματικών υγρών. Το Na παίζει σημαντικό ρόλο στη μεταβίβαση νευρικών ερεθισμάτων και στην απορρόφηση σακχάρων και αμινοξέων από το πεπτικό σύστημα.

4.5.2. Αποβολή του Na από το ζωικό οργανισμό

Το μεγαλύτερο μέρος του Na που βρίσκεται στον οργανισμό, αποβάλλεται κυρίως υπό μορφή NaCl , που είναι και η μορφή στην οποία προσλαμβάνεται και από τον οργανισμό. Το Na όπως και το NaCl , προσλαμβάνονται με ευκολία από το ζώο, κυκλοφορούν σε όλο το ζωικό οργανισμό και αποβάλλονται διαμέσου του ουροποιητικού συστήματος με τα ούρα. Επίσης αποβολή Na και NaCl έχουμε και μέσω του εντέρου, αλλά και στο παραγόμενο από τα ζώα γάλα. Τέλος ένα μέρος του Na αποβάλλεται και πάλι με τη μορφή NaCl με την εφίδρωση. Το μέγεθος της αποβολής αυτής μεγαλώνει αρκετά κατά τους θερινούς μήνες, αυξάνεται υπερβολικά σε τροπικές περιοχές και εξαρτάται και από την κόπωση του ζώου.

4.5.3. Πενία και περίσσεια Na στο ζωικό οργανισμό

Η πενία Na απαντάται σε όλο τον κόσμο. Ιδιαίτερα παρατηρείται σε τροπικές περιοχές, αφού όπως ανεφέρθη και προηγουμένως, αποβάλλονται μεγάλες ποσότητες Na μέσω του ιδρώτα, αλλά και η τροφή των βόσκοντων ζώων είναι λίγη και πολύ φτωχή σε περιεκτικότητα Na. Περιπτώσεις πενίας Na έχουν ως αιτία την αποβολή K. Αυτό συμβαίνει επειδή το Na συμπαρασύρεται συνήθως από το K κατά την αποβολή του.

Η πενία του Na δημιουργεί πολλά, ποικίλα και σοβαρά προβλήματα στο ζωικό οργανισμό. Η πενία του Na έχει κατ' αρχάς ως αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των ζώων. Κατά την πέψη των τροφών παρατηρείται μείωση του βαθμού χρησιμοποίησεως του λευκώματος, μείωση του βαθμού χρησιμοποίησης της ενέργειας των τροφών και κακή χρήση των αζωτούχων ουσιών στο σιτηρέσιο. Αυτά οδηγούν και σε μείωση της αναπαραγωγικής ικανότητας των ζώων και γενικότερα σε πτώση των αποδόσεών τους. Τέλος η πενία Na προκαλεί ανορεξία και αδιψία στα ζώα, αλλά και περιπτώσεις αλλοτριοφαγίας.

Η περίσσεια του Na στο ζωικό οργανισμό σε συνδυασμό με μη άφθονη παροχή πόσιμου νερού στα ζώα επιφέρει άμεσα το θάνατο. Στην περίπτωση της απρόσκοπτης παροχής νερού σε αυτά παρατηρείται εκδήλωση ανορεξίας. Σε μεγάλη κατανάλωση NaCl από το ζώο παρατηρείται επίσης μείωση της καταναλούμενης τροφής. Πέραν της ανορεξίας παρατηρείται επίσης και πολυδιψία, με αποτέλεσμα συχνοουρία και πολουρία λόγω της προσπάθειας του οργανισμού να αποβάλλει μεγαλύτερες ποσότητες Na και παρατηρείται ακόμα και υπερτροφία των νεφρών. Τέλος παρατηρούνται υδαρά αλλά όχι διαρροϊκά περιττώματα στα ζώα που πάσχουν από περίσσεια Na.

4.5.4. Πρόληψη ανεπάρκειας Na στο ζωικό οργανισμό

Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε πληθυσμούς προβάτων και αγελάδων έδειξαν ότι στις περιπτώσεις όπου το σιτηρέσιο δεν ήταν επαρκές σε NaCl, το Na ήταν το στοιχείο με τη μεγαλύτερη, αλλά και πιο σημαντική σε επιπτώσεις έλλειψη για το ζωικό οργανισμό, σε σχέση με το Cl. Χαρακτηριστική περίπτωση ανεπάρκειας Na, αλλά και Cl είναι η περίπτωση των σιτηρεσίων που αποτελούνται από καρπούς σιτηρών, λόγω των πολύ μικρών συγκεντρώσεων σε αυτούς των προαναφερθέντων στοιχείων.

