

Pengaruh Nutrisi dalam Pengelolaan Reproduksi Ternak (Studi Literatur)

Oleh: Yendraliza¹

Abstract

The Influence of Nutrition in the Animal Reproduction Management (A Literature Review)

Nutrients are needed by livestock to maintain the viability of the animal itself. Completeness of nutrients in the diet of ruminants will be able to accelerate puberty in cattle, the first postpartum estrus, maintain pregnancy, child birth weight, weaning weight and keep the child after the parent state when lactation. While the male animals, completeness nutrients in animal feed can maintain the quality of sperm produced. The food is reasonably necessary for the normal functioning endoktrin. Levels of food affect the synthesis and release of hormones from endoktrin. Growth and development of the reproductive organs of cattle is inhibited by lack of food regardless of whether because of low levels of energy, protein, minerals or vitamins. Therefore it is necessary to maintain forage nutritional completeness in this case will help the management of livestock reproduction. Reproduction disrupted livestock and poultry farms will harm the survival of the animal itself. This paper is a contribution of ideas and a review of several studies on the role of nutrition in animal reproduction.

Keywords: *nutrition, reproduction, ruminants*

Pendahuluan

Makanan merupakan faktor yang penting dalam suatu usaha peternakan. Tanpa makanan yang baik dan dalam jumlah yang memadai maka meskipun ternak tersebut merupakan bibit unggul akan kurang dapat memperlihatkan keunggulannya. Proses pencernaan makanan pada ruminansia seperti sapi, kerbau dan kambing merupakan proses yang kompleks. Sebagian besar aksi konsumsi bahan pakan sebagai suplai nutrisi untuk mikroflora rumen. Ini pada proses produksi komponen energi dan protein yang dapat dicerna dan diserap. Rumen didiami oleh banyak tipe mikro organisme. Sebagian besar pencernaan karbohidrat kompleks, termasuk selulosa, karbohidrat dasar, memproduksi volatile fatty acids (VFA) seperti asetat, propionat dan butirrat. Propionat merupakan dua substrat energi utama digunakan oleh ruminansia dan dirubah menjadi glukosa pada hati. Jumlah relatif tiap-tiap volatile fatty acids yang diproduksi merupakan bahan pakan tergantung dengan tipe pakan. Roughage mendorong produksi asetat dan pakan dasar sereal mendorong produksi propionat. Jadi tipe pakan dapat merubah ketersediaan nutrisi untuk tujuan produksi.

Pakan dan nutrisi bahan makanan tertentu selama kehidupan embrionik dan kehidupan fetus awal terhadap performansi reproduksi. Kemudian juga

merupakan pertanyaan untuk memahami mekanisme molekuler dan seluler yang terlibat saat pergantian pada suplai nutrisi menyebabkan perubahan terhadap performansi reproduksi. Hewan memerlukan protein sebagai sumber asam amino esensial dan (pada ruminansia) sebagai sumber nitrogen untuk mikroflora rumen. Kualitas protein dalam pakan adalah tergantung pada profil asam amino dan daya cernanya. Bahan pakan protein dikategorikan sebagai bahan yang dapat terdegradasi dalam rumen dan tidak dapat terdegradasi dalam rumen pada basis kemampuan mikroba untuk menghidrolisa protein dalam rumen.

Kebutuhan protein hewan tergantung pada status fisiologi dan tingkat produksi. Asam amino esensial harus disuplai dalam pakan monogastrik, namun pada ternak ruminansia mikroba rumen dapat dijadikan sumber utama asam amino. Ruminansia juga mampu mengurangi kehilangan protein dengan mendaur ulang urea, suatu produk metabolisme protein yang secara normal diekskresikan. Jadi sebagian besar urea dapat didaur ulang ke rumen saat pakan rendah nitrogen. Surplus asam amino akan di deaminasi dan nitrogen diekskresikan melalui hati dan ginjal, dan dikeluarkan dalam urin. Kelebihan ammonia adalah di konjugasi ke urea dan kemudian diekresikan. Jadi level urea tinggi adalah konsisten dengan kelebihan protein intake, mungkin dengan kekurangan energi

bersamaan, dan sepertinya berhubungan dengan level amonia tinggi dalam sirkulasi (Boland, et al., 2001).

