



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



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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΘΕΜΑ: «Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ
ΑΓΕΛΑΔΩΝ ΓΑΛΑΚΤΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ»**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ.Γ. ΛΥΜΠΕΡΟΠΟΥΛΟΣ
ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΓΑΒΡΙΗΛΙΔΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2016

Αφιερώνω αυτή την εργασία, Στους γονείς μου για την υποστήριξη που μου δώσανε όλο αυτόν τον καιρό, και τον πολύ καλό μου φίλο Ιωάννη Εμμανουηλίδη, ο οποίος με βοήθησε στην όσο κατά το δυνατόν ορθότερη μετάφραση των ξενόγλωσσων βιβλιογραφικών πηγών.

Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος	6
Περίληψη	7
Εισαγωγή	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	10
1. Διατροφικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αναπαραγωγή	10
<i>1.1 Ενέργεια</i>	10
<i>1.2 Πρωτεΐνη</i>	12
<i>1.3 Λίπη</i>	13
<i>1.4 Ιχνοστοιχεία</i>	14
<i>1.4.1 Φώσφορος (P)</i>	14
<i>1.4.2 Ασβέστιο (Ca)</i>	15
<i>1.4.3 Σελήνιο (Se)</i>	16
<i>1.4.4 Ψευδάργυρος (Zn)</i>	17
<i>1.4.5 Χαλκός (Cu)</i>	18
<i>1.4.6 Μαγγάνιο (Mn)</i>	18
<i>1.4.7 Κοβάλτιο (Co)</i>	19
<i>1.4.8 Ιώδιο (I)</i>	20
<i>1.4.9 Κάλιο (K)</i>	20
<i>1.4.10 Αλάτι (Νάτριο και Χλώριο)</i>	20
<i>1.5 Βιταμίνες</i>	21
<i>1.5.1 Βιταμίνη Α</i>	21
<i>1.5.2 Βιταμίνη D</i>	22
<i>1.5.3 Βιταμίνη E</i>	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	24
2. Επίδραση της διατροφής στη γονιμότητα των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων	24
<i>2.1 Επίδραση της διατροφής στην έκκριση των Γοναδοτρόπων ορμονών</i>	24
<i>2.2 Επίδραση της διατροφής στις συγκεντρώσεις της προγεστερόνης</i>	25
<i>2.3 Διατροφή και λειτουργία ωοθηκών</i>	26
<i>2.4 Διατροφή και ποιότητα ωαρίων</i>	28
<i>2.5 Διατροφή και ποιότητα εμβρύων</i>	30
<i>2.6 Επίδραση της διατροφής στη γονιμότητα</i>	30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	32
<i>3. Επίδραση της διατροφής στην επιλόχειο περίοδο και στη γονιμότητα των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων</i>	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	35
<i>4. Διαχείριση της διατροφής για την αύξηση της ενέργειας</i>	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	37
<i>5. Αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο και αναπαραγωγική ικανότητα κατά την επιλόχεια περίοδο</i>	37
Συμπεράσματα	39
Βιβλιογραφία	40

Πρόλογος

Η εργασία αυτή διενεργήθηκε στο πλαίσιο της πτυχιακής διατριβής του Δημητρίου Γαβριηλίδη, φοιτητή της Κατεύθυνσης Ζωικής Παραγωγής του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων, της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής, του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης.

Τα κίνητρα τα οποία με ώθησαν στο να επιλέξω το συγκεκριμένο θέμα προς διερεύνηση είναι αρκετά. Λαμβάνοντας υπόψη την σημαντική θέση και δύναμη που κατέχουν οι αγελάδες γαλακτοπαραγωγικής κατεύθυνσης στην αγορά γενικότερα, και σε σχέση με άλλες πηγές παραγωγικών ζώων, ήταν το πρώτο κίνητρο που με ώθησε σε αυτή την επιλογή, έχοντας σαν κριτήριο επιλογής τις ανάγκες του ανθρώπου σήμερα.

Ένα άλλο κίνητρο που μου κίνησε το ενδιαφέρον για την επιλογή του συγκεκριμένου θέματος, ήταν η προσωπική μου αγάπη και ο ζήλος για την κατανόηση της αναπαραγωγικής λειτουργίας των αγελάδων. Σε συνδυασμό με τον τομέα της Διατροφής, ο οποίος είναι εξίσου σημαντικός και αξιοζήλευτος για την κατανόηση της επίδρασής του στις αγελάδες, πιστεύω πως δε θα μπορούσα να είχα επιλέξει καλύτερο θέμα για την πτυχιακή μου διατριβή.

Το μεγαλύτερο κριτήριο επιλογής της συγκεκριμένης πτυχιακής διατριβής είναι ότι θα συνεχίσω τις μεταπτυχιακές μου σπουδές στο εξωτερικό, και συγκεκριμένα στην Γερμανία. Για αυτό το λόγο ήθελα η πτυχιακή μου διατριβή να έχει ένα σημαντικό θέμα για την μετέπειτα πορεία μου.

Γαβριηλίδης Δημήτριος
Δεκέμβριος 2016

Περίληψη

Σε όλα τα ζώα η διατροφή παίζει σημαντικό ρόλο στην αύξηση της αναπαραγωγικής τους ικανότητας. Η ενέργεια και οι πρωτεΐνες είναι τα κύρια θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται και στις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες θα πρέπει να αποτελεί την άμεση προτεραιότητα για να βελτιώσουμε την αναπαραγωγή. Επίσης, τα ιχνοστοιχεία και οι βιταμίνες δεν είναι δυνατόν να αγνοηθούν και θα πρέπει να εξισορροποούνται με τη διατροφή. Από την άλλη πλευρά δεν θα πρέπει να γίνεται υπερβολική χρήση των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών, γιατί και αυτή μπορεί να επιδράσει αρνητικά στην αναπαραγωγή. Οι αγελάδες υπό την επίδραση του αρνητικού ενεργειακού ισοζυγίου έχουν εκτεταμένες περιόδους μη εμφάνισης ωοθυλακιορρηξίας. Τα προβλήματα της άνοιστρης περιόδου που παρατηρείται μετά τον τοκετό, καθώς και της αγωνιμότητας, μεγεθύνονται από τις απώλειες της θρεπτικής κατάστασης στα πρώτα στάδια μετά τον τοκετό. Η έναρξη λειτουργίας των ωοθηκών και της εκδήλωσης συμπτωμάτων οίστρου συνδέεται με το ενεργειακό ισοζύγιο, αλλά φαίνεται ότι προκαλείται από μια αύξηση στο πλάσμα της IGF-I, η οποία συνδέεται με τη διατροφική κατάσταση και τις συγκεντρώσεις της ινσουλίνης στο αίμα. Η χορήγηση σιτηρεσίων που προωθούν την αύξηση της γλυκόζης στο πλάσμα του αίματος και η ινσουλίνη μπορεί να βελτιώσουν τη μεταβολική και ενδοκρινολογική κατάσταση των αγελάδων. Η διατροφική συμπεριφορά των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων κατά τη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου, ιδιαίτερα μια μείωση στην πρόσληψη της τροφής πριν από τον τοκετό, σχετίζεται με τον κίνδυνο εμφάνισης νοσημάτων της μήτρας μετά τον τοκετό, όπως μητρίτιδα. Επίσης, το αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο σχετίζεται με τις μεταβολές που παρατηρούνται στο πρότυπο της ανάπτυξης των ωοθυλακίων και το οποίο μπορεί να επηρεάσει έμμεσα την ποιότητα των ωαρίων

Λέξεις κλειδιά: αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο, επιλόχειος περίοδος, ωάρια, λειτουργία ωοθηκών, γλυκόζη, ινσουλίνη.

Εισαγωγή

Η σχέση μεταξύ διατροφής και αναπαραγωγής είναι ένα θέμα αυξανόμενης σημασίας και ανησυχίας μεταξύ των παραγωγών γαλακτοκομικών προϊόντων, των κτηνιάτρων, των εμπόρων ζωοτροφών και των απασχολούμενων στις αγελαδοτροφικές εκμεταλλεύσεις. Η αλληλεπίδραση μεταξύ της διατροφής και της αναπαραγωγής είναι από καιρό γνωστό ότι έχει σημαντικές επιπτώσεις στην αναπαραγωγική τους ικανότητα (Smith και Chase, 2010). Η μείωση της διατροφής έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια του σωματικού βάρους και της θρεπτικής κατάστασης, καθυστερεί την εμφάνιση της ήβης, αυξάνει το διάστημα μεταξύ τοκετού και σύλληψης, παρεμβαίνει στη φυσιολογική λειτουργία των ωοθηκών με τη μείωση της έκκρισης των γοναδοτρόπων ορμονών και αυξάνει την αγονιμότητα (Caruso και συν., 1990, Boland και συν., 2001). Η πλήρης κατανόηση του πώς και πότε η διατροφή επηρεάζει την αναπαραγωγή, μπορεί να μας παρέχει μια εναλλακτική προσέγγιση για τη διαχείριση της αναπαραγωγής αγελαδοτροφικές εκμεταλλεύσεις, που δεν εξαρτώνται από τη χρήση εξωγενών ορμονών (Pradhan και Nakagoshi, 2003).

Η γενετική βελτίωση στις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες έχει οδηγήσει σε μια δραματική αύξηση στην απόδοση γάλακτος, η οποία έχει συσχετισθεί με τη μείωση της αναπαραγωγικής τους ικανότητας (Pryce και συν., 1999,. Royal και συν., 1999,. Ryan, και συν., 1992). Πιθανότατα υπάρχουν πολλοί λόγοι για αυτή την πτώση της γονιμότητας, όπως η διατροφή, η διαχείριση και η ικανότητα ανίχνευσης του οίστρου. Υψηλή πρόσληψη σε ξηρή ουσία, αυξημένη αναλογία γλυκόζης του πλάσματος σε 3-υδροξυβουτυρικό συνδέονται θετικά με τη γονιμότητα, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις ακόρεστων λιπαρών οξέων συνδέονται αρνητικά με τη γονιμότητα (Westwood, και συν., 2002). Μειωμένη γονιμότητα είναι ιδιαίτερα εμφανής σε αγελάδες όπου οι αποδόσεις τους σε γάλα είναι πάνω από 6.000 L ανά γαλακτική περίοδο (Macmillan και συν., 1996), και σε αγελάδες που έχουν διατραφεί στην προηγούμενη ξηρή περίοδο με περίσσεια (Kruip και συν., 1998). Η θνησιμότητα στα πρόωρα έμβρα είναι σημαντική αιτία αναπαραγωγικής αποτυχίας στα μηρυκαστικά και μέρος αυτού μπορεί να σχετίζεται με τις επιδράσεις που έχει η διατροφή γύρω από το χρόνο της γονιμοποίησης (Dunne και συν., 2000). Αν και η τελική εκδήλωση μιας επίσημης επίδρασης της διατροφής στη γονιμότητα μπορεί να είναι ο θάνατος του εμβρύου, δεν είναι απολύτως σαφές αν η διατροφή επηρεάζει την ποιότητα του εμβρύου μέσω της αλλαγής της ικανότητας του ωαρίου να αναπτυχθεί ή με μεταβολές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της

ανάπτυξης του εμβρύου. Οι απαιτήσεις σε ενέργεια για την υποστήριξη της ανάπτυξης των ωοθυλακίων, την ωοθυλακιορρηξία και στις αρχές της εγκυμοσύνης είναι εξαιρετικά χαμηλές (λιγότερο από 3 MJ μεταβολίσιμης ενέργειας (ME) ανά ημέρα), σε σύγκριση με τις απαιτήσεις για τη συντήρηση και την παραγωγή (60-250 MJ ME ανά ημέρα σε μια αγελάδα που αρμέγεται). Παρ'όλα αυτά, στην περίπτωση των αρμεγόμενων αγελάδων η ανεπαρκής διατροφή σε σύντομο χρονικό διάστημα, ή ως συνέπεια μια παρατεταμένης εξάντλησης των αποθεμάτων του σώματος κατά τη διάρκεια του πρόωρου θηλασμού, μπορούν να έχουν σημαντικές επιβλαβείς επιπτώσεις στην επανάληψη της λειτουργίας των ωοθηκών μετά τον τοκετό, στο ποσοστό σύλληψης και στην αγωνιμότητα. Η υπερβολική διατροφή γύρω από την περίοδο της γονιμοποίησης θα έχει δυσμενή επίδραση στην ανάπτυξη του εμβρύου και είναι εμφανής τόσο στα ζώα στα οποία έχει προκληθεί πολλαπλή ωοθυλακιορρηξία αλλά και στα ζώα που δεν έχει προκληθεί πολλαπλή ωοθυλακιορρηξία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Διατροφικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αναπαραγωγή

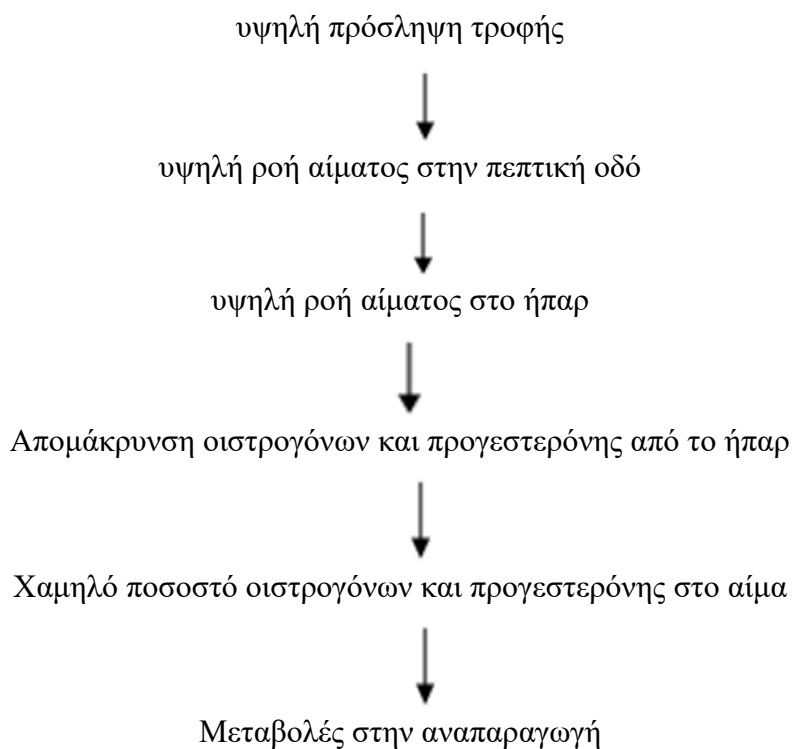
1.1. Ενέργεια

Η μη επαρκής πρόσληψη ενέργειας, πρωτεΐνης, βιταμινών, και μικρο- και / ή μακροστοιχείων όλα έχουν συσχετισθεί με τη μη βέλτιστη αναπαραγωγική ικανότητα. Από τα παραπάνω αναφερθέντα η ενεργειακή ισορροπία είναι ίσως ο πιο σημαντικός διατροφικός παράγοντας που σχετίζεται με την κακή λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος στα ζώα (Puls, 1994, Randal, 1990). Στα μηρυκαστικά με βάση τη χρήση της διαθέσιμης ενέργειας από το μεταβολισμό η κατάταξη της φυσιολογικής τους κατάστασης έχει ως εξής (Short και Adams, 1988): 1) βασικός μεταβολισμός, 2) δραστηριότητα, 3) ανάπτυξη, 4) αποθέματα ενέργειας, 5) εγκυμοσύνη, 6) γαλουχία, 7) επιπρόσθετα αποθέματα ενέργειας, 8) οιστρικοί κύκλοι και έναρξη της εγκυμοσύνης, και 9) πλεονάζοντα αποθεματικά ενέργειας (Ryan και συν., 1992). Με βάση την παραπάνω κατάταξη για την ενέργεια, η αναπαραγωγική λειτουργία βρίσκεται σε κίνδυνο, επειδή η διαθέσιμη ενέργεια κατευθύνεται προς τη συμπλήρωση των ελάχιστων ενεργειακών αποθεμάτων και την παραγωγή γάλακτος.