Περεταίρω έρευνες έδειξαν ότι ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται όταν τα βόσκοντα μηρυκαστικά βόσκουν σε αμμώδη εδάφη, στα οποία έχει πραγματοποιηθεί λίπανση με βαριά καλιούχα λιπάσματα, αφού η συγκεκριμένη λίπανση μειώνει σε μεγάλο βαθμό την περιεκτικότητα του χόρτου βοσκής σε Na.

Δύο διαφορετικά στάδια στη ζωή των ζώων χρίζουν επίσης ιδιαίτερης προσοχής. Κατ' αρχάς τα νεαρά ζώα, κατά τη διάρκεια του σταδίου της αναπτύξεώς τους έχουν αυξημένες ανάγκες σε Na, αφού συκρατούνται μεγάλες ποσότητες αυτού στα σωματικά υγρά αλλά και στους ιστούς τους. Επίσης, επειδή σημαντική ποσότητα Na απαντάται στο γάλα, η γαλακτική περίοδος είναι περίοδος αυξημένων αναγκών των ζώων στο εν λόγω στοιχείο και οι πενίες δεν είναι σπάνιες.

Οι παρατεταμένες περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες και γενικότερα τα ζώα που βρίσκονται σε τροπικά κλίματα πρέπει να ελέγχονται για πενία Na αφού μέσω της εφίδρωσης των ζώων αποβάλλονται από τον οργανισμό σημαντικές ποσότητες Na.

Όπως ανεφέρθη προηγουμένως το Na παρασύρεται από το K κατά την αποβολή του από τον οργανισμό μέσω των ούρων οπότε ιδιαίτερη προσοχή εξίσου πρέπει να δίδεται στην αναλογία αυτών των στοιχείων στο σιτηρέσιο, η οποία θα πρέπει να παραμένει σε στενά πλαίσια, σε αναλογία K:Na περί το $10:1$.

Στην περίπτωση ύπαρξης μίας ή περισσοτέρων από τις παραπάνω αναφερόμενες καταστάσεις που μπορεί να οδηγήσουν σε πενία Na στο ζωικό οργανισμό, η εμφάνιση συμπτωμάτων αυτής καθυστερεί εβδομάδες ή και μήνες. Η καθυστέρηση αυτή οφείλεται στην εξαιρετικά αποτελεσματική ομοιοστατική ικανότητα και τους μηχανισμούς της στον ζωικό οργανισμό στην περίπτωση χαμηλής πρόσληψη Na από το σιτηρέσιο. Ο βαθμός προσαρμογής των ζώων σε κατάσταση πενίας Na είναι εξαιρετικός. Σε περιπτώσεις πενίας Na παρατηρείται έκκριση της ορμόνης αλδοστερόνης από το φλοιό των επινεφριδίων. Η αλδοστερόνη έχει ως χαρακτηριστικό της την αποτελεσματικότερη συγκράτηση Na από τον οργανισμό. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της είναι και η μείωση των απεκρινόμενων ποσοτήτων Na από τους σιελογόνους αλλά και τους ιδρωτοποιούς αδένες. Στα μηρυκαστικά ζώα ιδιαίτερος, έχει παρατηρηθεί ότι μειώνεται η περιεκτικότητα του Na που εκκρίνεται από την παρωτίδα με τη μορφή σιέλου σε πολύ μεγάλες ποσότητες καθώς αντίστοιχα αυξάνεται η περιεκτικότητα του εκκριμένου από αυτή σίελο σε K.

Στα βόσκοντα μηρυκαστικά ζώα, λόγω του γεγονότος της υπάρξεως στο χόρτο βοσκής εξαιρετικά μεγάλης αναλογίας Na και K, (αναλογία που φθάνει σε ποσοστά της τάξεως Na:K 35:1 έως και 50:1), δεν έχουν παρατηρηθεί αρνητικές επιδράσεις στον οργανισμό τους. Επίσης δεν έχει παρατηρηθεί και αύξηση του ποσοστού Na που αποβάλλεται από το ζωικό οργανισμό από τη σχέση αλληλεπίδρασης των δύο στοιχείων. Περαιτέρω παρατηρήσεις έχουν καταστήσει σαφές ότι εφόσον το διδόμενο σιτηρέσιο εφοδιάζει τον ζωικό οργανισμό με τα απαιτούμενα ποσοστά Na για την πραγματοποίηση όλων των φυσιολογικών λειτουργιών του που το K δεν μπορεί να το αντικαταστήσει, τότε το K έχει τη δυνατότητα να συντηρήσει περεταίρω το Na στο ζώο και να ελαττώσει αντίστοιχα και τις ανάγκες του οργανισμού σε Na. Οι παραπάνω μεταβολές που αποτελούν και μέρος των ομοιοστατικών μηχανισμών του ζωικού οργανισμού, έχουν σαν αποτέλεσμα την σταθερότητα των ποσών της περιεκτικότητας του Na στο πλάσμα του αίματος.