Nutrisi bahan pakan meningkatkan programming dan ekspresi metabolik pathway yang memungkinkan hewan mencapai potensi genetiknya untuk reproduksi. Hal tersebut indikasi dari metabolit blood-borne sebagai perantara, sebagai contoh, aktivasi nutrisi dari generator pulse Gonadotrophin Releasing Hormone (GnRH). percobaan yang sangat sulit. Di lain pihak, pentingnya observasi baru sangat diperlukan dengan melihat perbedaan tingkat pemberian.

Kebutuhan Nutrisi untuk Bereproduksi

Pemberian enersi yang tidak cukup kemungkinan merupakan penyebab terbesar gangguan reproduksi pada ternak. Hal ini dibuktikan pada penelitian sapi di Nigeria Utara bahwa penambahan konsentrat kaya akan protein dan karbohidrat serta campuran mineral memperlihatkan masak kelamin dan kebuntingan lebih cepat dibandingkan sapi yang tidak mendapatkan tambah enersi. Pada sapi yang sedang bunting dapat mengalami abortus jika kekurangan energi.

Penambahan protein menyebabkan penambahan pertumbuhan pada sapi dara namun ada beberapa penelitian yang memperlihatkan bahwa sapi yang hidup dengan kadar protein rendah dan enersi rendah masih memperlihatkan ciri-ciri berahi, bunting dan melahirkan, seperti pada kerbau (Borghese et al, 2005). Defisiensi fosfor dan protein dapat mengakibatkan ternak mengalami penundaan pubertas dan tanda-tanda berahi yang tidak normal. Kadar calcium yang rendah dalam makanan dapat menyebabkan ternak lambat pubertas. Begitu juga dengan defisiensi yodium dalam makanan ternak akan menyebabkan lahirnya bayi premature pada sapi perah dan lambatnya dewasa kelamin pada sapi dara.

Pengaruh nutrisi pada saat fetus

Kekurangan nutrisi pada domba selama kehidupan fetus dan neonatal menurunkan litter size (reviewed by robinson, 1990). Komponen penting reproduksi adalah kelangsungan hidup saat lahir. Hal tersebut adalah bukti pada domba yang defisiensi cobalt sub-klinik selama awal kebuntingan, meskipun tidak berpengaruh terhadap bobot lahir domba, adalah berhubungan dengan penurunan vigour domba saat lahir dan depresi pada kekebalan pasif terhadap penyakit (Fisher and MacPherson,

1991). Saat mekanisme terlibat belum diidentifikasi, perbaikan defisiensi cobalt pada saat bunting tidak dapat memperbaiki vigour saat lahir.

Bishonga et al. (1994) menemukan bahwa ketika konsentrasi amonia plasma ditingkatkan (100 - 150 $\mu\text{mol l}^{-1}$) menyebabkan tingginya insiden kematian embrio, Selain itu juga dapat menimbulkan oversize fetus. Fenomena oversize fetus belum dibatasi meskipun pada kultur embrio secara in vitro tapi mungkin penyebab oversize fetus tersebut diduga muncul dari pengaruh nutrisi in vivo. Pemberian makanan dengan level rendah pada sapi dara, akan mengganggu pertumbuhan sapi dara dan mengalami kesulitan dalam melahirkan (Salisbury dan Vabdemark, 1985).

Pengaruh nutrisi terhadap pubertas

Pada sapi potong, penurunan tingkatan makanan umumnya memperlambat timbulnya pubertas sedangkan tingkatan makanan yang tinggi dapat mempercepat pubertas dan peningkatan berat badan (Toelihere, 1979). Wiltbank et al., 1966 menyatakan bahwa pertambahan berat badan yang lebih cepat antara waktu lahir dan waktu disapih dan antara waktu disapih dan umur 396 hari akan mempercepat timbulnya pubertas pada sapi-sapi dara. Selanjutnya Foster et al. (1988) menunjukkan bahwa infusi parenteral campuran asam amino-dextrose efektif memberikan frekuensi pulse Lutheneising Hormone (LH) tinggi dengan syarat program pemberian pakan dilakukan kontiniu pada domba selama kebuntingan.