Ο περιορισμός της πρόσληψης ενέργειας στα τελευταία στάδια της εγκυμοσύνης επιμηκύνει την άνοιστη περίοδο μετά τον τοκετό (Bellows και συν., 1992). Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των ποσοστών σύλληψης. Η επίδραση που έχει η μη επαρκής πρόσληψη ενέργειας στα τελευταία στάδια της εγκυμοσύνης, δεν είναι δυνατόν να ξεπεραστεί με την αύξηση της πρόσληψης ενέργειας κατά την επιλόχεια περίοδο (Scramuzza και Matin, 2006). Η επίδραση της βραχυπρόθεσμης αύξησης της πρόσληψης ενέργειας («flushing») στον αριθμό των αγελάδων που θα εκδηλώσουν συμπτώματα οίστρου ή στο ποσοστό των αγελάδων που θα εγκυμονούν μπορεί να εξαρτάται από την προηγούμενη διατροφική κατάσταση της αγελάδας. Η μείωση των ενεργειακών αναγκών (48 ώρες) με την βραχυπρόθεσμη απομάκρυνση του μοσχαραίου σε συνδυασμό με «flushing» μπορεί να μειώσει τις ημέρες της εκδήλωσης του οίστρου και να βελτιώσει τα ποσοστά σύλληψης (NRC, 2001).

Η υπερβολική πρόσληψη ενέργειας στα τελευταία στάδια της γαλουχίας και κατά τη ξηρά περίοδο οδηγεί σε υπέρβαρα ζώα με αποτέλεσμα τη μείωση της αναπαραγωγικής ικανότητας στην επόμενη γαλουχία. Όταν οι μοσχίδες τρέφονται με ανεπαρκείς ποσότητες ενέργειας, φθάνουν στη σεξουαλική ωριμότητα αργότερα (Hetzl, 1990, Kreplin, 2009).

Σιτηρέσια με ανεπαρκή ενέργεια όταν χορηγήθηκαν σε μοσχίδες που εκδηλώνανε φυσιολογικούς οιστρικούς κύκλους, μπορεί αυτές να σταματήσουν να εκδηλώνουν συμπτώματα οίστρου. Ένα παράδειγμα είναι οι μοσχίδες στις οποίες χορηγούνταν σιτηρέσια που περιείχαν κακής ποιότητας σανό μηδικής. Τα ζώα αυτά συχνά δεν θα εκδηλώσουν συμπτώματα οίστρου στα τέλη του χειμώνα. Εάν όμως τους χορηγηθούν συμπυκνωμένες τροφές ή βόσκουν σε ένα καλό λειμώνα, η φυσιολογική δραστηριότητα του οιστρικού κύκλου θα συνεχιστεί, καθώς αρχίζουν να καταναλώνουν επαρκείς ποσότητες ενέργειας (Schweigert και Zucker, 1988). Προσοχή θα πρέπει να δίνεται στη χορήγηση υπερβολικών ποσοτήτων θρεπτικών ουσιών πριν ή μετά τον τοκετό. Αυτό δεν είναι μόνο δαπανηρό, αλλά ζώα με υπερβολικό δείκτη θρεπτικής κατάστασης ($\Delta\Theta\text{K} > 7$) έχουν χαμηλότερη αναπαραγωγική ικανότητα στον τοκετό από ό, τι τα ζώα που έχουν μέτριο δείκτη θρεπτικής κατάστασης ($\Delta\Theta\text{K} 5-6$) (Elrod και Butler, 1993). Η υπερβολική πρόσληψη ενέργειας στα τελευταία στάδια της γαλουχίας και των ξηρών περιόδων μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα "υπέρβαρων αγελάδων". Αγελάδες που είναι υπέρβαρες όταν γεννούν έχουν αυξημένες πιθανότητες να εμφανίσουν πιο συχνά κατακράτηση πλακούντα, λοιμώξεις της μήτρας και κύστες στις ωοθήκες. Επίσης, παρουσιάζουν αυξημένες πιθανότητες να εμφανίσουν μεταβολικά νοσήματα. Όλα αυτά τα προβλήματα μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα τη μειωμένη αναπαραγωγική ικανότητα (Elrod και Butler, 1993).



- Μειωμένη διάρκεια του οίστρου (αποδοχή επίβασης)
- Αύξηση διπλού ποσοστού ωοθυλακιορρηξίας (Αύξηση πολυδυμίας)
- Μειωμένο ποσοστό σύλληψης
- Αύξηση πρώιμων εμβρυϊκών θανάτων

Σχήμα 1: Σχηματική παρουσίαση των δυνατοτήτων που έχει μια φυσιολογική πορεία η οποία μπορεί να προκαλέσει τις μεταβολές που παρατηρούνται στις αρμεγόμενες αγελάδες υψηλής γαλακτοπαραγωγής (Thomas και συν., 1997).

1.2. Πρωτεΐνη

Η επίδραση των πρωτεϊνών στην αναπαραγωγή είναι πολύπλοκη (Surai, 1999). Η ανεπαρκής πρόσληψη πρωτεΐνης για μεγάλο διάστημα έχει αναφερθεί ότι μειώνει την αναπαραγωγική ικανότητα. Επίσης, έχει βρεθεί ότι η χορήγηση πρωτεϊνών σε ποσότητες που υπερβαίνουν κατά πολύ τις ανάγκες της αγελάδας μπορεί να επηρεάσει την αναπαραγωγική τους ικανότητα. Η αυξημένη χορήγηση είτε πρωτεΐνης ή ουρίας, έχει συσχετιστεί με τη μείωση των ποσοστών σύλληψης σε γαλακτοπαραγωγικές και κρεοπαραγωγικές αγελάδες (Blanchard και συν., 1990,. Smith και Chase, 2010). Η έκθεση των ζώων σε υψηλά επίπεδα αμμωνίας ή ουρίας μπορεί να επηρεάσει την ωρίμανση των ωαρίων και τη γονιμοποίηση ή την ωρίμανση των αναπτυσσόμενων εμβρύων. Ωστόσο, η χορήγηση επαρκούς ενέργειας για την απέκκριση της περίσσειας αμμωνίας ή ουρίας μπορεί να αποτρέψει τη μείωση στη γονιμότητα σε αγελάδες που βρίσκονται στη ξηρά περίοδο ή σε μοσχίδες (Funston, 2014). Η χορήγηση υπερβολικής ποσότητας κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου και στα πρώτα στάδια της εγκυμοσύνης, ειδικά αν η μεγάλη κοιλία λαμβάνει ανεπαρκή ποσότητα ενέργειας μπορεί να σχετίζεται με τη μείωση της γονιμότητας (Dunn και Moss, 1992). Αυτή η μείωση της γονιμότητας μπορεί να είναι αποτέλεσμα της μείωσης του pH της μήτρας κατά τη διάρκεια της ωχρινικής φάσης του οιστρικού κύκλου στα βοοειδή τα οποία τρέφονται με υψηλά επίπεδα αποδομημένης πρωτεΐνης.

Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στο Πανεπιστήμιο του Oregon των ΗΠΑ και στο Ισραήλ αναφέρουν ότι σε αγελάδες που διατρέφονταν με περίσσεια πρωτεΐνης (πάνω από 10-15% του απαιτούμενου) παρατηρήθηκε αύξηση του αριθμού των σπερματεγχύσεων και καθώς και του διαστήματος μεταξύ των τοκετών. Παρακάτω αναφέρονται μερικά από τα αποτελέσματα μέσω των οποίων γίνεται μια προσπάθεια να δοθεί εξήγηση για τα πενιχρά αποτελέσματα που παρατηρούνται στην αναπαραγωγή λόγω της χορήγησης υπερβολικών επιπέδων της πρωτεΐνης στη διατροφή του ζώου:

- μπορεί να προκύψουν υψηλά επίπεδα ουρίας στο αίμα, τα οποία έχουν τοξική επίδραση στο σπέρμα, τα ωάρια και το αναπτυσσόμενο έμβρυο.
- μπορεί να παρατηρηθεί μεταβολή της ισορροπίας των ορμονών (τα επίπεδα της προγεστερόνης μειώνονται όταν το αίμα περιέχει υψηλά επίπεδα ουρίας).
- Η χορήγηση υψηλών επιπέδων πρωτεΐνης στα πρώτα στάδια του θηλασμού των αγελάδων μπορεί να επιδεινώσει το αρνητικό ισοζύγιο ενέργειας με αποτέλεσμα τη καθυστέρηση της φυσιολογικής λειτουργίας των ωοθηκών (Surai, 1999).

1.3. Λίπη

Τα λιπαρά οξέα και η χοληστερόλη είναι ουσίες που λαμβάνουν χώρα στη σύνθεση των ορμονών. Επομένως, η αύξηση του λίπους στη διατροφή μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα της προγεστερόνης ή των προσταγλανδινών ή μπορεί να δράσει άμεσα στον άξονα. Ως εκ τούτου, η επίδραση του λίπους μπορεί να είναι ανεξάρτητη ή επιπρόσθετη σε εκείνη της αυξημένης ενέργειας. Στη διατροφή των αγελάδων συνήθως η ποσότητα των λιπαρών που λαμβάνονται είναι λιγότερο από 2 ή 3%. Αρχικά οι προσπάθειες που έγιναν για να βελτιωθεί η αναπαραγωγική ικανότητα περιελάμβαναν τη συμπληρωματική προσθήκη λίπους με σκοπό την αύξηση της ενέργειας στη διατροφή. Τα υψηλής περιεκτικότητας σιτηρέσια των αγελάδων περιέχουν λιπαρά 5% έως 8%. Η αύξηση όμως των επιπέδων λίπους καταλήγει στην παρεμπόδιση της λειτουργίας της μεγάλης κοιλίας. Τα κύρια ζώα στα οποία προστίθενται στο σιτηρέσιο συμπληρωματικά τα λίπη είναι οι γαλακτοπαραγωγές αγελάδες, λόγω των αυξημένων ενεργειακών αναγκών τους, και το πρόβλημα με αυτά τα ζώα είναι η δυσκολία που παρατηρείται για να εισέλθουν ξανά στην αναπαραγωγή. Η χορήγηση σιτηρεσίου πλούσιου σε λίπη σε μοσχίδες που παρουσιάζουν συμπτώματα οίστρου και σε αγελάδες μετά τον τοκετό, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης της προγεστερόνης και της διάρκειας ζωής του ωχρού σωματίου (Smith και Chase, 2010). Τα υψηλά επίπεδα προγεστερόνης κατά την ωχρινική φάση οδηγούν στη βελτίωση της γονιμότητας. Η αύξηση του λίπους στη διατροφή οδηγεί σε αύξηση της ανάπτυξης των ωοθυλακίων. Η χορήγηση σε αγελάδες και μοσχίδες σιτηρεσίου υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά είχε ως αποτέλεσμα την παρουσία μεγαλύτερου αριθμού ωοθυλακίων μικρού ή μετρίου μεγέθους (Kreplin και Yaremicio, 2009, Randal, 1990). Επιπρόσθετα, αυτή η αύξηση στον αριθμό των ωοθυλακίων που θα αναπτυχθούν συχνά συνοδεύεται από αύξηση της συγκέντρωσης των οιστρογόνων ή / και της προγεστερόνης. Αυτές οι μεταβολές στην

ανάπτυξη των ωοθυλακίων και στην παραγωγή των ορμονών μπορεί να ενισχύσει την αναπαραγωγική ικανότητα (Hemler και Lands, 1988, Wattiaux, 1990).

1.4. Ιχνοστοιχεία

Για όλες τις φυσιολογικές διεργασίες στα ζώα συμπεριλαμβανομένης και της αναπαραγωγής σημαντικό ρόλο παίζουν τα ιχνοστοιχεία (Elrod και Butler, 1993). Η έλλειψη σε ιχνοστοιχεία και η μη ορθή αναλογία τους στο σιτηρέσιο αναφέρονται συχνά ως αιτίες της μη ορθής λειτουργίας του αναπαραγωγικού συστήματος. Είναι σαφές ότι πρέπει να παρέχονται επαρκείς ποσότητες ιχνοστοιχείων, αλλά λίγα είναι γνωστά σχετικά με τις επιπτώσεις των οριακών ελλείψεων και της μη ορθής αναλογίας τους. Το ίδιο ισχύει και για την υπερβολική χορήγηση των ιχνοστοιχείων που μπορεί να είναι επιβλαβής. Οι παραγωγοί θα πρέπει να αποφεύγουν την υπερβολική χορήγηση των ιχνοστοιχείων (Schweigert και Zucker, 1988).

Η ορθή αναλογία των μακρο-στοιχείων στηρίζεται στη διαφορά κατιόντων-ανιόντων (DCAD). Η διαφορά κατιόντων-ανιόντων μετρά το επίπεδο τεσσάρων μακρο-στοιχείων: νάτριο και κάλιο, τα οποία είναι τα κατιόντα και φέρουν ένα θετικό φορτίο, και του χλωρίου και θείου, τα οποία είναι ανιόντα και φέρουν ένα αρνητικό φορτίο. Η εξίσωση για τον υπολογισμό της ισορροπίας μεταξύ κατιόντων-ανιόντων είναι:

$(\text{Νάτριο} + \text{Κάλιο}) - (\text{Χλώριο} + \text{Θείο}) = \text{DCAD σε mEq} / 100\text{g σιτηρέσιο ξηράς ουσίας.}$

Έρευνες που έχουν γίνει αποδεικνύουν ότι μια αρνητική DCAD πριν από τον τοκετό βοηθά τις αγελάδες να ενταχθούν με επιτυχία στο άρμεγμα, μειώνει τη συχνότητα εμφάνισης μεταβολικών διαταραχών μετά τον τοκετό και αυξάνει τη πρώιμη παραγωγή γάλακτος (Cromwell, 1997).

1.4.1. Φώσφορος (P)

Πολλές συζητήσεις και πολλές μελέτες διεξάγονται σχετικά με την επίδραση που μπορεί να έχει ο φώσφορος στην αναπαραγωγή (Elrod, 1993). Η χορήγηση μειωμένων ποσοτήτων φωσφόρου θα οδηγήσει στη μείωση των ποσοστών σύλληψης, της πρόσληψης τροφής, της παραγωγής γάλακτος, στη μείωση της ωοθηκικής δραστηριότητας, στην εμφάνιση ακανόνιστου οιστρικού κύκλου, στην αύξηση των περιστατικών εμφάνισης ωοθηκών με κύστεις και στην καθυστέρηση εμφάνισης της γενετήσιας ορμής (Cromwell, 1977). Σε μια

μελέτη σε επίπεδο εκτροφής, παρατηρήθηκε ότι η γονιμότητα των μοσχίδων μειώθηκε (3,7 σπερματεγχύσεις ανά σύλληψη), όταν τους χορηγήθηκε μόνο το 70-80% των αναγκών τους σε φωσφόρο και τα επίπεδα φωσφόρου στον ορό αίματος ήταν μειωμένα. Η χορήγηση στο σιτηρέσιο τους της απαραίτητης ποσότητας φωσφόρου μείωσε τον αριθμό των σπερματεγχύσεων σε 1,3 ανά σύλληψη. Σε έναν άλλο πειραματισμό, η αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου από 0,4% έως 0,6% στο σιτηρέσιο δεν είχε καμία επίδραση στην εκδήλωση του πρώτου οίστρου ή στα ποσοστά ανά σύλληψη. Στις κρεοπαραγωγές ή στις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες η χορήγηση του φωσφόρου σε ποσότητες που υπερβαίνουν τις ημερήσιες ανάγκες, αφενός είναι δαπανηρή, αφετέρου μπορεί να έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον και δεν θα επηρεάσει θετικά την αναπαραγωγή (Duffy και Bingley, 1977, Lammoglia, 1997). Στις αγελάδες υψηλής γαλακτοπαραγωγής το σιτηρέσιο πρέπει να περιέχει 0,45 έως 0,50 τοις εκατό φωσφόρου επί της ξηράς ουσίας (Schweigert και Zucker, 1988).