Στις φυτικές προέλευσης ζωοτροφές η περιεκτικότητα Na είναι πολύ χαμηλή. Αντίθετα σε ζωικής προέλευσης ζωοτροφές, και ειδικότερα στα ιχθυάλευρα και τα κρεατάλευρα, είναι κατά μεγάλο ποσοστό υψηλότερη. Η προσθήκη συμπληρωματικών

ποσοτήτων του NaCl στα σιτηρέσια των ζώων εξαλείφει την ανεπάρκειά του στο ζωικό οργανισμό. Η προσθήκη του στο σιτηρέσιο εάν πραγματοποιηθεί άμεσα, φέρει αποτελέσματα σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα βελτιώνοντας τάχιστα τα εξωτερικά συμπτώματα και το σωματικό βάρος των ζώων. Εξίσου άμεση είναι η επαναφορά της όρεξής τους σε φυσιολογικά επίπεδα, αλλά και η γαλακτοπαραγωγή τους, που η πενία Na μειώνει και τις δύο αισθητά.

4.6. Χλώριο (Cl - chloride)

4.6.1. Διανομή και ρόλος του Cl στο ζωικό οργανισμό

Ο ζωικός οργανισμός περιέχει Cl σε περιεκτικότητα της τάξεως του 0,15%. Αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά ανιόντα του οργανισμού. Απαντάται σε μεγάλες ποσότητες στα ενδοκυτταρικά και εξοκυτταρικά υγρά του σώματος. Ο ζωικός οργανισμός έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης Cl σε ορισμένα ποσά στο δέρμα, αλλά και στους υποδόριους ιστούς. Στα κύτταρα συναντάται και υπό τη μορφή χλωριούχου καλίου.

Η εμπλοκή του Cl με το Na και με το K, συμβάλλει στην ρύθμιση και διατήρηση της οξεοβασικής ισορροπίας του οργανισμού, όπως επίσης και στη ρύθμιση των οσμωτικών σχέσεων στα σωματικά υγρά.

Πέραν των σχέσεων Cl και Na σε φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού, τα ιόντα χλωρίου, χρησιμεύουν και σε άλλες λειτουργίες του οργανισμού. Χαρακτηριστικά το ιόν του Cl είναι και το κύριο ανιόν του γαστρικού υγρού, συνοδεύεται από ιόντα υδρογόνου, απαντάται σε μεγάλη συγκέντρωση όπως και στο αίμα. Έχει σημαντικότερο ρόλο στην έκκρισή του, υπό τη μορφή του υδροχλωρικού οξέως αλλά και με τη μορφή χλωριούχων αλάτων.

4.6.2. Αποβολή του Cl από το ζωικό οργανισμό

Όπως και στις περιπτώσεις του Na και του K το Cl αποβάλλεται μέσω του ιδρώτα και των ούρων.

4.6.3. Πενία και περίσσεια του Cl στο ζωικό οργανισμό

Η πρόσληψη Cl από το ζωικό οργανισμό μέσω της τροφής πρέπει να ελέγχεται γιατί όπως και στην περίπτωση του Na, η περιεκτικότητα των περισσότερων τροφών, ειδικά φυτικής προέλευσης, σε Cl είναι χαμηλή. Εξαιρέση αποτελούν τα ιχθυάλευρα, τα κρεατάλευρα και η μελάσσα. Γι' αυτό χορηγείται σχεδόν πάντα NaCl στα ζώα.

Σε περίπτωση εμφάνισης πενίας Cl παρατηρείται μη κανονική αύξηση των αλκαλικών αποθεμάτων στο αίμα. Αυτή η πάθηση ονομάζεται αλκάλωση και δημιουργείται από την υπερβολική συγκέντρωση των διτανθρακικών, αφού αυτά αντικαθιστούν εν μέρει τα ελλείματα Cl στο σώμα του ζώου.

Τα κλινικά συμπτώματα που μπορούν να παρατηρηθούν στην περίπτωση της πενίας Cl στα ζώα είναι η επιβράδυνση του ρυθμού ανάπτυξης αυτών, αλλά και εμφανής ύπαρξη νευρικών διαταραχών. Στην περίπτωση της περίσσειας του Cl στο ζωικό οργανισμό παρατηρείται έντονη υπερδιεγερσιμότητα του ζώου αλλά και βλάβες στους χόνδρους αυτού.