Phillippo et al. (1987) berpendapat bahwa induksi molybdenum mengganggu sekresi LH, menunda pubertas pada sapi. Penelitian pada efek nutrisi terhadap pencapaian pubertas adalah bahwa kekurangan sebagian besar nutrisi dapat menunda pubertas. Selain itu perubahan level induksi pakan pada laju pertumbuhan juga dapat menunda pubertas. Kelambatan timbulnya pubertas karena kekurangan makanan mungkin disebabkan oleh rendahnya kadar gonadotropin yang dihasilkan oleh kelenjer adenohipofhisa, kurangnya respon ovaria atau mungkin karena kegagalan ovaria untuk menghasilkan sejumlah estrogen yang cukup (Toelihere, 1979). Defisiensi kombinasi protein dan fosfor pada anak sapi perah dara menunjukkan bahwa kombinasi tersebut dapat memperlambat dewasa kelamin dan menekan munculnya tanda-tanda berahi (Salisbury dan Vandemark, 1985).

Pada ovarium, feed intake yang rendah akan menunda pubertas yang disertai penurunan perkembangan folikel ovarium sehingga pada sapi betina feed intake yang rendah dapat membuat folikel dominan lebih kecil (Bergfeld et al. 1994). Ini terjadi meskipun cukup Gonadotrophin, seperti diduga oleh respon glandula pituitary terhadap dosis fisiologi GnRH (Landefeld et al., 1990) Metabolit blood-borne sebagai refleksi status pakan dan terlibat pada kontrol pelepasan GnRH juga merupakan subjek spekulasi. Penelitian Hall et al. (1992) menunjukkan pengaruh stimulasi infusi tyrosine abomasal terhadap frekuensi pulse LH pada pertumbuhan terbatas anak domba betina secara tak langsung bahwa mungkin asam amino ini berfungsi sebagai signal nutrisi mempengaruhi pusat syaraf mengontrol pelepasan GnRH. Metabolit blood-borne yang lain adalah insulin dan insulin-like growth factors (IGFs) namun berlawanan peran.

Pengaruh nutrisi terhadap Laju Ovulasi

Perubahan laju ovulasi secara umum terjadi saat durasi waktu dimana kelangsungan hidup folikel gonadotrophin-dependent meningkat atau ketika peningkatan pada laju folikel berlangsung tanpa ada pergantian pada durasi (Scaramuzzi et al. 1993). Pada kasus respon ovulasi terhadap nutrisi, kedua elemen mekanisme dapat beroperasi. Melalui pengaruh ini terhadap feedback hormon mengontrol sekresi gonadotrophin. Perubahan level dan durasi memulai folikel gonadotrophin-dependent terhadap FSH.

Pengaruh nutrisi terhadap sirkulasi FSH konsentrasi tetap samar, hal ini juga telah dinyatakan bahwa nutrisi 4 (glukosa, asam-asam amino) dan nutrisi yang berhubungan dengan metabolit (insulin, growth hormon, IGFs dan IGFs binding protein) yang secara tak langsung berpengaruh pada respon ovulasi terhadap nutrisi, mungkin berlangsung pada level ovarium menurunkan jumlah kebutuhan FSH untuk mendukung folikel-folikel gonadotrophin-dependent (Downing and Scaramuzzi, 1991). Mekanisme feedback hormon ovarium, oestradiol-17 β mungkin bermain peran penting sebagai perantara, kemudian disebut "nutritional effects" yang meningkatkan sekresi feses pada domba, dengan pakan baik mengarah untuk mengurangi sirkulasi konsentrasi plasma (Adam et al., 1994) dan terhubung penurunan pada oestradiol feed back yang diharapkan akan meningkatkan laju ovulasi (Payne et al., 1991).