1.4.2. Ασβέστιο (Ca)

Οι περισσότερες πειραματικές εργασίες που αφορούν το ασβέστιο για την αναπαραγωγή έχουν επικεντρωθεί στην επίδραση του ασβεστίου: σε σχέση με την αντίστοιχη αναλογία του φωσφόρου. Από έρευνες που έχουν γίνει αποδείχθηκε ότι η τροποποίηση των αναλογιών ασβεστίου/φωσφόρου δεν είχε καμία επίδραση στην αναπαραγωγή των μοσχίδων ή των αρμεγόμενων αγελάδων. Αναλογίες (Ca: P) μεταξύ 1,5: 1 και 2,5: 1 για αρμεγόμενες αγελάδες δεν οδηγούν σε προβλήματα. Σε αρμεγόμενες αγελάδες πρέπει πάντα να παρέχονται επαρκείς ποσότητες ασβεστίου για την αύξηση της παραγωγής και την ελαχιστοποίηση των προβλημάτων υγείας. Μία από τις λειτουργίες του ασβεστίου είναι να βοηθάει στη συστολή των μυών. Γίνεται σαφές ότι η μείωση των συσπάσεων των μυών θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της πρόσληψης ξηράς ουσίας (DMI) στον προστόμαχο ή στη μείωση της λειτουργίας του, με αποτέλεσμα την εμφάνιση αρνητικού ενεργειακού ισοζυγίου (NEB). Αυτό έχει ως συνέπεια, την αύξηση στην κινητοποίηση του λίπους που μπορεί να οδηγήσει στη λιπώδη εκφύλιση του ήπατος και τελικά σε κέτωση. Η περίσσεια ποσότητα κετονικών σωμάτων μπορεί να προκαλέσει καταστολή της όρεξης (Boland και συν., 2001). Έχει παρατηρηθεί ότι συγκέντρωση 5 mg ασβεστίου/ml πλάσματος αίματος προκαλεί κατά 70% μείωση της κινητικότητας του ηνύστρου και κατά 50% τη δύναμη των συσπάσεων (Dairy Cattle Reproduction Council, 2010). Επίσης, οι μειωμένες συγκεντρώσεις ασβεστίου εμποδίζουν την παραγωγή ινσουλίνης, επιδεινώνοντας περαιτέρω την κατάσταση αυτή (

Goff, 1999). Τελικά, η παραγωγή του γάλακτος θα μειωθεί και θα επηρεασθεί η γονιμότητα. Ακόμη, ο μυϊκός τόνος της μήτρας θα επηρεαστεί αρνητικά και στις αγελάδες θα παρουσιαστεί παρατεταμένος τοκετός και κατακράτηση πλακούντα. Τέλος μπορεί να προκληθεί εκστροφή της μήτρας προκαλώντας προβλήματα γονιμότητας. Σε αγελάδες υψηλής γαλακτοπαραγωγής πρέπει να παρέχεται σιτηρέσιο που περιέχει 0,75 έως 0,80 τοις εκατό ασβεστίου επί της ξηράς ουσίας. Όταν στο σιτηρέσιο χορηγείται συμπληρωματικά λίπος θα πρέπει να αυξάνουμε το ασβέστιο από 0,9 έως 1,0 τοις εκατό και το μαγνήσιο από 0,25 έως 0,30 τοις εκατό (Schweigert και Zucker, 1988).

1.4.3. Σελήνιο (Se)

Το σελήνιο παίζει σημαντικό ρόλο στη σπερματογένεση. Χρησιμεύει ως ισχυρό αντιοξειδωτικό και προστατεύει τα κύτταρα από την οξειδωτική καταπόνηση (oxidative stress). Επίσης, εμπλέκεται στην κινητικότητα των σπερματοζωαρίων (Hemler, 1980), στη συμπύκνωση της χρωματίνης και στο σχηματισμό της κεφαλής των σπερματοζωαρίων. Τόσο η έλλειψη όσο και η υπερβολική χορήγηση σεληνίου έχει αποδειχθεί ότι είναι επιβλαβής στη σπερματογένεση (Wiltbank και Weigel, 2007).

Η χορήγηση σιτηρεσίου οριακά ελλειπούς σε σελήνιο σε έγκυα ζώα είχε ως αποτέλεσμα την αποβολή, ή τη γέννηση αδύναμων μοσχαριών και μη ικανά να σταθούν στα πόδια τους ή να θηλάσουν. Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι η συμπληρωματική προσθήκη σεληνίου μείωσε τη συχνότητα των περιπτώσεων εμφάνισης κατακράτησης πλακούντα, κυστικών ωοθηκών, μαστίτιδας και μηρίτιδας (Patterson και συν., 2003). Επιπρόσθετα, σε βοοειδή η διατήρηση επαρκών επιπέδων σεληνίου στο αίμα οδήγησε σε μείωση της συχνότητας εμφάνισης αποβολών και θνησιγενών μοσχαριών (Miller και Tillaraugh, 1967). Η έκθεση σε σελήνιο μπορεί να συνδεθεί με την παρουσία διαταραχών της μήτρας, και την εμφάνιση σιωπηλών οίστρων. Στα αρσενικά, η χορήγηση συμπληρωματικά σεληνίου έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπέρματος (Patterson και συν., 2003). Τα συμπτώματα της χρόνιας τοξίκωσης από σελήνιο περιλαμβάνουν χωλότητα, πόνο στα πόδια, παραμορφωμένες χηλές και απώλεια του τριχώματος της ουράς. Στα έγκυα ζώα, η τοξικότητα του σεληνίου προκαλεί αποβολές, τη γέννηση αδύναμων και θνησιγενών μοσχαριών, καθώς το σελήνιο συσσωρεύεται στο έμβρυο σε βάρος της αγελάδας (Patterson και συν., 2003).

Το σιτηρέσιο θα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 0,1 ppm σελήνιο επί της ξηράς ουσίας (Miller και συν., 1988). Σε ορισμένες εκτροφές, είναι απαραίτητο να χορηγείται παρεντερικά

συμπληρωματικά σελήνιο, ώστε να διατηρηθούν τα επίπεδα του στο αίμα πάνω από τα συνιστώμενα 8-10 mg/100 ml. Σε εκτροφές, όπου τα επίπεδα σεληνίου στα ζώα είναι εξαιρετικά χαμηλά, απαιτείται συχνά να χορηγείται παρεντερικά σελήνιο στα ζώα για να επανέλθουν γρήγορα τα επίπεδα σεληνίου στο αίμα σε φυσιολογικά επίπεδα.

1.4.4. Ψευδάργυρος (Zn)

Ο ψευδάργυρος είναι ένα κοινό συστατικό σε πάνω από 200 ενζυμικά συστήματα των οποίων τη μεταβολική δράση περιλαμβάνει υδατάνθρακες, πρωτεΐνες μεταβολισμού, σύνθεση πρωτεϊνών, μεταβολισμό νουκλεϊκών οξέων, ακεραιότητα επιθηλιακού ιστού, αποκατάσταση και διαίρεση κυττάρου και μεταφορά και χρησιμοποίηση βιταμίνης Α και Ε (TB-D-8602, 1986). Επιπλέον, ο ψευδάργυρος παίζει σημαντικό ρόλο στο ανοσοποιητικό σύστημα και σε ορισμένες αναπαραγωγικές ορμόνες (Caruco και συν., 1990). Είναι γνωστό, ότι ο ψευδάργυρος είναι απαραίτητος για την ορθή σεξουαλική ωριμότητα, την αναπαραγωγική ικανότητα και πιο συγκεκριμένα την έναρξη του οίστρου. Ο ψευδάργυρος έχει έναν κρίσιμο ρόλο στην αποκατάσταση και συντήρηση της μήτρας μετά τον τοκετό, επιταχύνοντας την επιστροφή στη φυσιολογική λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος και του οίστρου (Goff, 1999). Στους ταύρους, η έλλειψη ψευδαργύρου έχει σαν αποτέλεσμα την κακή ποιότητα του σπέρματος, τη μείωση του μεγέθους των όρχεων και της γενετήσιας ορμής (Daniel, 1983). Επίσης, ο ψευδάργυρος έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει τα επίπεδα της β-καροτίνης στο πλάσμα του αίματος. Η αύξηση της β-καροτίνης στο πλάσμα του αίματος έχει άμεση συσχέτιση με τη βελτίωση των ποσοστών σύλληψης και την ανάπτυξη του εμβρύου (Staats και συν., 1988). Η μη επαρκής συμπληρωματική προσθήκη ψευδαργύρου προκαλεί ήπιες έως σοβαρές διαταραχές στις χηλές, συμπεριλαμβανομένων των αδύναμων χηλών, που είναι πιο ευαίσθητες σε ενδοδερμική και επιδερμική δερματίτιδα, και την εμφάνιση ποδοδερματίτιδας (Patterson και συν., 2003). Η ποσότητα ψευδαργύρου που συνιστάται να περιέχει το σιτηρέσιο γαλακτοπαραγωγών αγελάδων είναι μεταξύ 18 και 73ppm ανάλογα με το στάδιο του κύκλου ζωής και την πρόσληψη ξηράς ουσίας (National Research Council, 2001). Ο χαλκός, το κάδμιο, το ασβέστιο και ο σίδηρος μειώνουν την απορρόφηση του ψευδαργύρου και παρεμβαίνουν στο μεταβολισμό του ψευδαργύρου (Patterson και συν., 2003).

Πρόσφατες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε ταύρους διασταυρωμένων φυλών (n = 16) για να διερευνηθούν τα επίπεδα και η πηγή του ψευδαργύρου έδειξαν ότι η προσθήκη ψευδαργύρου αύξησε το μέσο όγκο του εκσπερματίσματος, την πυκνότητα του

εκσπερματίσματος (αριθμός σπερματοζωαρίων), το ποσοστό των ζωντανών σπερματοζωαρίων και το ποσοστό της κινητικότητάς τους. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι τα επίπεδα του ψευδαργύρου στο σπερματικό πλάσμα ήταν μειωμένα στα μη γόνιμα άτομα σε σύγκριση με τα γόνιμα. Επιπλέον, η προσθήκη ψευδαργύρου στη διατροφή παρατηρήθηκε ότι προκαλούσε στα αρσενικά μείωση της ασθενοζωοσπερμίας μειώνοντας την οξειδωτική καταπόνηση (oxidative stress), τον κατακερματισμό του DNA και την απόπτωση.

1.4.5. Χαλκός (Cu)

Ο χαλκός είναι ένα απαραίτητο συστατικό για αρκετά ένζυμα που περιλαμβάνουν την υπεροξειδική δισμουτάση, τη λυσολική οξειδάση και την θειολική οξειδάση (Cousins και Hempte, 1990). Κύρια λειτουργία αυτών των ενζύμων είναι η εξάλειψη των ελεύθερων ριζών που αυξάνουν την ευαισθησία των ιστών στις βακτηριακές λοιμώξεις, η αύξηση της δομικής αντοχής και της ελαστικότητας των συνδετικών ιστών και των αιμοφόρων αγγείων (Cousins και Hempte, 1990, Nix και συν., 1981). Η μείωση των ποσοστών σύλληψης ακόμη και αν ο οίστρος είναι φυσιολογικός είναι ένα από τα αναπαραγωγικά προβλήματα που σχετίζονται με την έλλειψη χαλκού. Τα συμπτώματα της έλλειψης χαλκού περιλαμβάνουν τους πρώιμους εμβρυϊκούς θανάτους, την απορρόφηση του εμβρύου, την αύξηση των περιπτώσεων κατακράτησης πλακούντα και τη νέκρωση του πλακούντα (Patterson και συν., 1980). Επίσης, περιλαμβάνουν και τους σιωπηλούς οίστρους. Σε γαλακτοπαραγωγές αγελάδες με υψηλά επίπεδα χαλκού στο πλάσμα του αίματος παρατηρήθηκε ότι χρειάστηκαν λιγότερες σπερματεγχύσεις για να συλλάβουν και παρέμειναν μη έγκυες για μικρό χρονικό διάστημα (Jousan και συν., 2002).

1.4.6. Μαγγάνιο (Mn)

Το μαγγάνιο ενεργοποιεί τα ένζυμα που λαμβάνουν μέρος στο μεταβολισμό των υδατανθράκων, των λιπών, των πρωτεϊνών και των νουκλεϊκών οξέων (Patterson κι συν., 2003). Ο ρόλος του μαγγανίου στην αναπαραγωγή είναι ζωτικής σημασίας. Είναι απαραίτητο για τη σύνθεση της χοληστερόλης (Kappel και Zidenberg, 1999), η οποία με τη σειρά της είναι απαραίτητη για τη σύνθεση των στεροειδών, των οιστρογόνων, της προγεστερόνης και της τεστοστερόνης. Ανεπαρκής παραγωγή στεροειδών καταλήγει στη μείωση της συγκέντρωσης αυτών των ορμονών, με αποτέλεσμα την εμφάνιση

σπερματοζωαρίων με μορφολογικές ανωμαλίες στα αρσενικά και την εκδήλωση ακανόνιστων οιστρικών κύκλων στα θηλυκά. Το ωχρό σωματίο έχει υψηλή συγκέντρωση μαγγανίου και μπορεί να επηρεαστεί από τα επίπεδα μαγγανίου που ροστίθενται στο στη διατροφή. Επίσης, η συγκέντρωση μαγγανίου στον κόλπο είναι υψηλότερη στα μηρυκαστικά που παρουσιάζουν οιστρικούς κύκλους από ότι σε εκείνα που βρίσκονται σε άνοιστρη περίοδο. Η έλλειψη μαγγανίου μπορεί να συσχετισθεί με την αναστολή της εκδήλωσης συμπτωμάτων οίστρου, και με τη μείωση των ποσοστών σύλληψης (Patterson και συν., 2003).

1.4.7. Κοβάλτιο (Co)

Το κοβάλτιο είναι απαραίτητο για τη σωστή σύνθεση της βιταμίνης B₁₂. Διατηρώντας επαρκή τα επίπεδα της βιταμίνης B₁₂ επωφελείται τόσο η αγελάδα όσο και το μοσχάρι. Όταν υπάρχει στο σιτηρέσιο στα φυσιολογικά επίπεδα αυτό σημαίνει επαρκείς ποσότητες της βιταμίνης B₁₂ θα διαπεράσουν τον πλακούντα και θα είναι παρούσα στο πρωτόγαλα (Miller και Tillaraugh, 1967). Το γάλα και ειδικότερα το πρωτόγαλα, περιέχουν υψηλά επίπεδα της βιταμίνης B₁₂, η οποία είναι απαραίτητη για τη μετατροπή του προπιονικού οξέος σε γλυκόζη και για το μεταβολισμό του φολικού οξέος. Η μείωση της ποσότητας του κοβαλτίου και της βιταμίνης B₁₂ κατά τον τοκετό προκαλεί μείωση στην παραγωγή γάλακτος και στην παραγωγή και ποιότητα του πρωτογάλατος (Patterson και συν., 2003). Η έλλειψη κοβαλτίου έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της γονιμότητας και την αντίστοιχη κατάσταση του νεογέννητου. Τα ανεπαρκή επίπεδα κοβαλτίου στη διατροφή έχουν συσχετιστεί με την αύξηση της πρώιμης γέννησης θνησιγενών μοσχαριών. Η ανεπάρκεια κοβαλτίου τελικά οδηγεί στην έλλειψη βιταμίνης B₁₂. Το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, το ιώδιο και η μονενσίνη μπορούν να μειώσουν την έλλειψη κοβαλτίου (Patterson και συν., 2003). Η ποσότητα κοβαλτίου που πρέπει να περιέχει το σιτηρέσιο των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων είναι 0,11ppm (Miller και συν., 1988).

1.4.8. *Ιώδιο (I)*

Το ιώδιο απαιτείται για τη σύνθεση της θυροξίνης, η οποία ρυθμίζει το δείκτη μεταβολισμού (National Research Council. 2001). Η αναπαραγωγή επηρεάζεται μέσω της δράσης του ιωδίου στο θυρεοειδή αδέν. Η έλλειψη ιωδίου έχει αρνητική επίδραση στην αναπαραγωγή και συνιστάται η προσθήκη ιωδίου όταν είναι απαραίτητο για να εξασφαλίσουμε ότι οι αγελάδες καταναλώνουν 15-20 mg ιωδίου κάθε μέρα. Η πρόσληψη περισσειών ποσοτήτων ιωδίου έχει συσχετισθεί με διάφορα προβλήματα υγείας συμπεριλαμβανομένων των αποβολών και της μειωμένης αντίστασης στις λοιμώξεις και τις ασθένειες. Η υποκλινική έλλειψη ιωδίου στα θηλυκά περιλαμβάνει μη εκδήλωση συμπτωμάτων του οίστρου, αποβολές, γέννηση θνησιγενών μοσχαριών, αύξηση των περιπτώσεων κατακράτησης του πλακούντα και επιμήκυνση της περιόδου της εγκυμοσύνης (Hess και συν., 2008). Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό της έλλειψης ιωδίου είναι η διόγκωση του θυρεοειδούς αδέν, που συχνά αποκαλείται ως βρογχοκήλη (Hess και συν., 2008).