Με εξαίρεση τα κρεατάλευρα και ιχθυάλευρα, όλες οι άλλες ζωοτροφές έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε Cl, όπως και σε Na, γι' αυτό χορηγείται σχεδόν πάντα χλωριούχο νάτριο (NaCl) στα ζώα.

4.6.4. Χλωριούχο νάτριο (NaCl – Sodium chloride)

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η περιεκτικότητα των τροφών, ειδικά φυτικής προέλευσης, είναι πολύ φτωχές σε περιεκτικότητα Cl και Na. Για να εξασφαλισθεί λοιπόν η επαρκής ποσότητα των στοιχείων αυτών για την κάλυψη των αναγκών των βοοειδών, των αιγών και των προβάτων, γίνεται συμπλήρωση των σιτηρεσίου τους με NaCl (μαγειρικό αλάτι). Πέραν της ικανοποίησης των αναγκών τους η προσθήκη του NaCl στο σιτηρέσιο λειτουργεί και ως ορεκτικό για τα μηρυκαστικά, αφού καθιστά το σιτηρέσιο πιο εύγευστο για αυτά.

Μετά από έρευνες διαπιστώθηκε ότι με την προσθήκη NaCl στο μείγμα των συμπυκνωμένων τροφών που δίδονται στα βοοειδή και στα αιγοπρόβατα σε ποσοστό 1%, έχουμε πλήρη ικανοποίηση των αναγκών τους σε Cl και Na. Στα βόσκοντα πρόβατα και την κάλυψη των δικών τους αναγκών αρκούμαστε στην εθελούσια πρόσληψη μαγειρικού αλατος, είτε υπό τη μορφή συμπαγών τεμαχίων, είτε σε κοκκώδη μορφή.

4.6.5. Περίσσεια NaCl

Η αναλογία του ποσοστού 1% που προαναφέρθη στη χορήγηση NaCl στη διατροφή των μηρυκαστικών, είναι ελαστική ως προς τη μέγιστη δυνατότητα χορήγησής του. Η δυνατότητα χορήγησης είναι σύνηθες να κυμαίνεται σε ποσοστό έως και 150% της προαναφερθείσας μέγιστης δυνατής ποσότητας χορήγησης, χωρίς την εμφάνιση αρνητικών τοξικών επιδράσεων στο ζωικό οργανισμό.

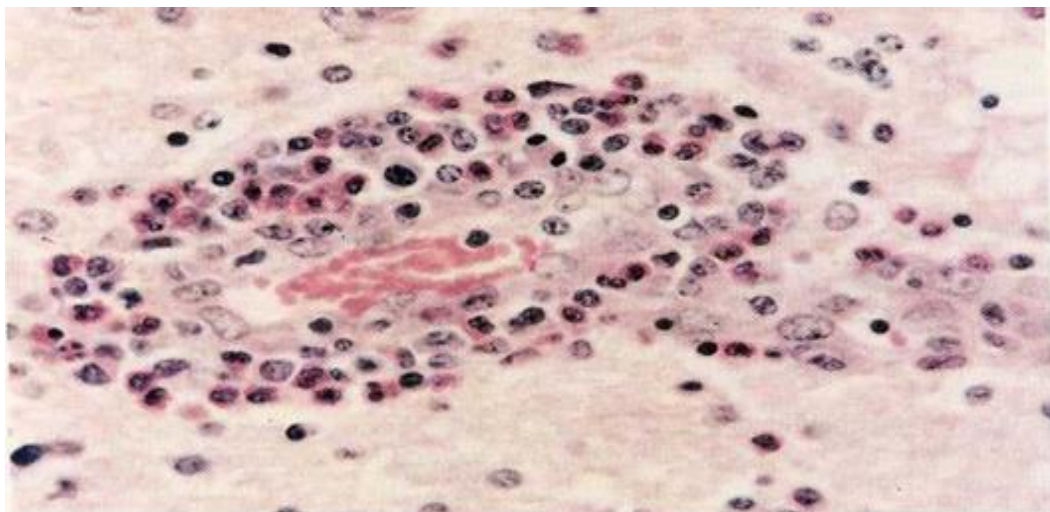
Αυτή η δυνατότητα αυτή εξαρτάται όμως από την ύπαρξη συγκεκριμένων προϋποθέσεων. Αυτές είναι η υγεία των ζώων, ειδικότερα στο ουροποιητικό τους σύστημα και η απρόσκοπτη παροχή νερού σε αυτά. Όπως αναφέρθη η αποβολή του NaCl από τον οργανισμό γίνεται μέσω των ούρων. Όταν αυξάνεται η ανάγκη αποβολής μεγάλου ποσοστού NaCl από το ζώο, αυξάνεται αντίστοιχα και η ανάγκη του οργανισμού σε νερό. Επίσης η συγκράτηση νερού από το ζώο σημαίνει και συγκράτηση NaCl. Η απρόσκοπτη παροχή σε νερό είναι αναγκαία. Περιορισμένη, κατά διαλλείματα ή σε ορισμένες ποσότητες παροχή νερού μπορεί να οδηγήσει άμεσα σε τοξικές αντιδράσεις στο ζωικό οργανισμό. Η εκκριτική λειτουργία του νεφρού ρυθμίζει και τις πυκνότητες των ηλεκτρολυτών στο αίμα. Ένα υγιές ζώο, με σωστή νεφρική λειτουργία και ικανή ποσότητα πρόσληψης νερού, μπορεί να αποβάλλει μέσω των ούρων ικανές ποσότητες NaCl, χωρίς να δημιουργηθούν προβλήματα. Στην περίπτωση όμως προβλημάτων στη νεφρική λειτουργία ή ελλιπής παροχή νερού, προκαλείται υπερβολική συγκέντρωση NaCl στον οργανισμό του ζώου, συγκράτηση νερού στο σώμα, υπερβολική δίψα, μυϊκή αδυναμία και δημιουργία οίδημάτων.