Downing et al., (1995a) menyatakan bahwa aksi ovarium langsung dapat meningkatkan keberadaan glucosa. Berhubung keberlangsungan insulin meningkat pada plasma juga telah diteliti ketika laju ovulasi meningkat baik infusi glucosa (Downing et al., 1995b) maupun rantai cabang asam amino, leusin, isoleusin dan valin (Downing et al., 1995c) selama 5 hari pada akhir tahap luteal dari siklus oestrus. Menggunakan model ovarium auto-transplanted, Downing (1994) menunjukkan bahwa ketika infusi glukosa atau insulin sendiri, tidak mempunyai pengaruh terhadap sekresi steroid ovarium, infusi kombinasinya menurunkan sekresi baik androstenedione maupun oestradiol pada respon terhadap GnRH menstimulasi pulse LH, juga pernyataan keterlibatan perubahan feedback steroid pada respon ovulasi.

Pengaruh nutrisi terhadap interval kelahiran

Turunnya konsentrasi estradiol saat kelahiran menghilangkan feedback negatif pada aksis hypothalamic-pituitary, kemudian menstimulasi sintesa mRNA untuk gonadotrophin. Hal ini diikuti oleh peningkatan LH/FSH pada pituitary dan peningkatan aktifitas generator pulse GnRH. Peristiwa ini dapat terjadi selama periode kurang nutrisi pada ovulasi, dihalangi oleh tidak cukup sekresi GnRH. Pada sapi pedaging menyusui setelah kelahiran, Stagg et al. (1995) mendapatkan bahwa rata-rata dari melahirkan ke ovulasi pertama adalah 25 hari. Selanjutnya Stagg et al. (1995) menyatakan bahwa waktu perkembangan folikel dominan dan karakteristik pertumbuhannya tidak signifikan dipengaruhi oleh nutrisi. Panjangnya periode anoestrus diduga disebabkan oleh kekurangan nutrisi. Kekurangan nutrisi kemungkinan dapat mengulang perkembangan folikel sehingga terjadi atresia folikel-folikel dominan. Sejumlah data menunjukkan interaksi antara kondisi tubuh saat melahirkan dengan level pemberian pakan dalam kurun waktu tertentu dapat berpengaruh terhadap interval oestrus pertama setelah melahirkan. Pada sapi perah yang memiliki produksi tinggi, peningkatan defisit energi selama duapertiga minggu pertama setelah melahirkan sangat berkorelasi dengan interval pada oestrus pertama.

Protein intake rendah dapat mengurangi tingkah laku estrus atau disebut silent heat dan dapat mengurangi ketepatan konsepsi pada sapi pedaging.

Pakan DUP (digestible undegradable protein) atau pakan yang rendah energi dapat berpengaruh terhadap produksi susu. Hal ini juga dapat menyebabkan ternak mengalami defisit keseimbangan energy. Sinclair et al., (1994) menyatakan bahwa peningkatan yang signifikan pada interval estrus pertama ketika pakan DUP tinggi berlawanan dengan DUP rendah pada sapi menyusui dengan kondisi tubuh rendah saat kawin. DUP ini sangat berpengaruh terhadap siklus estrus dan estrus pertama setelah melahirkan. Efek terhadap sekresi LH belum dapat dideteksi, kondisi kurang nutrisi pertumbuhan folikel lambat pada sapi perah setelah melahirkan. Perubahan pada folikel dinamis ini diiringi oleh penurunan konsentrasi IGF-1 pada plasma dan penurunan rasio estrogen terhadap progesteron pada senyawa folikel dominan (Lucy et al., 1992). Modulasi nutrisi perkembangan folikel melibatkan baik intra maupun ekstra growth factor ovarium dipengaruhi oleh IGF-1 dan IGF binding protein (Echternkamp et al., 1994). transforming growth factor α , epidermal growth factor dan anggota lain transforming growth factor β famili.