1.4.9. *Κάλιο (K)*

Τα υψηλά επίπεδα καλίου στη διατροφή μπορεί να καθυστερήσουν την εμφάνιση της ήβης, να καθυστερήσουν την ωοθυλακιορρηξία, να επιδράσουν αρνητικά στην ανάπτυξη του ωχρού σωματίου και να αυξήσουν τις περιπτώσεις μοσχίδων που παρουσιάζουν άνοιτρο. Αγελάδες στις οποίες χορηγήθηκαν υψηλά επίπεδα καλίου ή χορηγούνταν σιτηρέσια στα οποία η αναλογία καλίου-νατρίου ήταν ευρεία παρουσίασαν χαμηλά ποσοστά σύλληψης (Smith και Chase, 2010).

1.4.10. *Αλάτι (Νάτριο και Χλώριο)*

Η έλλειψη σε αλάτι είναι δυνατόν να επηρεάσει την αποτελεσματικότητα της πέψης και έμμεσα την αναπαραγωγική ικανότητα των αγελάδων (Keen και Zidenberg, 1990).

1.5. Οι βιταμίνες

Η απαίτηση σε βιταμίνη των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων καλύπτεται από ένα συνδυασμό της μεγάλης κοιλίας και της σύνθεσης στους ιστούς, από φυσικές τροφές και συμπληρώματα ζωοτροφών (Schweigert και Zucker, 1988,. Elrod και Butler, 1993). Τα περισσότερα εμπορικά συμπυκνώματα περιέχουν συμπληρωματικές βιταμίνες έτσι η πιθανότητα της αγονιμότητας λόγω της ανεπάρκειας της βιταμίνης μειώνεται σημαντικά. Όταν τα συμπυκνώματα του εμπορίου δεν χορηγούνται, θα πρέπει να παρέχονται συμπληρώματα βιταμινών. Η σωστή ισορροπία σε βιταμίνες και ανόργανων συστατικών θα πρέπει να τηρείται στο σιτηρέσιο των αγελάδων που βρίσκονται στη ξηρά περίοδο, περίοδο κατά την οποία η πρόσληψη τροφής είναι περιορισμένη και χορηγούνται χονδροειδείς τροφές χαμηλής ποιότητας ώστε να ελέγξουμε ή να μειώσουμε τη θρεπτική κατάσταση. Για να εξασφαλιστεί η επαρκής πρόσληψη, οι βιταμίνες και τα ιχνοστοιχεία θα πρέπει να χορηγούνται σε μικρές ποσότητες στα συμπυκνώματα χαμηλής ενέργειας ή να αναμιγνύονται σε ένα πλήρες σιτηρέσιο αγελάδων που βρίσκονται σε ξηρά περίοδο (Schweigert και Zucker, 1988).

1.5.1. Βιταμίνη Α

Η βιταμίνη Α είναι μία από τις λιποδιαλυτές βιταμίνες και είναι γνωστό ότι ρυθμίζει την ανάπτυξη, την ανάπτυξη και διαφοροποίηση των κυττάρων και τη λειτουργία των ιστών. Οι μεταβολίτες της επηρεάζουν την ανάπτυξη των ωοθυλακίων, το περιβάλλον της μήτρας και την ωρίμανση των ωαρίων (Scaramuzzi και Martin, 2008). Στις αγελάδες η έλλειψη βιταμίνης Α, προκαλεί καθυστέρηση της εμφάνισης της ήβης, αποβολή, τη γέννηση νεκρών ή ασθενών μοσχαριών και κατακράτηση του πλακούντα. Επίσης, η έλλειψη της βιταμίνης Α έχει άμεση επίδραση στη δομή και τη λειτουργία της υπόφυσης, στις γονάδες και στη μήτρα. Τα παραγωγικά ζώα, ιδιαίτερα τα μηρυκαστικά, καταναλώνουν βιταμίνη Α, κυρίως σε ανενεργό μορφή, τα καροτένια ή την προβιταμίνη Α, εκτός και αν χορηγείται συμπληρωματικά σε συμπυκνωμένες ζωοτροφές που έχουν βάση τα δημητριακά. Η προβιταμίνη Α μετατρέπεται σε ενεργό βιταμίνη Α στο λεπτό έντερο και μαζί με την προσχηματισμένη βιταμίνη Α αποθηκεύεται στο ήπαρ (O'Dell, 1990).

Η προσθήκη της στη διατροφή πριν και μετά τον τοκετό είναι δυνατόν να αυξήσει τα ποσοστά σύλληψης (Hess, 2000). Η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη για τις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες είναι 30.000-50.000 μονάδες. Στις αγελάδες που βρίσκονται στη ξηρά περίοδο και στις οποίες χορηγείται κακής ποιότητας σανός μηδικής για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς το οποιοδήποτε συμπλήρωμα συνιστάται η παρεντερική χορήγηση βιταμίνης Α. Τα β-καροτένια είναι μια ουσία που βρίσκεται σε πολλά φυτά. Η αγελάδα είναι γνωστό ότι τα μετατρέπει σε βιταμίνη Α. Είναι γνωστό ότι βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στις φρέσκες πράσινες χονδροειδείς τροφές, ενώ οι σπόροι περιέχουν σχετικά χαμηλές ποσότητες. Τα ενσίρωμα, ιδιαίτερα μηδικής, περιέχουν μέτρια επίπεδα, ενώ το ενσίρωμα του καλαμποκιού είναι μια φτωχή πηγή. Οι αποξηραμένοι σανοί μηδικής είναι εξαιρετικές πηγές καροτένιων. Παρά τα υψηλά επίπεδα κατά τη συγκομιδή, τα επίπεδα β-καροτένιων κατά την αποθήκευση υπόκεινται μείωση, με την έκταση της καταστροφής της βιταμίνης να εξαρτάται από τις συνθήκες αποθήκευσης (Schweigert και Zucker, 1988). Η έλλειψη καροτένιων σε γαλακτοπαραγωγές αγελάδες οδηγεί στα παρακάτω προβλήματα :

- Καθυστέρηση στην παλινδρόμηση της μήτρας
- Καθυστέρηση εκδήλωσης του πρώτου οίστρου μετά τον τοκετό
- Καθυστέρηση της ωοθυλακιορρηξίας
- Αυξημένη συχνότητα εμφάνισης ωοθηκών με κύστεις

1.5.2. Η βιταμίνη D

Η βιταμίνη D είναι απαραίτητη για το φυσιολογικό μεταβολισμό του ασβεστίου και του φωσφόρου. Το βαρύ βάδισμα, η δυσκολία στην αναπνοή, η αδυναμία και ενδεχομένως οι σπασμοί, τα οιδήματα στα γόνατα και στους ταρσούς είναι τα πιο κοινά συμπτώματα που παρουσιάζονται σε ζώα με έλλειψη βιταμίνης. Τα οστά μπορεί να είναι μαλακά (ραχίτιδα). Τα μοσχάρια μπορεί να γεννηθούν νεκρά, αδύναμα ή παραμορφωμένα. Οι αγελάδες δεν εκδηλώνουν συμπτώματα οίστρου. Σε εκτροφές όπου το φως του ήλιου είναι περιορισμένο ή όταν τα ζώα στεγάζονται σε εσωτερικούς χώρους, απαιτείται η συμπληρωματική χορήγηση βιταμίνης D. Αγελάδες που εκτίθενται σε φυσικό φως παράγουν τη δική τους βιταμίνη D. Στις αγελάδες τα περισσότερα εμπορικά συμπυκνώματα περιέχουν βιταμίνη D σε ποσότητες που είναι επαρκείς για να καλύψουν τις ανάγκες των 10.000 IU ανά ημέρα (Schweigert και Zucker, 1988).

1.5.3. Βιταμίνη E

Η βιταμίνη E λειτουργεί ως ένα ενδοκυτταρικό αντιοξειδωτικό ψάχνοντας για ελεύθερες ρίζες οξυγόνου και της λιπιδικής υδροϋπεροξυδάσης, και τη μετατροπή τους σε μη ενεργές μορφές, διατηρώντας έτσι την ακεραιότητα των φωσφολιπιδίων της μεμβράνης από την οξειδωτική βλάβη και την υπεροξείδωση (Sinclair και συν., 1996). Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν αποδείξεις ότι η έλλειψη της βιταμίνης E αποτελεί μια σημαντική αιτία των διαταραχών της αναπαραγωγής στις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες (Williams, 1989). Επιπλέον, οι πραγματικές ανάγκες των αρμεγόμενων αγελάδων σε βιταμίνη E δεν είναι γνωστή με βεβαιότητα. Σε έρευνες, όπου χορηγήθηκαν σε αγελάδες σιτηρέσια με μειωμένες συγκεντρώσεις σε βιταμίνη E για τέσσερις γενιές, δεν παρατηρήθηκαν μετρήσιμες επιπτώσεις στην αναπαραγωγή (Schweigert και Zucker, 1988). Στην περίπτωση έλλειψης της βιταμίνης E και του σεληνίου, αυτές οι ελεύθερες ρίζες συσσωρεύονται και όχι μόνο βλάπτουν τις κυτταρικές μεμβράνες, αλλά επίσης διαταράσσουν διάφορες διαδικασίες που συνδέονται με την σύνθεση των στεροειδών (Seagerson και Libby, 1982). τις προσταγλανδίνες (Harrison και Conrad, 1984), την κινητικότητα των σπερματοζωαρίων και την ανάπτυξη του εμβρύου (Goff, 1999).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. Επίδραση της διατροφής στη γονιμότητα των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων

2.1. Επίδραση της διατροφής στην έκκριση των Γοναδοτρόπων ορμονών

Ο κύριος θρεπτικός παράγοντας που επηρεάζει τη λειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος θεωρείται γενικά ότι είναι η ενεργειακή κατάσταση, με την παρατεταμένη χαμηλή πρόσληψη ενέργειας να επηρεάζει τη γονιμότητα. Στα πρόβατα, η ελλιπής διατροφή έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση μειωμένων ποσοστών ωοθυλακιορρηξίας γεγονός που σχετίζεται με τη μειωμένη συχνότητα των κυμάτων της ωχρινοτρόπου ορμόνης (LH), η οποία πιθανό να οφείλεται στην ανεπαρκή έκκριση της GnRH του υποθαλάμου. Στα βοοειδή, έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του αρνητικού ισοζυγίου ενέργειας στην αρχή της γαλακτοπαραγωγής και της εκδήλωσης της ωοθυλακιορρηξίας μετά τον τοκετό (Canfield, και Butler, 1990). Σε ζώα με χαμηλή διαιτητική πρόσληψη, αν και δεν παρατηρείται ωοθυλακιορρηξία παρόλα αυτά είναι δυνατόν να έχουμε ανάπτυξη των ωοθυλακίων και ατρησία. Κύμα ωοθυλακίων χωρίς ωοθυλακιορρηξία είναι συχνά εμφανής στις κρεοπαραγωγές αγελάδες μετά τον τοκετό που παρουσιάζουν κακή θρεπτική κατάσταση (Stagg και συν., 1995). Η σημασία αυτού του γεγονότος στην πράξη είναι η επιμήκυνση του διαστήματος μεταξύ τοκετού και της πρώτης ωοθυλακιορρηξίας, και συχνά μια επιμήκυνση του διαστήματος τοκετού-σύλληψης. Ο περιορισμός της πρόσληψης τροφής για μεγάλο διάστημα στα βοοειδή έχει αποδειχθεί ότι καταλήγει στην εμφάνιση άνοιστρης περιόδου (Rhodes και συν., 1995), λόγω της ανεπαρκούς κυκλοφορίας LH (Rhodes, και συν., 1996), η οποία είναι πιθανόν να καταστέλλει την ανάπτυξη των ωοθυλακίων και την ωρίμανση των ωοκυττάρων. Από την άλλη πλευρά, η προσθήκη συμπληρωματικά λίπους σε ανεπαρκή διατροφή, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης της LH (Hightshoe και συν., 1991).

Η ωοθυλακιοτρόπος ορμόνη (FSH) είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των ωοθυλακίων και την ωοθυλακιορρηξία. Ωστόσο, μέχρι σήμερα υπάρχουν λίγα στοιχεία για την επίδραση της διατροφής στις συγκεντρώσεις της FSH στο πλάσμα του αίματος. Ο βραχυπρόθεσμος περιορισμός της πρόσληψης τροφής σε μοσχίδες κατά περίπου 40% των ενεργειακών

αναγκών συντήρησης προκάλεσε αύξηση της FSH, σε σύγκριση με τον περιορισμό των ενεργειακών αναγκών συντήρησης κατά 200% (Mackey, και συν., 1997).

2.2. Επίδραση της διατροφής στις συγκεντρώσεις της προγεστερόνης.

Η προγεστερόνη παίζει σημαντικό ρόλο στην ωρίμανση των ωαρίων και στην πρόωμη ανάπτυξη του εμβρύου. Στα πρόβατα η διατροφή μπορεί να επηρεάσει τη συγκέντρωση της προγεστερόνης, με την ύπαρξη ισχυρής αρνητικής συσχέτισης μεταξύ της πρόσληψης τροφής και της συγκέντρωσης της προγεστερόνης (Mc Enoy, και συν., 1995). Αυτό πιθανόν να οφείλεται σε αύξηση του ρυθμού καταβολισμού της προγεστερόνης και της ηπατικής κυκλοφορίας λόγω της αύξησης της τροφής (Parr, και συν., 1987, Sangsritavong και συν., 2002).

Η χορήγηση σιτηρεσίου κατά βούληση σε μοσχίδες, προκάλεσε αύξηση (McCann και Hansel, 1986), μείωση (Villa-Godoy, και συν., 1990), ή δεν είχε καμία επίδραση στη συγκέντρωση της προγεστερόνης (Spitzer και συν., 1978) σε σύγκριση με την περιορισμένη χορήγηση σιτηρεσίου. Στις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες έχει αποδειχθεί ότι η ροή του αίματος του ήπατος και η μεταβολική κάθαρση της προγεστερόνης συσχετίζονται θετικά και επηρεάζονται από την αύξηση της πρόσληψης ενέργειας (Sangsritavong και συν., 2002). Η παρουσία χαμηλών επιπέδων προγεστερόνης μετά την οχεία μπορεί να μειώσει τη γονιμότητα (Larson και συν., 1997). Ωστόσο, καθώς τα στεροειδή αποθηκεύονται επιλεκτικά στο λίπος, οποιοδήποτε πρόγραμμα διατροφής που οδηγεί σε κινητοποίηση του αποθηκευμένου λίπους θα έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση της αποθηκευμένης προγεστερόνης. Αυτή μπορεί να είναι και η αιτία για μέρος της αυξημένης προγεστερόνης που παρατηρείται σε ζώα με τη πρόσληψη τροφής μειωμένων θρεπτικών αναγκών. Οι συγκεντρώσεις της προγεστερόνης και της εμβρυϊκής ιντερφερόνης-ταυ έχει αναφερθεί ότι συσχετίζονται θετικά (Mantovani και συν., 1993). Έτσι, και οι ελάχιστες μεταβολές στις συγκεντρώσεις προγεστερόνης της μητέρας κατά τη διάρκεια της αρχικής περιόδου της ανάπτυξης του εμβρύου μπορεί να μεταβάλλουν την έκκριση αυτού του αντιωχρηνολυτικού παράγοντα και μπορεί να είναι κρίσιμο για την επιβίωση του εμβρύου.

Στα βοοειδή, η χρονική στιγμή της αύξησης της προγεστερόνης μετά την ωοθυλακιορρηξία έχει μεγάλη σημασία για την ανάπτυξη του εμβρύου (Mann και συν., 1990). Αποδείχθηκε ότι η καθυστερημένη αύξηση της προγεστερόνης σχετίζεται με μικρότερα και ενδεχομένως λιγότερο βιώσιμα έμβρυα κατά την 16 ημέρα της εγκυμοσύνης. Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί ότι η επίδραση της προγεστερόνης στην ανάπτυξη του εμβρύου

ενεργεί κυρίως μέσω της επίδρασης της προγεστερόνης που εκκρίνεται από τη μήτρα (Abecia και συν., 1997).

2.3. Διατροφή και λειτουργία ωοθηκών.