Σε έρευνες που έχουν γίνει σε πληθυσμούς προβάτων σχετικά με τα παρεχόμενα σε αυτά σιτηρέσια, έδειξαν τη μεγάλη ανοχή τους στην πρόσληψη NaCl μέσω αυτών. Οι εν λόγω πληθυσμοί ελέγχθηκαν με σιτηρέσια τα οποία περιείχαν ποσότητες NaCl σε ποσοστό έως και 9,1% και δεν παρατηρήθηκαν επιπτώσεις σε αυτά εφόσον υπήρχε η απρόσκοπτη παροχή νερού σε αυτά. Στις έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στα πρόβατα, ελέγχθηκαν όλες οι κατευθύνσεις της προβατοτροφείας και σε όλα τα στάδια της ζωής των ζώων. Δεν παρατηρήθηκαν δυσμενείς επιδράσεις της μεγάλης πρόσληψης NaCl στην ανάπτυξη, στην πάχυνση, στην αναπαραγωγή και στην γαλακτοπαραγωγή των προβάτων, έχοντας πάντα πρόσβαση σε άφθονες ποσότητες νερού.

Υπάρχει όμως μία ιδιαιτερότητα, που χρίζει μεγάλης προσοχής σχετικά με την παροχή νερού στα ζώα, τη δυνατότητα πρόσληψης σιτηρεσίου μεγάλης περιεκτικότητας σε NaCl και της ικανοποίησης των αναγκών τους σε αυτό. Η ιδιαιτερότητα αυτή είναι η περιεκτικότητα του πόσιμου νερού σε διαλυτά άλατα. Σε συγκεκριμένες περιοχές όπου το πόσιμο νερό είχε μεγάλες ποσότητες σε άλατα, παρουσιάστηκαν άμεσα τοξικές αντιδράσεις στα ζώα. Μετά από περαιτέρω έρευνες, παρατηρήθηκε ότι πέραν των προβάτων που έχουν μεγαλύτερες ανοχές, τα υπόλοιπα μηρυκαστικά ζώα όπως και τα μονογαστρικά αγροτικά ζώα όπως οι ίπποι και οι χοίροι, καλύπτουν τις ανάγκες τους σε νερό και δεν παρουσιάζουν αρνητικές επιδράσεις στην υγεία τους και την παραγωγή τους, με νερό στο οποίο η μέγιστη περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα ανέρχεται στο 1%. Αποτελέσματα από τις ίδιες έρευνες, έδειξαν ότι ζώα που βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης, ή αρμεγόμενα ζώα, έχουν πολύ μικρότερη ανοχή στη πρόσληψη μεγάλων