Pengaruh nutrisi terhadap keberlangsungan hidup embrio

Vanroose et al., (2000) menyatakan bahwa kematian embrio kemungkinan dapat disebabkan oleh faktor non infeksi seperti nutrisi. Level pemberian pakan ekstrim akan mengganggu keberlangsungan hidup embrio, begitu juga dengan suplai nutrisi bahan makan khusus, seperti pemberian vitamin-vitamin, trace elemens dan protein. Defisiensi vitamin dan trace elemens dapat berpengaruh pada metabolisme. Retinoid-retinoid merupakan metabolit utama vitamin A yang berperan pada proliferasi sel, differensiasi, ekspresi growth factors, transkripsi gen dan steroidogenesis. Retinoid ini mempunyai peranan penting dalam menjaga kelangsungan hidup embrio. Asam folat dibutuhkan untuk mempertahankan embrio karena penting untuk sintesis asam nucleus. Selain itu keberadaan vitamin C dapat meningkatkan fungsi luteal. Selain itu vitamin C juga berperan dalam proses stereogenesis yang dianggap bermanfaat pada pemeliharaan awal kebuntingan pada sapi.

Perbaikan defisiensi selenium pada domba betina menurunkan kematian embrio selama implantasi. Hal ini juga meningkatkan laju fertilisasi, membantu kontraksi uterus sehingga memudahkan transportasi sperma didalam saluran reproduksi betina. Hal ini

juga dibutuhkan pada saat ternak mendapat program superovulasi. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi mekanisme yang terlibat pada pengaruh merugikan dari pakan protein tinggi terhadap fertilitas sapi perah. Elrod dan Butler (1993) menemukan bahwa intake tinggi rumen degradable protein (RDP), menunjukkan pada produksi ammonia rumen berlebih, yang bergabung dengan penurunan pada pH lingkungan uterus, dan Elrod (1992) melaporkan bahwa ammonia dan urea secara berbeda mempengaruhi transportasi ion endometrium.

Pakan RDP tinggi yang menghasilkan produksi ammonia berlebih pada rumen. Hal ini akan menyebabkan detoxifikasi hati. Sehingga perlu ditentukan kebutuhan asam amino (Lobley et al., 1995). Hal ini secara tak langsung dapat dikatakan bahwa persediaan suplemen asam amino dalam bentuk protein pakan status rendah degradasi rumen mungkin menghilangkan efek merugikan dari RDP berlebihan terhadap lingkungan uterus dan survival embrio. Pengaruh stimulasi rencana pemberian pakan tinggi protein tinggi terhadap laju metabolik progesteron (Parr et al., 1993, ewe; Prime and Symond, 1993) dan diiringi dengan penurunan konsentrasi progesteron pada saat (hari ke 11 dan 12 setelah domba kawin) ketika embrio sangat sensitif terhadap konsentrasi rendah (≤ 2 ng ml⁻¹ pada sirkulasi perifer) (Parr, 1992). Peran progesterone ini sulit untuk dilihat perannya pada fungsi endometrium dengan keberlangsungan hidup embrio.

Penekanan induksi pakan pada sirkulasi progesteron selama maturasi oocyt pada superovulasi domba-domba betina baik dengan perlengkapan single CIDR (0.3 g progesteron) dapat memberi kesan penghambatan perkembangan yang mengarah pada penurunan keberlangsungan hidup embrio (McEvoy et al., 1995). Kemungkinan hal ini disebabkan oleh abnormal rasio oestradiol dengan progesteron yang dapat mengganggu maturasi oosit (McEvoy et al., 1995). Ekspresi maternal mRNAs dibutuhkan untuk mengatur perkembangan secara maternal hingga tahap pertengahan blastosis kemungkinan dipengaruhi oleh level progesterone. Pengurangan pemberian pakan akan mempengaruhi pemberian progesterone terhadap jumlah sel embrio dan sintesis protein pada penelitian McEvoy et al., (1995). Perkembangan embrio dapat dihambat dan diturunkan dengan cara melakukan stimulasi pada gen awal dengan progesteron-dependent, begitu juga dengan ekspresi

endometrium abnormal dapat direspon dengan pada gen awal yang lain, dengan melakukan modifikasi fungsi reseptor progesteron (Heap et al., 1992).