Το αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο (NEB) ρυθμίζει τη δράση του άξονα υποθαλάμους-υπόφυσης-ωοθήκες. Ο υποσιτισμός έχει συνδεθεί με την ανικανότητα του υποθαλάμου να διατηρήσει την υψηλή συχνότητα έκκρισης της LH από την υπόφυση (Schillo, 1992). Πράγματι, η συχνότητα της έκκρισης της LH αποδείχθηκε ότι σχετίζεται θετικά με την ενεργειακή ισορροπία και συσχετίζεται αρνητικά με τη συγκέντρωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων (NEFA) στο αίμα (Kadokawa και συν., 2006). Ο μηχανισμός με τον οποίο το αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο μειώνει την απελευθέρωση της LH, είναι πιθανόν να περιλαμβάνει τον εφοδιασμό των νευρώνων με οξειδωτικές ουσίες και την αλλοίωση του τόνου των ορμονών του υποθαλάμου και των κυττάρων της υπόφυσης (Schneider, 2004). Η γλυκόζη είναι μια ουσία που προτιμάται για τη μεταβολιστέα ενέργεια των νευρώνων και η ανεπαρκής πρόσληψη γλυκόζης αναστέλλει την τονική έκκριση των GnRH (Schneider, 2004). Η έκθεση του υποθαλάμου και της υπόφυσης σε επιθυμητή θρεπτική κατάσταση ευνοεί την απελευθέρωση της GnRH και των γοναδοτρόπων ορμονών. Για παράδειγμα, η λεπτίνη, μια ορμόνη που είναι γνωστό ότι έχει αυξημένες συγκεντρώσεις υπό την επίδραση του θετικού ενεργειακού ισοζυγίου ενέργειας, διεγείρει την απελευθέρωση της GnRH από τον υποθάλαμο, και η λεπτίνη στο αίμα, βρέθηκε να συσχετίζεται με τον τόνο και το εύρος της έκκρισης της LH (Kadokawa και συν., 2006). Μαζί με τη μειωμένη έκκριση της LH, οι αγελάδες υπό την επίδραση του αρνητικού ενεργειακού ισοζυγίου έχουν περιορισμένη την ηπατική έκφραση του υποδοχέα GHR-1A που προκαλείται από τις μειωμένες συγκεντρώσεις της ινσουλίνης στο αίμα (Butler και συν., 2003, 2004). Το φαινόμενο αυτό αποσυνδέει τη σχέση της αυξητικής ορμόνης (GH) / με τον αυξητικό παράγοντα-1 της ινσουλίνης (IGF-1) η οποία μειώνει τη σύνθεση της IGF-1 από το ήπαρ. Η μείωση της IGF-1 στο αίμα σχετίζεται με τη μείωση της ευαισθησίας του ωοθυλακίου στην LH, με την ανάπτυξη και τη στεροειδογένεση (Lucy και συν., 1992, Butler και συν., 2004). Αντίθετα, η αύξηση της συγκέντρωσης της ινσουλίνης στο αίμα καθώς βελτιώνεται η ενεργειακή ισορροπία, φαίνεται να είναι ένας από τους κύριους παράγοντες για την αποκατάσταση της έκφρασης του υποδοχέα της αυξητικής ορμόνης (GH) στο ήπαρ και την αποθήκευση της IGF-1 στις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες (Butler και συν., 2003). Ο περιορισμός της ανάπτυξης των ωοθυλακίων και η καθυστέρηση της σύνθεσης της οιστραδιόλης οδηγεί σε

καθυστέρηση της πρόκλησης της ωοθυλακιορρηξίας μετά τον τοκετό, γεγονός που θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο την ποιότητα των ωαρίων με αποτέλεσμα να παρεμποδιστεί η ανίχνευση του οίστρου και η εγκυμοσύνη.

Η εκτενής έλλειψη σε θρεπτικά συστατικά στις αγελάδες υψηλής γαλακτοπαραγωγής οδηγεί στον εκτενή καταβολισμό των στεροειδών στις ωοθήκες. Αυτό πιστεύεται ότι προκαλείται από την αυξημένη πρόσληψη ξηράς ουσίας και την αύξηση της ροής του αίματος που ακολουθεί στα σπλάχνα (Sangsrivanong και συν., 2002). Τους πρώτους 3 μήνες μετά τον τοκετό η ηπατική ροή του αίματος διπλασιάζεται κατά μέσο όρο στα 1,147 λίτρα/ώρα κατά την εβδομάδα που προηγείται του τοκετού και στα 2.437 l/ώρα τον τρίτο μήνα μετά τον τοκετό (Reynolds και συν., 2003). Η αυξημένη κάθαρση των στεροειδών των ωοθηκών μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην βιολογία της αναπαραγωγής των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων και έμμεσα επηρεάζει την ανάπτυξη των ωοθυλακίων (Wiltbank και συν., 2006), η οποία μπορεί να έχει συνέπειες στην ποιότητα των ωαρίων και την ανάπτυξη του εμβρύου. Στις αγελάδες η έκκριση της ιστοτροφής μέσω της προγεστερόνης είναι σημαντική για τη διατροφή και την ανάπτυξη σε μέγεθος του εμβρύου (Robinson et al., 2006). Γι' αυτό η αύξηση του ρυθμού της κάθαρσης της προγεστερόνης αναμένεται να οδηγήσει σε βραδύτερη αύξηση της συγκέντρωσης της προγεστερόνης μετά την τεχνητή σπερματέγχυση, μειώνοντας την ανάπτυξη του εμβρύου η οποία έχει επιπτώσεις στην εγκυμοσύνη (Robinson και συν., 2006). Παρομοίως, στις αγελάδες με πρόσληψη αυξημένης ξηράς ουσίας, η μείωση της συγκέντρωσης της οιστραδιόλης λόγω του ηπατικού καταβολισμού, μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της έντασης των συμπτωμάτων του οίστρου (Lopez και συν., 2004). Επιπρόσθετα, ο καταβολισμός της οιστραδιόλης απαιτεί τα ωοθυλάκια να αναπτύσσονται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και να είναι σε θέση να προκαλέσουν οίστρο και ωοθυλακιορρηξία (Sartori και συν., 2004, Wiltbank και συν., 2006).

Η ταχεία βελτίωση της θρεπτικής κατάστασης συνήθως συνδέεται με το αυξημένο ποσοστό ωοθυλακιορρηξίας και με το έμβρυο. Στα ζώα με υψηλό επίπεδο διατροφής οι μεταβολές στο ρυθμό της ωοθυλακιορρηξίας σχετίζονται με την είσοδο της γλυκόζης στο κύτταρο. Τα συμπληρώματα διατροφής που περιέχουν υψηλή ενέργεια και πρωτεΐνες έχει αποδειχθεί ότι αυξάνουν τον ρυθμό της ωοθυλακιορρηξίας στις προβατίνες (Downing και συν., 1995). Το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε αύξηση του ρυθμού ωοθυλακιορρηξίας όταν χορηγήθηκε άμεσα γλυκόζη (Downing και συν., 1995). Έτσι, είναι πιθανόν ότι η βραχυπρόθεσμη ενίσχυση ενός σιτηρεσίου με ενέργεια να εμπλέκεται άμεσα στην ανάπτυξη

περισσότερων ωοθυλακίων (Gutierrez και συν., 1997). Ωστόσο αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να είναι βραχείας διάρκειας στη περίπτωση που υπάρξει μεταβολή στο σιτηρέσιο.

Ο περιορισμός του σιτηρέσιου έχει αποδειχθεί ότι μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά της ανάπτυξης των ωοθυλακίων στα βοοειδή (Murphy και συν., 1991) και στην πρόκληση πολλαπλής ωοθυλακιορρηξίας στα πρόβατα (Yaakub και συν., 1997). Στις μοσχίδες η χορήγηση σιτηρέσιου μειωμένης θρεπτικής αξίας είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του μεγέθους των κυρίαρχων ωοθυλακίων, σε σύγκριση με τα ζώα στα οποία χορηγήθηκε σιτηρέσιο υψηλής ενέργειας (Murphy και συν., 1991). Επίσης, ο οξύς περιορισμός στη διατροφή (0,4 φορές της συντήρησης) για περίπου 12 ημέρες, όχι μόνο μείωσε το ρυθμό ανάπτυξης και τη μέγιστη διάμετρο του κυρίαρχου ωοθυλακίου, αλλά οδήγησε σε αποτυχία της ωοθυλακιορρηξίας του κυρίαρχου ωοθυλακίου και ακολούθησε ωχρινόλυση από την έκκριση της προσταγλανδίνης (Mackey και συν., 1999). Η προσθήκη συμπληρωματικά λίπους στο σιτηρέσιο αύξησε τον αριθμό των ωοθυλακίων (Beam και Butler, 1997), και αύξησε το μέγεθος των ωοθυλακίων που βρίσκονταν στο στάδιο πριν προκληθεί η ωοθυλακιορρηξία (Lucy και συν., 1990). Αυτή η αύξηση του μεγέθους του ωοθυλακίου μπορεί να έχει ευεργετικά αποτελέσματα τόσο στην ποιότητα των ωαρίων (Lucy και συν., 1990), αλλά και στη λειτουργία του ωχρού σωματίου (Mattos και συν., 2000) με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται υψηλότερα ποσοστά εγκυμοσύνης, καθώς η αύξηση της συγκέντρωσης της προγεστερόνης κατά την ωχρινική φάση πριν και μετά την οχεία έχει συσχετιστεί με υψηλότερα ποσοστά σύλληψης (Butler και συν., 1996).

Σε μοσχίδες στις οποίες χορηγούνταν σιτηρέσιο χαμηλής θρεπτικής αξίας σε σύγκριση με μοσχίδες που ελάμβαναν σιτηρέσιο υψηλής θρεπτικής αξίας παρατηρήθηκε αύξηση του αριθμού των ωοθυλακίων μετά τη χορήγηση εξωγενούς FSH (Nolan και συν., 1997). Αυτή η διαφορά στην ανταπόκριση ήταν κυρίως λόγω της αύξησης του αριθμού των ωοθυλακίων και του μεγέθους τους στα 7-10 mm όταν μετρήθηκαν γύρω από το χρόνο της απότομης αύξησης της LH. Έτσι, είναι σαφές ότι η διαιτητική πρόσληψη μπορεί υπό ορισμένες συνθήκες να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά της ανάπτυξης των ωοθυλακίων.

2.4. Διατροφή και ποιότητα ωαρίων.

Κατά τη διάρκεια της γαλουχίας, το μεγαλύτερο μέρος της γλυκόζης που παράγεται από το ήπαρ χρησιμοποιείται για τη σύνθεση της λακτόζης με σκοπό την υποστήριξη της παραγωγής του γάλακτος. Μια μεταβατική αντίσταση στην ινσουλίνη στα πρώτα στάδια μετά τον τοκετό, οδηγεί στη μείωση της χρησιμοποίησης της γλυκόζης από τους

περιφερικούς ιστούς για να εξασφαλίσει τη διαθεσιμότητά της για το μαστικό αδένα. Αν και το ωοθυλάκιο είναι ικανό να ελέγχει τις διακυμάνσεις της διαθεσιμότητας της γλυκόζης, γεγονός που οδηγεί σε συγκεντρώσεις γλυκόζης στο ωοθυλακικό υγρό μεγαλύτερες από εκείνες που παρατηρούνται στο αίμα, οι συγκεντρώσεις, της γλυκόζης εντός των ωοθυλακίων, μειώνονται κατά τον τοκετό (Leroy και συν., 2004). Έχει αποδειχθεί ότι η γλυκόζη είναι απαραίτητη για την ωρίμανση των ωαρίων, διότι επηρεάζει τη διαστολή του ωοφόρου δίσκου, την ωρίμανση του πυρήνα, τη διαίρεση και την ανάπτυξη της βλαστοκύστης που ακολουθεί. Στην πραγματικότητα, οι συγκεντρώσεις της γλυκόζης που βρίσκονται σε αρμονία με εκείνες που παρατηρήθηκαν σε αγελάδες που πάσχουν από κλινική κέτωση (1,4 mM) μείωσε τη διαίρεση και το ποσοστό των εμβρυων που αναπτύχθηκαν στο στάδιο της βλαστοκύστης (Leroy και συν., 2006). Αν και το ωοκύτταρο δεν χρησιμοποιεί άμεσα τη γλυκόζη ως πηγή ενέργειας, πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμη στα κύτταρα του ωοφόρου δίσκου για τη διαδικασία της γλυκόλυσης, για παρέχει πυροσταφυλικό και γαλακτικό οξύ, τα οποία είναι οι προτιμώμενες ουσίες των ωαρίων για την παραγωγή ATP (Cetica και συν., 2002).

Το ωοθυλακικό υγρό παράγεται από το αίμα που προέρχεται από τα τριχοειδή στα κύτταρα της θήκης μέσω της οσμωτικής πίεσης (Rodgers και συν., 2010). Οι μεταβολές στην παροχή θρεπτικών ουσιών που οδηγεί είτε σε υπο- ή υπεργλυκαιμία μπορεί να επηρεάσει το μεταβολισμό των λιπιδίων και να μεταβάλλουν τη σύνθεση του ωοθυλακικού υγρού. Για παράδειγμα, οι υπεργλυκαιμικές καταστάσεις επηρεάζουν τη σύνθεση του ωοθυλακικού υγρού, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε μακροπρόθεσμες αρνητικές επιδράσεις στα ωάρια προκαλώντας μεταβολές στην ωρίμανση του πυρήνα (Jungheim και συν., 2010). Εκτεταμένη κινητοποίηση του λίπους καθώς και η απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων ακόρεστων λιπαρών οξέων στο αίμα έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει άμεσα στη γονιμότητα των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων που βρίσκονται στη περίοδο της λοχείας. Οι συγκεντρώσεις του ακόρεστων λιπαρών οξέων (NEFA) στο ωοθυλακικό υγρό παράλληλα με εκείνες του ορού του αίματος, αυξάνονται κατά τον τοκετό (Leroy και συν., 2005). Ωρίμανση ωαρίων *in vitro* με την παρουσία κορεσμένων λιπαρών οξέων οδήγησε σε μείωση της επάρκειας σε ωάρια και έθεσε σε κίνδυνο την αρχική ανάπτυξη των εμβρύων. Συγκεκριμένα, η προσθήκη παλμιτικού και στεατικού οξέος στα υποστρώματα ωρίμανσης, προκάλεσε απόπτωση και νέκρωση των κυττάρων του ωοφόρου δίσκου, διαταραχή της γονιμοποίησης, διαίρεση και την ανάπτυξη των ωαρίων στο στάδιο της βλαστοκύστης (Leroy και συν., 2005).

Στις προβατίνες παρατηρήθηκε υψηλότερο ποσοστό βιώσιμων ωαρίων που προέρχονταν από ζώα στα οποία χορηγήθηκε σιτηρέσιο χαμηλής ενέργειας σε σύγκριση με τις προβατίνες

στις οποίες είχε χορηγηθεί υψηλό ενεργειακό σιτηρέσιο (Mc Enoy και συν., 1995). Στα βοοειδή έχει αποδειχθεί ότι ο περιορισμός πρόσληψης ενέργειας πριν από τη σφαγή ενίσχυσε την *in vitro* ανάπτυξη των ωαρίων από μικρά ωοθυλάκια (McEnoy και συν., 1997). Επίσης, η διέγερση των ωοθηκών μοσχίδων με FSH και η χορήγηση σιτηρεσίου χαμηλής θρεπτικής αξίας (μόνο ενσίρωμα) ή υψηλή θρεπτικής αξίας (ενσίρωμα μαζί με 6 κιλά συμπύκνωμα) πριν από τη σφαγή τους βελτίωσε τη διαίρεση των ωαρίων αν και δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στο σχηματισμό των βλαστοκύστεων στις μοσχίδες στις οποίες χορηγούνταν σιτηρέσιο χαμηλής θρεπτικής αξίας (Yaakub και συν., 1999).

2.5. Διατροφή και ποιότητα εμβρύων.

Στα βοοειδή έχει αποδειχθεί ότι ο βραχυπρόθεσμος περιορισμός στην πρόσληψη τροφής αυξάνει τα ποσοστά σύλληψης (Dunne και συν., 1997). Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι ο αριθμός των μεταφερόμενων εμβρύων μετά από πρόκληση πολλαπλής ωοθυλακιορρηξίας μειώθηκε σημαντικά όταν οι κρεοπαραγωγές μοσχίδες είχαν κατά βούληση πρόσβαση σε συμπυκνώματα σε σύγκριση με εκείνες που είχαν περιορισμένη πρόσβαση στη διατροφή (Mantovani και συν., 1993). Έχει παρατηρηθεί ότι μοσχίδες οι οποίες είχαν περιορισμένη πρόσβαση σε σιτηρέσιο όπου το κυρίαρχο συμπλήρωμα του συμπυκνώματος ήταν με τη μορφή των εσπεριδοειδών και του πολτού τεύτλων, παρήγαγαν μεγαλύτερο αριθμό εμβρύων σε σύγκριση με εκείνες όπου το κριθάρι ήταν το κυρίαρχο συμπύκνωμα ή με εκείνες που είχαν κατά βούληση πρόσβαση στο συμπύκνωμα. Σοβαροί περιορισμοί στη διαιτητική πρόσληψη έχει αποδειχθεί ότι έχουν ευεργετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη του εμβρύου κατά την πρόκληση πολλαπλής ωοθυλακιορρηξίας των μοσχίδων και τα έμβρυα συλλέχθηκαν 7 ημέρες μετά την οχεία και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε υπόστρωμα καλλιέργειας για 24 ώρες (Nolan και συν., 1998). Επίσης, σημειώθηκε αύξηση του συνολικού αριθμού των κυττάρων ανά βλαστοκύστη.