ποσοτήτων υδατοδιαλυτών αλάτων λόγω των αυξημένων αναγκών τους σε νερό και την αντίστοιχη αυξημένη κατανάλωσή του από αυτά στην περίπτωση που παρέχεται σε επαρκείς ποσότητες. Σημαντική προσοχή πρέπει να δοθεί και στην περιεκτικότητα του νερού σε μεγάλες αναλογίες δισθενών κατιόντων και ανιόντων ιδιαίτερα του μαγνησίου, των θεικών και των ανθρακικών αλάτων. Σε αυτή την περίπτωση η εμφάνιση προβλημάτων στο ζωικό οργανισμό είναι μεγάλη, καθώς στο πόσιμο νερό που παρέχεται στα ζώα πρέπει να επικρατεί το NaCl. Από τα προαναφερθέντα αγροτικά ζώα, κατά σειρά ανοχής τους σε μεγάλη περιεκτικότητα αλάτων στο παρεχόμενο νερό σε αυτά, τα ανθεκτικότερα είναι τα πρόβατα, έπειτα τα βοοειδή, ακολουθούν οι χοίροι και τελευταίοι στην κατάταξη είναι οι ίπποι.

Από τις προαναφερθείσες έρευνες σχετικά με την περίσσεια αλάτων έγινε κατανοητό ότι η πρόσληψη από το ζωικό οργανισμό σε άλατα μέσω του σιτηρεσίου είναι ανεκτή σε μεγάλες ποσότητες, αλλά δεν συμβαίνει το ίδιο με την πρόσληψη αυτών μέσω του πόσιμου νερού που παρέχεται σε αυτά. Στην περίπτωση της πρόσληψης μεγάλων ποσοτήτων NaCl μέσω του σιτηρεσίου, ο ζωικός οργανισμός για να διατηρήσει την ισορροπία του σε αυτά, αυξάνει την κατανάλωση νερού χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα, αντίστοιχα αυξάνεται η απέκκριση των αλάτων μέσω της αυξημένης απέκκρισης όγκου ούρων από τους νεφρούς. Αντίθετα στην περίπτωση της πρόσληψης αυξημένων ποσοστών αλάτων από το καταναλισκόμενο από αυτά νερό, η απέκκριση μεγαλύτερου όγκου ούρων για τη διατήρηση της ισορροπίας δεν φέρει αποτελέσματα, αφού οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης νερού με μεγάλες ποσότητες αλάτων.



Εικόνα 8. Δηλητηρίαση από υπερβολική ποσότητα NaCl στο αίμα (Ensminger, Feeds and Nutrition 1990)

4.7. Θείο (S - sulphur)

4.7.1. Διανομή και ρόλος του S στο ζωικό οργανισμό

Το S απαντάται στο σώμα των ζώων σε ποσοστό 0,15% κατά προσέγγιση. Το περισσότερο S του σώματος των ζώων βρίσκεται σε οργανικές ενώσεις. Στις πρωτεΐνες που περιέχουν τα θειούχα αμινοξέα, την κυστίνη, την κυστεΐνη και τη μεθειονίνη. Το μαλλί είναι πολύ πλούσιο σε κυστίνη και περιέχει περίπου 4% S. Επίσης το S περιέχεται στις πρωτεΐνες στις τρίχες, στις οπλές, στα νύχια και στα κέρατα των ζώων αλλά και στο συνδετικό ιστό. Το S απαντάται επίσης και στις βιταμίνες βιοτίνη και θειαμίνη, στην ορμόνη ινσουλίνη και στο σημαντικό μεταβολίτη συνένζυμο A, αλλά επίσης και στο λιποϊκό οξύ και το τριπεπτίδιο γλουταθείου. Μόνο μια μικρή ποσότητα S είναι παρούσα στο σώμα υπό ανόργανη μορφή ή υπό μορφή θεικών αλάτων και θειοκυανικών ανιόντων στο αίμα. Τα θειοκυανικά ανιόντα απαντούνται επίσης στη σίελο αλλά και σε άλλες εκκρίσεις του ζώου.

4.7.2. Αποβολή του S από το ζωικό οργανισμό

Η αποβολή του θείου από το σώμα του ζώου γίνεται μέσω των ούρων και των κοπράνων. Στα ούρα παρατηρείται απέκκριση του θείου με τη μορφή ανόργανων θεικών αλάτων. Αυτά αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα του θείου που περιέχεται στα ούρα και είναι το τελικό προϊόν οξειδωσης των οργανικών ενώσεων που περιέχουν θείο. Επίσης ένα μικρό τμήμα των θεικών αλάτων των ούρων απαντάται εστεροποιημένο με ποικιλία φαινολικών ενώσεων. Από αυτό το γεγονός αποδεικνύει την σπουδαιότητα στην αποτοξίνωση του ζωικού οργανισμού από πολλές τοξικές ουσίες των θεικών αλάτων. Τέλος το θείο αποβάλλεται και με τη μορφή του ουδέτερου θείου. Απαντάται σε ενώσεις μη πλήρως οξειδωθέντους θείου σε μικρές ποσότητες θειούχων αμινοξέων ή/και των παραγώγων από αυτές.