2.6. Επίδραση της διατροφής στη γονιμότητα.

Η διατροφή στο σύνολο μπορεί να επηρεάσει τη γονιμότητα, τόσο στο επίπεδο του ωαρίου όσο και του εμβρύου. Στις αγελάδες γαλακτοπαραγωγής, η αναρρόφηση ωαρίων διαμέσου του κόλπου των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής πρώιμα κατά την επιλόχειο περίοδο και στις οποίες χορηγούνταν κατά βούληση ενσίρωμα σανού και 1 κιλό συμπύκνωμα είχε ως αποτέλεσμα αυτά τα ωάρια να έχουν καλύτερη μορφολογία, ποσοστά

διαίρεσης και την τάση προς ένα υψηλότερο ποσοστό σχηματισμού βλαστοκύστης, από εκείνες στις οποίες χορηγούνταν κατά βούληση ενσίρωμα σανού και 5 ή 10 kg συμπυκνώματος (Lozano και συν., 2000).

Έτσι, η χορήγηση σιτηρεσίου υψηλής θρεπτικής αξίας έχει αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη των εμβρύων. Η επίδραση της διατροφής ασκείται πολύ νωρίς στην ανάπτυξη, ενδεχομένως, πριν από τη γονιμοποίηση του ωαρίου όταν τα ωάρια αποκτούν την ικανότητα να αναπτυχθούν. Αυτή η αρνητική επίδραση της χορήγησης σιτηρεσίου υψηλής θρεπτικής αξίας ή του μεταβολικού φορτίου στη γονιμότητα είναι μια θεμελιώδης πρόκληση που πρέπει να αντιμετωπίζεται κυρίως στις αγελάδες υψηλής γαλακτοπαραγωγής στις οποίες η γονιμότητα βρίσκεται σε χαμηλά ποσοστά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Επίδραση της διατροφής στην επιλόχειο περίοδο και στη γονιμότητα των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων

Επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει σαφώς ότι υπάρχει ισχυρή σχέση μεταξύ των επιλόχειων νοσημάτων και της μετέπειτα αναπαραγωγικής ικανότητας των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων. Σε αγελάδες που είχαν διαγνωστεί με κλινική υπασβεστιαμία οι πιθανότητες εμφάνισης κατακράτησης του πλακούντα ήταν 3,2 φορές περισσότερες από τις αγελάδες που δεν εμφάνισαν κλινική υπασβεστιαμία (Curtis και συν., 1983). Επίσης, παρατηρήθηκε ότι η υπασβεστιαμία σχετίζεται με την εμφάνιση νοσημάτων της μήτρας σε αρμεγόμενες αγελάδες γαλακτοπαραγωγής (Whiteford και Sheldon 2005). Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι το 80% των αγελάδων με κετονουρία αναπτύσσουν μητρίτιδα (Markusfeld 1985).

Ένας σημαντικός παράγοντας για τη μήτρα είναι η κατακράτηση πλακούντα. Γενικά, στις αγελάδες με κατακράτηση πλακούντα οι πιθανότητες εμφάνισης μητρίτιδας είναι πολύ μεγαλύτερες σε σύγκριση με τις αγελάδες που δεν παρουσίασαν κατακράτηση πλακούντα. Τόσο η μητρίτιδα και όσο και η κατακράτηση πλακούντα διπλασιάζει την πιθανότητα οι αγελάδες να παρουσιάζουν φλεγμονή της μήτρας, κατά την πρώτη, μετά τον τοκετό, γονιμοποίηση (Rutigliano, 2006).

Σε μια μελέτη το 2006 σε 5 γαλακτοπαραγωγικές εκμεταλλεύσεις στο Ισραήλ παρατηρήθηκε ότι διαγνώστηκε κατακράτηση πλακούντα στο 13,1% (9,4 - 18,1%) και 9,2% (3,6 - 13,8%) των πολύτοκων και πρωτότοκων αγελάδων, αντίστοιχα (Goshen και Shpiegel, 2006). Στην ίδια μελέτη, η μητρίτιδα προσέβαλε το 18,6% (15,2 έως 23,5%) και 30% (19,4 έως 42,3%) των πολύτοκων και πρωτότοκων αγελάδων, αντίστοιχα. Τόσο η κατακράτηση πλακούντα όσο και η μητρίτιδα, μπορεί να έχει καταστροφικές επιπτώσεις στην αναπαραγωγική ικανότητα των αρμεγόμενων αγελάδων γαλακτοπαραγωγής, με μείωση των ποσοστών σύλληψης και την επιμήκυνση των χρονικών διαστημάτων μεταξύ τοκετών (Goshen και Shpiegel, 2006). Στην πραγματικότητα, όχι μόνο η κλινική μορφή μητρίτιδας επηρεάζει αρνητικά τη γονιμότητα των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων, αλλά και η υποκλινική ενδομητρίτιδα, μια νόσος που χαρακτηρίζεται από αύξηση του ποσοστού των ουδετερόφιλων στη μήτρα χωρίς την παρουσία κλινικών συμπτωμάτων φλεγμονής της

μήτρας, έχουν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στα ποσοστά σύλληψης των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων κατά την πρώτη σπερματέγχυση μετά τον τοκετό.

Υποστηρίζεται ότι η πρόσληψη τροφής και η διατροφική συμπεριφορά κατά την περίοδο του τοκετού μπορεί να μεσολαβούν στον υψηλό κίνδυνο εμφάνισης νοσημάτων της μήτρας στις γαλακτοπαραγωγικές αγελάδες (Urton και συν., 2005, Hammon και συν., 2006, Huzzey και συν., 2007). Σε αγελάδες που παρουσίασαν προβλήματα με νοσήματα της μήτρας μετά τον τοκετό, παρατηρήθηκε ότι η μέση πρόσληψη ξηράς ουσίας (DMI) ήταν μειωμένη τουλάχιστον μια εβδομάδα πριν από τον τοκετό (Hammon και συν., 2006). Ομοίως, αγελάδες που παρουσίασαν μητρίτιδα μετά τον τοκετό παρατηρήθηκε ότι είχαν ήδη καταναλώσει λιγότερη ξηρά ουσία 2 εβδομάδες πριν από τον τοκετό (Huzzey και συν., 2007). Στην ίδια μελέτη, παρατηρήθηκε ότι και οι αγελάδες που παρουσίασαν συμπτώματα ήπιας μητρίτιδας, είχαν μειωμένη τη μέση πρόσληψη ξηράς ουσίας μια εβδομάδα πριν τον τοκετό σε σύγκριση με αγελάδες των οποίων η μήτρα ήταν υγιής μήτρα. Η ίδια ερευνητική ομάδα (Urton και συν., 2005) παρατήρησε ότι αγελάδες οι οποίες εμφάνισαν μητρίτιδα δαπανούσαν σημαντικά λιγότερο χρόνο στην κατανάλωση της τροφής πριν και μετά τον τοκετό, σε σύγκριση με τις αγελάδες που δεν εμφάνισαν μητρίτιδα. Αυτά τα δεδομένα υποδεικνύουν ότι η καταστολή της πρόσληψης θρεπτικών συστατικών ή οι μεταβολές στη συμπεριφορά διατροφής πριν από τον τοκετό είναι σημαντικοί παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη μητρίτιδας μετά τον τοκετό.

Υπάρχει μία σύνδεση μεταξύ της πρόσληψης θρεπτικών συστατικών και της ανάπτυξης νοσημάτων της μήτρας η οποία μπορεί να είναι η ανοσολογική κατάσταση της αγελάδας. Σε 142 γαλακτοπαραγωγές αγελάδες που βρίσκονταν στην επιλόχειο περίοδο αξιολογήθηκε η λειτουργία των ουδετερόφιλων εκτιμώντας τη χημιοταξία και τη νέκρωση αυτών των κυττάρων και παρατηρήθηκε ότι στο 14,1% των αγελάδων εμφανίσθηκε κατακράτηση πλακούντα (Kimura και συν., 2002). Τα ουδετερόφιλα που απομονώθηκαν από το αίμα αγελάδων με κατακράτηση πλακούντα, βρέθηκε ότι είχαν μειωμένη ικανότητα να μεταναστεύουν στον πλακούντα και παρουσίαζαν μειωμένη τη δραστηριότητα της μυελοϋπεροξειδάσης, ένας δείκτης που αντιπροσωπεύει την οξειδωση και τη νέκρωση των ουδετερόφιλων. Είναι ενδιαφέρον ότι η μειωμένη λειτουργία των ουδετερόφιλων παρατηρήθηκε μεταξύ της 1^{ης} και της 2^{ης} εβδομάδας πριν από τον τοκετό, γεγονός που υποδηλώνει ότι η μειωμένη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος μπορεί να αποτελεί μέρος της αιτίας της κατακράτησης πλακούντα παρά το ίδιο το νόσημα. Στην πραγματικότητα, οι αγελάδες που ανέπτυξαν είτε κλινική μητρίτιδα ή υποκλινική ενδομητρίτιδα, εμφάνισαν μείωση της πρόσληψης της μέσης ξηράς ουσίας (DMI) και της

λειτουργίας των ουδετερόφιλων πριν από τον τοκετό (Hammon και συν., 2006). Αυτά τα δεδομένα υποδεικνύουν ότι η ανεπαρκής πρόσληψη θρεπτικών συστατικών πριν από τον τοκετό μπορεί να προδιαθέσει τις αγελάδες στη μείωση της λειτουργίας του ανοσοποιητικού συστήματος, και στη συνέχεια, να αυξήσει τον κίνδυνο εμφάνισης μητρίτιδας με αποτέλεσμα να επηρεάζεται αρνητικά η αναπαραγωγή.

Ο κίνδυνος εμφάνισης νοσημάτων της μήτρας φαίνεται να σχετίζεται με την πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει την ενεργειακή κατάσταση και την λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων. Οι στρατηγικές διαχείρισης και διατροφής με σκοπό τη βελτίωση της πρόσληψης των θρεπτικών συστατικών πριν από τον τοκετό θα πρέπει να βελτιώσουν την υγεία της μήτρας και στη συνέχεια τη γονιμότητα των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων. Πιθανόν, την ίδια ή και μεγαλύτερη σημασία από τη σύνθεση της του σιτηρεσίου να παίζει το περιβάλλον στο οποίο διαβιεί η αγελάδα που βρίσκεται στη λοχεία. Όταν ο χώρος όπου διαβιεί η αγελάδα δεν είναι άνετος και υπάρχει ανταγωνισμός για την εξεύρεση χώρου επηρεάζεται η ικανότητα της αγελάδας να καταναλώσει τα θρεπτικά συστατικά, τα οποία, κατά συνέπεια, μπορεί να την προδιαθέσουν για την εμφάνιση νοσημάτων της μήτρας (Urton και συν., 2005, Hammon και συν., 2006,. Huzzey και συν., 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. Διαχείριση της διατροφής για την αύξηση της ενέργειας

Σε ότι αφορά στη διατροφή καταβάλλονται προσπάθειες ώστε να ελαχιστοποιηθεί η έκταση και η διάρκεια του αρνητικού ενεργειακού ισοζυγίου (NEB) με σκοπό τη βελτίωση της αναπαραγωγικής ικανότητας των αγελάδων. Ο πρώτος και πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την πρόσληψη ενέργειας στις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες έχει η διαθεσιμότητα του σιτηρεσίου (Grant και Albright, 1995). Ως εκ τούτου, οι αγελάδες γαλακτοπαραγωγής θα πρέπει να έχουν συνεχή πρόσβαση σε τροφή υψηλής ποιότητας και εύγευστη ώστε να εξασφαλίζουν τη μέγιστη πρόσληψη ξηράς ουσίας (DMI). Ωστόσο, η DMI περιορίζεται στα τελευταία στάδια της εγκυμοσύνης και στις αρχές του θηλασμού, με αποτέλεσμα να απειλείται η συνολική πρόσληψη ενέργειας και η αναπαραγωγική ικανότητα. Αρκετές στρατηγικές διαχείρισης της διατροφής έχουν προταθεί για την αύξηση της πρόσληψης ενέργειας κατά τα πρώτα στάδια της γαλακτοπαραγωγής. Για να βελτιώσουμε την πρόσληψη ενέργειας στις αγελάδες χρειάζεται να χορηγούμε σιτηρέσιο με υψηλής ποιότητας ζωοτροφές, αυξάνοντας την αναλογία συμπυκνωμένων: χονδροειδών τροφών ή συμπληρωματικά να χορηγούμε λίπος.

Σε μια σειρά από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί αποδείχθηκε η σημασία της ινσουλίνης ως μέσο το οποίο μεσολαβεί για την επίδραση που έχουν οι μεταβολές στην πρόσληψη θρεπτικών ουσιών στις αναπαραγωγικές παραμέτρους στις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες. Στα πρώτα στάδια της λοχείας οι γαλακτοπαραγωγές αγελάδες με αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο παρατηρήθηκε ότι παρουσιάζουν μείωση της έκφρασης του υποδοχέα 1Α της ηπατικής αυξητικής ορμόνης (GHR-1A) η οποία πιστεύεται ότι είναι υπεύθυνη για τις μειωμένες συγκεντρώσεις της IGF-I στο πλάσμα του αίματος των αγελάδων (Radcliff και συν., 2003). Η IGF-I είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τα αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά όπως είναι η διέγερση της μίτωσης των κυττάρων, η παραγωγή των ορμονών, και η ανάπτυξη του εμβρύου. Η αύξηση της συγκέντρωσης της IGF-I πρώιμα μετά τον τοκετό παίζει σημαντικό ρόλο στην ταχεία επανεμφάνιση του οιστρικού κύκλου και της εγκατάστασης του εμβρύου στη μήτρα. Στις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες είναι ενδιαφέρον να σημειώσουμε ότι η ινσουλίνη μεσολαβεί για την έκφραση του GHR-1A, η οποία οδηγεί στην αύξηση των συγκεντρώσεων της IGF-I στο πλάσμα του αίματος (Butler και συν.,

2003,. Rhoads και συν., 2004). Στα βοοειδή, η IGF-I και η ινσουλίνη είναι σημαντικά στοιχεία για την αναπαραγωγή γι' αυτό η χορήγηση σιτηρεσίων που προάγουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ινσουλίνης θα ωφελήσουν την γονιμότητα τους. Σε γαλακτοπαραγωγές αγελάδες, η χορήγηση υψηλής αξίας ισοθερμιδικών σιτηρεσίων, τα οποία είχαν την ικανότητα να εισάγουν υψηλές συγκεντρώσεις ινσουλίνης στο πλάσμα του αίματος είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του διαστήματος εμφάνισης της πρώτης ωοθυλακιορρηξίας μετά τον τοκετό και την αύξηση του ποσοστού των αγελάδων που εμφάνισαν ωοθυλακιορρηξία στις πρώτες 50 ημέρες μετά τον τοκετό σε σύγκριση με εκείνες στις οποίες χορηγήθηκε χαμηλής αξίας ισοθερμιδικών σιτηρεσίων, τα οποία είχαν την ικανότητα να εισάγουν χαμηλές συγκεντρώσεις ινσουλίνης (Gong και συν., 2002).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. Αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο και αναπαραγωγική ικανότητα κατά την επιλόχεια περίοδο

Είναι γνωστό ότι το αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο είναι ένα αναπόφευκτο φαινόμενο στις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες κατά τη διάρκεια της επιλόχειας περιόδου. Σε γενικές γραμμές, οι γαλακτοπαραγωγές αγελάδες που βρίσκονται στην επιλόχεια περίοδο, δεν προσαρμόζονται εύκολα στην αύξηση της πρόσληψης τροφής ώστε να αντιμετωπίσουν την αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή γάλακτος, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο. Προκειμένου να διατηρήσουν την παραγωγή γάλακτος, οι γαλακτοπαραγωγές αγελάδες πρέπει να αντισταθμίσουν το έλλειμμα ενέργειας που παρουσιάζουν με την αύξηση κινητοποίησης των αποθεμάτων λίπους. Κατά τη διάρκεια της περιόδου του αρνητικού ενεργειακού ισοζυγίου, τα ζώα αυτά θα βρεθούν αντιμέτωπα με την υψηλή συγκέντρωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων. Αυτά τα λιπαρά οξέα μεταφέρονται σε διάφορα όργανα, κυρίως στο ήπαρ, όπου αυτά τα λιπαρά οξέα οξειδώνονται για να παράγουν ενέργεια. Σε περίπτωση που το ήπαρ δεν μπορεί να εκκρίνει τριακυλογλυκερόλες ως λιποπρωτεΐνη πολύ χαμηλής πυκνότητας στο αίμα, η συσσώρευση τριακυλογλυκερολών θα μπορούσε να οδηγήσει σε λιπώδες ήπαρ.

Το αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο και οι συνέπειες από αυτό, οδηγούν τις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες που βρίσκονται στην επιλόχειο περίοδο να είναι πιο επιρρεπείς σε διαταραχές του μεταβολισμού, σε λοιμώξεις και αγωνιμότητα. Οι υψηλές συγκεντρώσεις στο αίμα των ακόρεστων λιπαρών οξέων επιδρούν αρνητικά στη λειτουργία των ωοθηκών στην επιλόχειο περίοδο. Γαλακτοπαραγωγές αγελάδες στις οποίες παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις ακόρεστων λιπαρών οξέων μία εβδομάδα μετά τον τοκετό παρουσίασαν καθυστερημένη δραστηριότητα στην έναρξη λειτουργίας του ωχρού σωματίου (Jackson και συν., 2011). Αν και ο προσδιορισμός των ακόρεστων λιπαρών οξέων ως δείκτης του αρνητικού ενεργειακού ισοζυγίου δεν είναι πρακτικός, το επίπεδο του δείκτη θρεπτικής κατάστασης (BCS) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως για την εκτίμηση των επιπέδων κινητοποίησης των αποθεμάτων του λίπους. Ο δείκτης θρεπτικής κατάστασης κυμαίνεται από το 1 (πολύ λεπτό) έως 5 (πάρα πολύ λίπος). Έχει βρεθεί ότι ο δείκτης θρεπτικής κατάστασης των αγελάδων την 1^η εβδομάδα μετά τον τοκετό ήταν $3,08 \pm 0,08$, ο οποίος

ήταν χαμηλότερες από τον αναμενόμενο δείκτη θρεπτικής κατάστασης του 3,5 που παρατηρήθηκε σε αγελάδες που βρίσκονταν στη ξηρά περίοδο (Ferguson και συν., 1994). Στην επιλόχειο περίοδο παρατηρήθηκε ότι υπάρχει μια θετική συσχέτιση μεταξύ των μεταβολών του δείκτη θρεπτικής κατάστασης και των συγκεντρώσεων των ακόρεστων λιπαρών οξέων στον ορό του αίματος 2 εβδομάδες μετά τον τοκετό (Rukkwamsuk και συν., 2006).

Στην πράξη, γαλακτοπαραγωγές αγελάδες με αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο και λιπώδες ήπαρ μετά τον τοκετό, παρουσίασαν περισσότερα προβλήματα μετά τον τοκετό (Van Dijk και συν., 1989). Όπως αύξηση των περιπτώσεων αγελάδων με υπασβεστιαμία (Andrews και συν., 1991), κέτωση (Gröhn και συν., 1983, Lean και συν., 1994, Rukkwamsuk και συν., 2007) και μετατόπιση ηνύστρου (Muyllé και συν., 1990, Rukkwamsuk και συν., 2007). Έχει αποδειχθεί ότι αγελάδες με λιπώδες ήπαρ είχαν καθυστερημένη ή μειωμένη ανοσολογική αντίδραση έναντι του τετάνου (Wentink και συν., 1997). Επομένως, είναι πιθανόν το λιπώδες ήπαρ να παρεμποδίζει τον αμυντικό μηχανισμό των αγελάδων. Λαμβάνοντας υπόψη μερικά μεταβολικά νοσήματα που πιθανόν να οφείλονται στις συνέπειες του αρνητικού ενεργειακού ισοζυγίου και του λιπώδους ήπατος, μπορεί να επηρεάζουν αρνητικά την υγεία των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων που βρίσκονται στην επιλόχειο περίοδο με αποτέλεσμα αυτά τα ζώα να μην παρουσιάζουν προβλήματα με τη γονιμότητα.

Συμπεράσματα

Η αναπαραγωγή παίζει σημαντικό ρόλο στην κερδοφορία των αγελαδοτροφικών εκμεταλλεύσεων και η θρεπτική κατάσταση μαζί με τις τυχόν μεταβολές στο μεταβολισμό σχετίζονται με την επιτυχή έκβαση της αναπαραγωγής.

Αγελάδες που παρουσιάζουν προβλήματα κατά την επιλόχεια περίοδο καθυστερούν να εμφανίσουν ωοθυλακιορρηξία, παρουσιάζουν μειωμένα ποσοστά σύλληψης ανά σπερματέγχυση και αυξημένα ποσοστά πρώιμων εμβρυικών θανάτων.

Η εφαρμογή προγραμμάτων διατροφής και υγείας που μειώνουν τον κίνδυνο εμφάνισης διαταραχών του μεταβολισμού αναμένεται όχι μόνο να βελτιώσουν την υγεία της αγελάδας, αλλά και να ενισχύσουν τη γονιμότητα. Υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία τα οποία δείχνουν ότι η διαχείριση των αγελάδων κατά τη διάρκεια της περιόδου πριν τον τοκετό επηρεάζει την υγεία της μήτρας. Η ανεπαρκής πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, η ανεπαρκής εναπόθεση των απαραίτητων συστατικών στο σώμα και οι οποιεσδήποτε μεταβολές στη συμπεριφορά της διατροφής κατά τη διάρκεια της περιόδου πριν τον τοκετό και στα πρώτα στάδια της γαλακτοπαραγωγής είναι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την αναπαραγωγική ικανότητα των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων.

Η βελτίωση του ενεργειακού ισοζυγίου με την αύξηση της πρόσληψης ενέργειας μέσω της προσθήκης υδατανθράκων ή συμπληρωματικής προσθήκης λίπους στη διατροφή μειώνει τις μέρες που χρειάζονται για την εμφάνιση της πρώτης ωοθυλακιορρηξίας μετά τον τοκετό και βελτιώνει τα ποσοστά σύλληψης.

Στρατηγικές για τη μεταχείριση του περιορισμού εμφάνισης μεταβολικών διαταραχών πριν τον τοκετό περιλαμβάνουν τη κατάρτιση σιτηρεσίων για την ελαχιστοποίηση του βαθμού και της έκτασης του αρνητικού ισοζυγίου, τη βελτίωση της ομοιόστασης του ασβεστίου (Ca), και την ελαχιστοποίηση της ανοσοκαταστολής πριν και αμέσως μετά τον τοκετό.

Βιβλιογραφία

- Abecia J.A., Lozano J.M., Forcada F., & Zarazaga L. (1997). Effect of level of dietary energy and protein on embryo survival and progesterone production on day eight of pregnancy in Rasa Aragonesa ewes. *Anim Reprod Sci*, 48: 209-218.
- Andrews, A.H., Laven, R. and Maisey, I.. (1991). Treatment and control of an outbreak of fat cow syndrome in a large dairy herd. *Vet. Rec*, 129:216-219.
- Beam, S.W. & Butler, W.R. (1997). Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol Reprod*, 56:133-142.
- Bellows RA, Short RE, Richardson GV, (1982). Effects of sire, age of dam and gestation feed level on dystocia and postpartum reproduction, *J Anim Sci.*, 55:18-27.
- Blanchard T, Ferguson J, Love L, Takeda T, Henderson B, Hasler J, Chalupa W, (1990). Effect of dietary crudeprotein type on fertilization and embryo quality in dairy cattle. *Am J Vet Res*, 51:905-908.
- Boland MP, Lonergan P, Callaghan O, (2001). Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development, *Theriogenology*, 55:1323-1340.
- Butler WR. (2003). Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest Prod Sci*, 83:211-218.
- Butler ST, Pelton SH, Butler WR. (2004). Insulin increases 17 beta-estradiol production by the dominant follicle of the first postpartum follicle wave in dairy cows. *Reproduction*, 127:537-545.
- Canfield, R.W. & Butler, W.R. (1990). Energy balance and pulsatile LH secretion in early postpartum dairy cattle. *Dom Anim Endocrin*, 7 : 323-330.
- Capuco AV, Wood DL, Bright SA, Miller RH, Britman J, (1990). Regeneration of teat canal keratin in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 73:1051-1057.
- Cetica P, Pintos L, Dalvit G, Beconi M. (2002). Activity of key enzymes involved in glucose and triglyceride catabolism during bovine oocyte maturation in vitro. *Reproduction*, 124:675-681.
- Cousins RJ, Hempe JM. (1990). Zinc: Present Knowledge in Nutrition, pp 251-260.
- Cromwell GL., (1997). Handbook of copper compounds and applications. Pp 177-202.

- Curtis, C.R., H.N. Erb, C.J. Sniffen, R.D. Smith, P.A. Powers, M.C. Smith, M.W. White, R.B. Hillman, and E.J. Pearson. (1983). Association of parturient hypocalcemia with eight periparturient disorders in Holstein cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 183:559-561.
- Dairy Cattle Reproduction Council, (2010). Finding the nutritional balance for a Successful reproduction program, pp 8-10.
- Daniel RCW, (1983). Motility of the rumen and abomasums during hypocalcemia. *Can J Comp Med Vet Sci*, 47:267-280.
- Downing, J.A., Joss, J. & Scaramuzzi, R.J. (1995a). Ovulation rate and the concentrations of gonadotrophins and metabolic hormones in ewes infused with glucose during the late luteal phase of the oestrous cycle. *J Endocrin*, 146: 403-410
- Downing, J.A., Joss, J., Connell, P. & Scaramuzzi, R.J., (1995b). Ovulation rate and the concentrations of gonadotrophin and metabolic hormones in ewes fed lupin grain. *J Reprod Fert*, 103: 137-145.
- Duffy JH, Bingley JB, Cove LY, (1977). The plasma zinc concentration of nonpregnant, pregnant and parturient Hereford cattle. *Austr Vet J*, 53:519-522.
- Dunn TG, Moss GE, (1992). Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock, *J Anim Sci*, 70:1580-1593.
- Dunne, L.D., Diskin, M.G., Boland, M.P., O'Farrell, K. & Sreenan, J.M. (1997). The effect of pre- and post-insemination plane of nutrition on early embryo survival in cattle. *Proc of the British Soc Anim Sci*, p 35.
- Dunne, L.D., Diskin, M.G. & Sreenan, J.M. (2000). Embryo and foetal loss in beef heifers between day 14 of gestation and full term. *Anim Reprod Sci*, 58: 39-44
- Elrod CC, Butler WR, (1993). Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein, *J Anim Sci*, 71:694-701.
- Ferguson, J.D., Ferry, J., Ruegg, P., Byers, D., Johnson, P. and Weaver, L. 1994. Body condition of lactation cows. *Agric Pract*, 15:17-21.
- Funston R, (2007). Nutrition and Reproduction Interaction, *Proc of Applied Reprod Strategies in Beef Cattle*. Billings, Montana.
- Garcia G, Cavellaro L, Broussalis A, Ferraro G, Martino V, De Torres, J. Coussio and R. Campos (1995). Antiviral activity of *Achyrocline flaccida* Wein DC aqueous extract. *Phytother Res*, 9(4):251-254.
- De Clercq E. (2001). Molecular targets for antiviral agents. *J Pharmacol Exp Ther*; 297:1–10.

- Goff, JP, (1999). Dry cow nutrition and metabolic disease in parturient cows. *Adv in Dairy Techn*, 11:63-79.
- Gong, J.G., W.J. Lee, P.C. Garnsworthy, and R. Webb. (2002). Effect of dietary-induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. *Reproduction*, 123:419-427.
- Goshen, T., and N.Y. Shpigel. (2006). Evaluation of intrauterine antibiotic treatment of clinical metritis and retained fetal membranes in dairy cows. *Theriogenology*, 66:2210-2218.
- Goto Y, Noda Y, Narimoto K, Umaoka Y, Mori T, (1992). Oxidative stress on mouse embryonic development in vitro. *Free Rad Biol Res*, 13:47-53.
- Grant, R.J., and J.L. Albright. (1995). Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 73:2791-2803.
- Gröhn, Y., L.A. Lindberg, M.L. Bruss and T.B. Farver. (1983). Fatty infiltration of liver in spontaneously ketotic dairy cows. *J. Dairy Sci*, 66: 2320 – 2328.
- Gutierrez, C.G., Oldham, J. Brambley, T.A., Gong, J.G. Campbell, B.K. & Webb, R. (1997). The recruitment of ovarian follicles is enhanced buy increased dietary intake in heifers. *J Anim Sci*, 75(7):1876-1884.
- Hammon, D.S., I.M. Evjen, T.R. Dhiman, J.P. Goff, and J.L. Walters. (2006). Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Vet. Immun. Immunop*, 113: 21-29.
- Harrison JH, Conrad HR, (1984). Effect of selenium intake on selenium utilization by the non-lactating dairy cow. *J Dairy Sci*, 67:219-223.
- Hemler ME, Lands, WEM, (1980). Evidence of peroxide-initiated free radical mechanism of prostaglandin biosynthesis, *J Biol Chem*, 225: 6253-626.
- Hess BW, (2000). Vitamin nutrition of cattle consuming forages: Is there a need for supplementation? Cow-Calf. Management Guide and Cattle Producer's Library, 381:1-3.
- Hess BW, Moss GE, Rule DC, (2008). A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *J Anim Sci*, 86:188-204.
- Hetzel BS, Present knowledge in nutrition. In: International Life Sciences Institute Nutrition Foundation, Brown ML (Ed.), International Life Sciences Institute Nutrition Foundation, Washington, 1990, pp. 308-313.
- Hightshoe, R.B., Cochran, R.C., Corah, L.R., Kiracofe, G.H., Harmon, D.L. & Perry, R.C. (1991). Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive function in beef cows. *J Anim Sci*, 69:4097-4103.

- Huzzey, J.M., D.M. Veira, D.M. Weary, and M.A. von Keyserlingk. (2007). Prepartum behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. *J. Dairy Sci.* 90:3220-3233.
- Jackson, R.A., J.R. Wills, N.R. Kendall, M.J. Green, R.D. Murray and H. Dobson. (2011). Energy metabolites in pre-and postpartum dairy cattle as predictors of reproductive disorders. *Vet. Rec*, 168:562 doi:10.1136/vr.d1565
- Jie JL, Douglas SJ, Drago R, Bruce DR, (2004). Contemporary Drug Synthesis, John Wiley & Sons Inc Hoboken, New Jersey, , pp 397.
- Jousan FD, Utt MD, Beal WE, (2002). Effects of differences in dietary protein on the production and quality of bovine embryos collected from superovulated donors. *J. Dairy Sci.*, 85(supplement 1):99-100.
- Jungheim ES, Schoeller EL, Marquard KL, Louden ED, Schaffer JD, Moley KH. (2010). Abnormal oocytes and persistent growth abnormalities in the off spring. *Endocrinology*, 151:4039-4046.
- Kadokawa H, Blache D, Martin GB. (2006). Plasma leptin concentrations correlate with luteinizing hormone secretion in early postpartum Holstein cows. *J Dairy Sci*, 89:3020-3027.
- Kappel LC, Zidenberg S, (1999). Manganese: Present Knowledge in nutrition, In: Brown ML (Ed.), International Life Sciences Institute Nutrition Foundation, Washington,. Pp 308.
- Keen CL, Zidenberg S, (1990). Manganese: Present Knowledge of nutrition, In: Brown ML (Ed.), International Life Sciences Institute Nutrition Foundation, Washington,. pp 306.
- Kimura, K, J.P. Goff, M.E. Kehrli, Jr., and T.A. Reinhardt. (2002). Decreased neutrophil function as a cause of retained placenta in dairy cattle. *J. Dairy Sci*, 85:544-550.
- Kreplin C, Yaremcio B, (2009). Effects of Nutrition on Beef Cow Reproduction. pp 6-8 <http://www1.agric.gov.ab.ca/>.
- Kruip, T.A.M., Meijer, G.A.L., Rukkwamsuk, T., & Wensing, T. (1998). Effects of feed in the dry period on fertility of dairy cows post partum. *Reprod Dom Anim*, 33:165-168.
- Lammoglia MA, Willard ST, Hallford DM, Randel RD, (1997). Effects of dietary fat on follicular development and circulating concentrations of lipids, insulin, progesterone, estradiol-17b, 13, 14-dihydro-15-keto-prostaglandin F2a, and growth hormone in estrous cyclic Brahman cows, *J Anim Sci*, , 75:1591–1600.