4.7.3. Ανάγκες των μηρυκαστικών ζώων σε S

Τα μηρυκαστικά ζώα έχουν πολύ μικρές ανάγκες σε S. Οι ανάγκες του ζωικού οργανισμού καλύπτονται από την ποσότητά του που εισέρχεται στον οργανισμό υπό μορφή πρωτεϊνών. Οπότε πενία S συμβαίνει κυρίως σε περιπτώσεις που το ζώο παίρνει με το σιτηρέσιο πολύ λίγες πρωτεΐνες. Η μόνη περίπτωση που υπάρχουν αυξημένες ανάγκες S στο σιτηρέσιο, είναι στα πρόβατα παραγωγής μαλλιού αλλά και γενικότερα σε

όλα τα πρόβατα, λόγω του γεγονότος όπως προαναφέραμε στη μεγάλη συγκέντρωση της πρωτεΐνης κυστίνης στο μαλλί αλλά και σε αμινοξέα που περιέχουν S.

Η αναγκαιότητα της προσθήκης S στα σιτηρέσια των μηρυκαστικών ζώων για σύνθεσηθειούχων αμινοξέων από τους μικροοργανισμούς των προστομάχων έγινε ευρέως γνωστή με τη διάδοση της χρήσης της ουρίας για την κάλυψη ενός μέρους των αναγκών των ζώων σε αζωτούχες ουσίες. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η προσθήκη S, υπό μορφή θεικών περισσότερο και ανόργανου S λιγότερο, σε σιτηρέσια που περιέχουν ουρία είναι ευεργετική.

4.7.4. Πενία και περίσσεια του S στο ζωικό οργανισμό

Στην περίπτωση πενίας του ζώου σε S παρατηρούνται ανωμαλίες στο σκελετό του ζώου αλλά και το δέρμα του. Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι και η επιβράδυνση της ανάπτυξης του ζώου. Στην περίπτωση της περίσσειας S υπάρχει η περίπτωση της δευτερογενούς πενίας σε Cu και σε Se.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ / ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Τα ανόργανα μακροστοιχεία, όπως έγινε απόλυτα κατανοητό από τα προαναφερθέντα στοιχεία, έχουν σημαντικότερο ρόλο στην ευζωία των μηρυκαστικών και στην σε θεμιτά επίπεδα παραγωγικότητα από αυτά σε όλες τις εκφάνσεις της, όπως γαλακτοπαραγωγή, πάχυνση κλπ.

Η παρουσία τους εντοπίζεται διάσπαρτη σε όργανα και σωματικά υγρά σε όλο το ζωικό οργανισμό, όπου λαμβάνουν μέρος ή/και κατευθύνουν τις σπουδαιότερες λειτουργίες αυτού (πίνακας 3.).

Μακροστοιχείο	Θέσεις αυξημένης παρουσίας	Σπουδαιότερη φυσιολογική λειτουργία
Ca	Οστά, οδόντες	Δομή οστών, μυϊκή και νεφρική λειτουργία πήξη αίματος, σύνθεση γάλακτος
P	Οστά, ήπαρ, νεφροί, σπλήνα, αιμοσφαίρια	Δομή οστών, μεταφορά ενέργειας (ATP), δομή κυτταρικών μεμβρανών και νουκλεοξέων
Mg	Οστά, νεφροί, ήπαρ, σπλήνα	Νευρομυϊκή λειτουργία, ενεργοποίηση ενζύμων
K	Μύες, οστά	Νευρική λειτουργία, σταθεροποιητής ενζύμων
Na	Εξωκυτταρικά υγρά, αιμοσφαίρια, οστά	Ρύθμιση ωσμωτικής πίεσης και pH, νευρική λειτουργία, σταθεροποιητής ενζύμων
Cl	Εξωκυτταρικά υγρά	Ρύθμιση ωσμωτικής πίεσης και pH
S	Θειούχα αμινοξέα	Σύνθεση θειούχων αμινοξέων

Πίνακας 3. Θέσεις αυξημένης παρουσίας και σπουδαιότερες φυσιολογικές λειτουργίες των κυριότερων ανόργανων μακροστοιχείων (Παπαδόπουλος, 2007)

Παράγοντες όπως το περιβάλλον, η κατάρτιση του σιτηρεσίου βοσκής ή του συνθετικού σιτηρεσίου που λαμβάνει το ζώο και οι συγκεντρώσεις τους σε ανόργανα μακροστοιχεία, αλλά και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μακροστοιχείων στον ίδιο το ζωικό οργανισμό, μεταβάλλουν το φυσιολογικό ποσοστό συγκέντρωσης των μακροστοιχείων σε αυτόν. Η αλλαγή αυτή στη συγκέντρωση, ποσοστιαία αρνητική ή θετική, προκαλεί πενίες ή περίσσειες αντίστοιχα, οι οποίες με τη σειρά τους προκαλούν στα μηρυκαστικά διάφορα συμπτώματα. Τα συμπτώματα αυτά ποικίλλουν από ελαφριάς μορφής ενοχλήσεις στο ζώο, έως και βαριάς μορφής ασθένειες που μπορεί να οδηγήσουν τα εκτρεφόμενα μηρυκαστικά ζώα έως και στο θάνατο (πίνακας 4.).

Συγκεντρωτικός πίνακας συμπτωμάτων πενίας και περίσσειας των ανόργανων μακροστοιχείων στο ζωικό οργανισμό			
Στοιχείο	Συμπτώματα	Στοιχείο	Συμπτώματα
Ca	<ul style="list-style-type: none"> • Αδύνατα οστά • Μειωμένος ρυθμός ανάπτυξης • Μειωμένη γαλακτοπαραγωγή • Τετανία 	Mg	<ul style="list-style-type: none"> • Υπομαγνησισαιμική τετανία • Υπερευαισθησία • Τετανία • Σπασμοί • Αιφνίδιος θάνατος ζώων στη βοσκή χωρίς προηγούμενα συμπτώματα
P	<ul style="list-style-type: none"> • Εύθραυστα οστά • Γενικευμένη αδυναμία • Απώλεια βάρους • Καχεξία • Χωλότητα • Μειωμένη γαλακτοπαραγωγή • Μειωμένη αναπαραγωγική ικανότητα • Αλλοτριοφαγία • Ευερεθιστικότητα 	K	<ul style="list-style-type: none"> • Μη εξειδικευμένα συμπτώματα • Μειωμένος ρυθμός ανάπτυξης • Μειωμένη κατανάλωση νερού και τροφής • Μειωμένη μετατρεψιμότητα • Αδυναμία μυών • Νευρικές διαταραχές • Χωλότητα • Καχεξία
Na	<ul style="list-style-type: none"> • Λείξη άλατος • Αλλοτριοφαγία 	S	<ul style="list-style-type: none"> • Απώλεια βάρους • Αδυναμία • Σιαλόρροια • Μειωμένη γαλακτοπαραγωγή • Θάνατος

Πίνακας 4. Συμπτωμάτων πενίας και περίσσειας των ανόργανων μακροστοιχείων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ammerman B. Clarence, Baker H. David, Lewis J. Austin, 1995. Bioavailability of nutrients for animals, (amino acids, minerals and vitamins)., Academic Press, USA

Γελέκης Β. Στάθης., 2004. Γαλακτοπαραγωγός αγελαδοτροφία., Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία

Ensminger, James E. Oldfield, Wilton W. Heinemann., 1990. Feeds and Nutrition (2nd Edition)., The Ensminger Publishing Company, USA

Ζέρβας Γιώργος., 2000. Τα ανόργανα στοιχεία στην διατροφή των μηρυκαστικών ζώων., Εκδόσεις Σταμούλης

Ζέρβας Γεώργιος, Καλαϊσάκης Περικλής, Φεγγερός Κωνσταντίνος., 2004. Διατροφή αγροτικών ζώων., Εκδόσεις Σταμούλης

Ζυγογιάννης Γ. Δημήτριος., 2006. Εκτροφή και παθολογία του προβάτου., Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία

Κανδρέλης Σωτήριος, Ρούκος Χρήστος, Κουτσούκης Χαράλαμπος., 2009. Διατροφή αγροτικών ζώων. (2^η Έκδοση), Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Ζωικής Παραγωγής

Κατσαούνης Νίκος., 2000. Βοοτροφία., Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία

Mc Dowell L.R., 1992. Minerals in animal and human nutrition., Academic Press, USA

Παπαδόπουλος, Γ.Κ., 2007. Διατροφή Προβάτων., Εκδόσεις Αγροτύπος

Σπαής Αλέξανδρος Β., 2005. Νοσολογία αιγών και προβάτων., Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία

ΠΗΓΕΣ INTERNET

www.cvms.colostate.edu

www.ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C126/76/614,2213/

www.hva.gr/el/

www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php

www.nadis.org.uk

www.physics.ntua.gr/