- Larson, S.F., Butler, W.R. & Currie, W.B. (1997). Reduced fertility associated with low progesterone postbreeding and increased milk urea nitrogen in lactating cows. *J Dairy Sci*, 80: 1288-1295.
- Lean, I.J., M.L. Bruss, H.F. Troutt, J.C. Galland, T.B. Farver, J. Rostami, C.A. Holmberg and L.D. Weaver. (1994). Bovine ketosis and somatotrophin: risk factors for ketosis and effects of ketosis on health and production. *Res. Vet. Sci*, 57: 200 – 209.
- Leroy JLMR, Vanholder T, Delanghe JR, Opsomer G, Van Soom A, Bols PEJ, Dewulf J, de Kruif A. (2004). Metabolic changes in follicular fluid of the dominant follicle in high-yielding dairy cows early post partum. *Theriogenology*, 62:1131-1143.
- Leroy JLMR, Vanholder T, Mateusen B, Christophe A, Opsomer G, de Kruif A, Genicot G, Van Soom A. (2005). Non-esterified fatty acids in follicular fluid of dairy cows and their effect on developmental capacity of bovine oocytes in vitro. *Reproduction*, 130:485-495.
- Leroy JLMR, Vanholder T, Opsomer G, Van Soom A, de Kruif A. (2006). The in vitro development of bovine oocytes after maturation in glucose and β hydroxybutyrate concentrations associated with negative energy balance in dairy cows. *Reprod Dom Anim*, 41:119-123.
- Lopez H, Kanitz FD, Moreira VR, Satter LD, Wiltbank MC. (2004). Reproductive performance of dairy cows fed two concentrations of phosphorus, *J Dairy Sci*, 87:146-157.
- Lopez H, Satter LD, Wiltbank MC. 2004. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci*, 81:209-223.
- Lozano, J.M., Nation, D.P., Ward, F.A., & O'Callaghan, D. (2000). Effect of nutrition on oocyte developmental capacity in dairy cows. *Theriogenology*, 53: 1, 276.
- Lucy MC, Beck J, Staples CR, Head HH, De La Sota RL, Thatcher WW. (1992). Follicular dynamics, plasma metabolites, hormones and insulin-like growth factor I (IGF-I) in lactating cows with positive or negative energy balance during the preovulatory period. *Reprod Nutr Dev*, 32:331-341.
- Mattos, R., Staples, C.R. & Thatcher, W.W. (2000). Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Rev Reprod*, 5: 38-45.
- McCann, R.P., Hansel, W. (1986). Relationship between insulin and glucose metabolism and pituitary-ovarian functions in fasted heifers. *Biol Reprod*, 34:630-636.
- Mackey, D.R., Sreenan, J.M., Roche, J.F. & Diskin, M.G. (1997). The effect of acute changes in energy intake on follicle wave turnover in beef heifers. Proceeding of the Agricultural Research Forum. 21st meeting Dublin, p. 37-38.

- Mackey, D.R., Sreenan, J.M., Roche, J.F. & Diskin, M.G. (1999). Effect of acute restriction on incidence of anovulation and periovulatory estradiol and gonadotropin concentrations in beef heifers. *Biol Reprod*, 61:1601-1607.
- Macmillan, K.L., Lean, I.J. & Westwood, C.T. (1996). The effects of lactation on the fertility of dairy cows. *Austr Vet J*, 73 : 141-147.
- Mann, G.E., Lamming, G.E. & Fisher, P.A. (1998). Progesterone control of embryonic interferon tau production during early pregnancy in the cow. *J Reprod Fert*, Abtr Series 21 , Abstr 37.
- Mantovani, R., Enright, W.J., Keane, M.G., Roche, J.F. & Boland, M.P. (1993). Effect of nutrition on follicle stimulating hormone (FSH) on superovulatory response in beef heifers. *Proc 9th A.E.T.E.- Lyon*, p. 234.
- Markusfeld, O. (1985). Relationship between overfeeding, metritis and ketosis in high yielding dairy cows. *Vet Rec*, 116:489-491.
- Mc Evoy, T.G., Robinsonm J.J., Aitkenm R.P., Findlaym P.A., Palmerm R.M.& Robetson, I.S.(1995). Dietary-induced suppression of pre-ovulatory progesterone concentrations in superovulated ewes impairs the subsequent in vivo and in vitro development of their ova. *Anim Reprod Sci*, 39: 89-107.
- McEvoy, T.G., Sinclair, K.D., Staines, M.E., Robinson, J.J., Armstrong, D.G., & Webb, R. (1997). In vitro blastocyst production in relation to energy and protein intake prior to oocyte recovery. *J Reprod Fert*, Abst. Ser. 19 Abst. 132.
- Miller JK, Ramsy N, Madsen FC, (1988). The Ruminant Animal, In: Church D.C (Ed.), Prentice Hall, New Jersey, pp 342-400,
- Miller JK, Tillapaugh K, (1967). Iodide medicated salt for beef cattle. *Cornell Feed Service*, 62:11.
- Murphy, M.G., Enright, W.J., Crowe, M.A., McConnell, K., Spicer, L.J., Boland, M.P. & Roche, J.F. (1991). Effect of dietary intake on pattern of growth of dominant follicles during the oestrous cycle in beef heifers. *J Reprod Fert*, 92:333-338.
- National Research Council. Nutrients requirement of dairy cattle, 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci, Washington D.C. 2001.
- Nix KJ, Roberts S, Wiltbank JN, (1981). Using short-term calf removal and flushing to improve pregnancy rate. Beef Cattle Research in Texas. Texas Agricultural Experiment Station..
- Nolan, R., O'Callaghan, D., Duby, R.T., Lonergan, P. & Boland, M.P. (1997). Influence of short-term nutrient changes on follicle growth and embryo production following

- superovulation in beef heifers. Proc. A.E.T.E. 13th Scientific meeting, Lyon, France: 188 (Abstr).
- Nolan, R. O'Callaghan, D., Duby, RT., Lonergan, P. & Boland, MP. 1998. The influence of short-term nutrient changes on follicle growth and embryo production following superovulation in beef heifers. *Theriogenology*, 50: 1263-1274
- O'Dell BL, (1990). Present Knowledge in nutrition. In: Brown ML (Ed.), International Life Sciences Institute Nutrition Foundation, Washington, D.C.
- Parr, R.A., Davis, I.F., Fairclough, R.J. & Miles, M.A. 1987. Overfeeding during early pregnancy reduces peripheral progesterone concentration and pregnancy rate in sheep. *J Reprod Fert*, 80: 317-320.
- Patterson HH, Adams DC, Klopfenstein TJ, Clark RT, Teichert B. (2003). Supplementation to meet metabolizable protein requirements of primiparous beef heifers: II. Pregnancy and Economics. *J. Anim. Sci*, 81:503-570.
- Pradhan R, Nakagoshi N, (2003). Reproductive Disorder in Cattle due to Nutritional Status. *J Intern Devel Coop*, 14(1):45-66.
- Pryce, J.E., Nielsen, B.L., Veerkamp, R.F. & Simm, G. 1999. Genotype and feeding system effects and interactions for health and fertility traits in dairy cattle. *Livest Prod Sci*, 57: 193-201.
- Puls R, (1994). Mineral levels in Animal Health. Diagnostic Data. Sherpa International. Canada.
- Radcliff, R.P., B.L. McCormack, B.A. Crooker, and M.C. Lucy. (2003). Plasma hormones and expression of growth hormone receptor and insulin-like growth factor-I mRNA in hepatic tissue of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci*, 86:920-3926.
- Randal RD, (1990). Nutrition and postpartum rebreeding in cattle, *J. Anim. Sci*, 68:853-862.
- Reynolds CK, Aikman PC, Lupoli B, Humphries DJ, Beaver DE. (2003). Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *J Dairy Sci*, 86:1201-1217.
- Rhoads, R.P., J.W. Kim, B.J. Leury, L.H. Baumgard, N. Segoale, S.J. Frank, D.E. Bauman, and Y.R. Boisclair. (2004). Insulin increases the abundance of the growth hormone receptor in liver and adipose tissue of periparturient dairy cows. *J. Nutr*, 134:10201027.
- Rhodes, F.M., Fitzpatrick, L.A., Entwistle, K.W., & De'ath, G. (1995). Sequential changes in ovarian follicular dynamics in *Bos indicus* heifers before and after nutritional anoestrus. *J Reprod Fert*, 104: 41-49

- Rhodes, F.M., Entwistle, K.W. & Kinder, J.E. (1996). Changes in ovarian function and gonadotropin secretion preceding the onset of nutritionally induced anestrus in bos indicus heifers. *Biol Reprod*, 55:1437-1443.
- Robinson JJ, (1996). Nutrition and reproduction. *Anim Reprod Sci*, 42:25-34.
- Robinson RS, Fray MD, Wathes DC, Lamming GE, Mann GE. (2006). In vivo expression of interferon tau mRNA by the embryonic trophoblast and uterine concentrations of interferon tau protein during early pregnancy in the cow. *Mol Reprod Dev*, 73:470-474.
- Rodgers RJ, Irving-Rodgers HF. (2010). Formation of the ovarian follicular antrum and follicular fluid. *Biol Reprod*, 82:1021-1029.
- Royal, M.D., Darwash, A.O. & Lamming, G.E. (1999). Trends in the fertility in dairy cows in the United Kingdom. *Proc Annual Meeting British Soc Anim Sci*. Abst. 1.
- Rukkamsuk, T. (2010). A field study on negative energy balance in periparturient dairy cows kept in small-holder farms: Effect on milk production and reproduction. *Afr. J. Agri. Res*, 5: 3157 – 3163.
- Rutigliano, H. (2006). Effects of source of supplemental Se and method of presynchronization on health, immune responses, reproductive efficiency, uterine health, and lactation performance of high producing dairy cows. M.S. thesis, University of California, Davis.
- Ryan DP, Spoon RA, Williams GL, (1992). Ovarian follicular characteristics, embryo recovery, and embryo viability in heifers fed high-fat diets and treated with follicle stimulating hormone. *J Anim Sci*, 70:3505.
- Sangsrivong, S., Combs, D.K., Sartori, R., Armentano, L.E. & Wiltbank, M.C. (2002). High feed intake increases liver blood flow and metabolism of progesterone and estradiol-17 in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 85:2831-2842.
- Sartori R, Haughian JM, Shaver RD, Rosa GJM, Wiltbank MC. (2004). Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. *J Dairy Sci*, 87:905-920.
- Schillo KK. (1992). Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J Anim Sci*, 70:1271-1282.
- Schneider JE. (2004). Energy balance and reproduction. *Physiol Behav*, 81:289-317.
- Scaramuzzi RJ, Martin GB, (2008). The importance of interactions among nutrition, seasonality and socio sexual factors in development of hormone free methods for controlling fertility. *Reprod Dom Anim*, 43(Suppl 2): 129-136.

- Schweigert FJ, Zucker H, (1988). Concentratio of vitamin A, beta-carotene and vitamin E in individual bovine follicles of different quality. *J Reprod Fertility*, 82:575-579
- Schweigert FJ, Zucker H, (1988). Concentratio of vitamin A , beta-carotene and vitamin E in individual bovine follicles of different quality. *J Reprod Fert*, 82:575-579.
- Seagerson EC, Libby DW, (1982). Ova fertilization and sperm number per fertilized ovum for selenium and vitamin E treated Charolais cattle. *Theriogenology*, 17:333-341.
- Sinclair KD, Kuran M, Gebbie FE, Webb R, McEvoy TG. (2000). Nitrogen metabolism and fertility in cattle:Development of oocytes recovered from heifers offered diets differing in their rate of nitrogen release in the rumen, *J. Anim.Sci*, 78:2670–2680.
- Short RE, Adams DC, (1988) Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *Can J Anim Sci*, 68, 29-39.
- Smith RD, Chase LE, (2010). Nutrition and Reproduction, Dairy Integrated Reproductive Management.
- Spitzer, J.C., Niswender,G.D., Seidel, G.E. & Wiltbank, J.N. (1978). Fertilization and blood levels of progesterone and LH in beef heifers on a restricted energy diet. *J Anim Sci*, 46: 1071-1077.
- Staats DA, Lohr DP, Colby HD, (1988). Effects of tocopherol depletion on the regional differences in adrenal microsomal lipid peroxidation and steroid metabolism, *Endocrinology*, 23:975-980.
- Stagg, K., Diskin, M.G., Sreenan, J.M. & Roche, J.F. (1995). Follicular development in long-term anoestrous suckler cows fed two levels of energy post-partum. *Anim Reprod Sci*, 38: 49-61
- Stoecker BJ, (1990). Chromium: Present Knowledge in Nutrition. In: Brown ML (Ed.), International Life Sciences Institute Nutrition Foundation, Washington, D.C..
- Surai PF, (1999). Vitamin E in avain reproduction, *Poult Avain Biol Rev*, 10, pp 1-60
- Talavera E, Park CS, Williams GL, (1985). Relationships among dietary lipid intake, serum cholesterol and ovarian' function in holstein heifers. *J Anim Sci*, 60:1045.
- TB-D-8602. (1986). WSU Research: Zinc Methionine increases B-Carotene, Vitamin A levels.
- Thomas MG, Bao B, Williams GL, (1997). Dietary fats varying in their fatty acid composition differentially influence follicular growth in cows fed iso-energetic diets. *J Anim Sci*, 75:2512-2519.
- Urton, G., M.A. von Keyserlingk, and D.M. Weary. (2005). Feeding behavior identifies dairy cows at risk for metritis. *J. Dairy Sci*, 88: 2843-2849.

- Van Dijk, S., Wensing, T., Wentink, G.H. and Jorna, T. (1989). Hepatic lipidosis in dairy cows related to health and fertility. In: Proc 7th International Conference on Production Diseases in Farm Animals. New York, USA. p. 289-292.
- Villa-Godoy, A., Hughes, TL., Emery, RS. Enright, WJ., Ealy, AD. Zinn, SA. & Fogwell, RL.(1990). Energy balance and body condition influence luteal function in holstein heifers. *Dom Anim Endocrin*, 7:135-148.
- Wattiaux M, (1990). Reproduction and Nutrition-Dairy Essentials. https://kb.wisc.edu/images/group226/52745/de_11.en.pdf.
- Wentink, G.H., Rutten, V.P.M.G., van den Ingh, T.S.G.A.M., Muller, K.E. and Wensing, T. (1997). Impaired specific immunoreactivity in cows with hepatic lipidosis. *Vet Immunol Immunopathol*, 56:77-83.
- Westwood, C.T., Lean, I.J. & Garvin, J.K. (2002). Factors influencing fertility of Holstein dairy cows: a multivariate description. *J Dairy Sci*, 85:3225-3237.
- Whiteford, L.C., and I.M. Sheldon. (2005). Association between clinical hypocalcaemia and postpartum endometritis. *Vet. Rec.* 157:202-203.
- Wichtell JJ, Craigie AL, Thompson KG, William NB, (1996). Effect of selenium and A-tocopherol supplementation on postpartum reproductive function of dairy heifers at pasture, *Theriogenology*, 46:491-502
- Williams GL, (1989). Modulation of luteal activity in postpartum beef cows through changes in dietary lipid. *J Anim Sci*, 67:785-793.
- Wiltbank M, Lopez H, Sartori R, Sangsritavong S, Gümen A. (2006). Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology*, 65:17-29.
- Wiltbank MC, Weigel KA, Caraviello, DZ, , (2007). Recent studies on nutritional factors affecting reproductive efficiency in U.S. dairy herds, Western Dairy Management Conference.
- Yaakub, H., O'Callaghan, D., O'Doherty, J.V. & Boland, MP. (1997). Effect of dietary intake on follicle numbers and oocyte morphology in unsuperovulated and superovulated ewes. *Theriogenology*, 47:182.
- Yaakub, H., O'Callaghan, D. & Boland, M.P. (1999). Effect of type and quantity of concentrates on superovulation and embryo yield in beef heifers. *Theriogenology*, 51:1259-1266.