Pengaruh Nutrisi terhadap metabolisme fetus

Malnutrisi fetus akan mempengaruhi perkembangan setelah kelahiran (Barker and Clark, 1997). Kekurangan nutrisi menurunkan aliran darah uterus dan disertai penurunan pada insulin fetus dan rangkaian IGF-1 dengan meningkatnya growth hormone, adrenocorticotrophin dan corticosteron yang akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan fetus. Konsentrasi urea fetus meningkat selama periode kurang nutrisi, direfleksikan glukogenesis meningkat oleh fetus dari asam amino (Bell, 1993). Ini membuktikan bahwa suplemen UDP pada pemeliharaan berat lahir anak domba pada domba betina yang menerima energi dibawah optimal selama akhir kebuntingan akan mengalami malnutrisi. Pada anak-anak domba baru lahir, status insulin rendah, corticosteron tinggi dan selenium atau iodium rendah menghambat thermogenesis dari brown adipose tissue, BAT (Robinson, 1990; Symond, 1995; Robinson and Symond, 1995). Peran penting selenium pada respon termogenik BAT telah ditunjukkan oleh penemuan bahwa enzim iodothyroine 5-deiodinase pada jaringan extra-thyroidal termasuk BAT, adalah selenium-dependent (Arthur, 1991). Jadi anak-anak domba dari domba-domba betina makan pakan yang mengandung baik level tidak cukup selenium (Donald et al., 1994) atau konsentrasi tinggi secara alami antagonis selenium terjadi seperti cyanogenetic glycosides (Gutzwiller, 1993) akan mempunyai penurunan kemampuan saat lahir.

Pengaruh nutrisi terhadap reproduksi jantan

Hubungan antara nutrisi, laju pertumbuhan dan umur pubertas pada jantan mirip dengan pada betina. Sepintas, jantan yang dibesarkan dengan pakan bernutrisi rendah berlawanan dengan nutrisi tinggi akan mencapai pubertas pada usia lebih tua dan bobot badan lebih ringan. Ternak yang memiliki musim pemkembangbiakan seperti domba, kambing dan rusa, kekurangan nutrisi dapat menunda pubertas selama setahun penuh. Pada domba dewasa, yang diberi pakan seadanya akan memiliki pematangan spermatozoa pada distal cauda epididymis selama

6-7 minggu karena jumlah spermatozoa pada sperical spermatids di germinal epithelium tidak mengalami perkembangan.

Kesimpulan

Makanan merupakan faktor yang penting dalam suatu usaha peternakan. Tanpa makanan yang baik dan dalam jumlah yang memadai maka meskipun ternak tersebut merupakan bibit unggul akan kurang dapat memperlihatkan keunggulannya. Kelengkapan zat gizi dalam makanan ternak ruminansia akan dapat mempercepat pubertas pada sapi, estrus pertama setelah melahirkan, menjaga kebuntingan, berat anak lahir, berat anak setelah sapih serta menjaga kondisi induk saat laktasi. Sedangkan pada ternak jantan, kelengkapan zat gizi dalam makanan ternak dapat menjaga kualitas sperma yang dihasilkan. Makanan yang cukup perlu untuk fungsi endoktrin yang normal.

Catatan: (Endnotes)

1 Dr. Yendraliza, S.Pt., MP. adalah Wakil Dekan I Fakultas Pertanian dan Peternakan UIN Suska Riau.

Daftar Referensi

- Adams, N.R. Abordi, J.A., Briegel, J.R. and Sanders, M.R. (1994). Effect of diet on the clearance of estradiol-17 β in the ewe. *Biol. Reprod.*, 51: 668-674.
- Arthur, J.R. (1991). The role of selenium in thyroid hormone metabolism. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 69: 1648-1652.
- Barker, D.J. and Clark P.M. (1997). Fetal undernutrition and disease in later life. *Rev. Reprod.*, 2: 105-112.
- Bell, A.W. (1993). Pregnancy and foetal metabolism. In: J.M. Forbes and J. France (Editor). *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. CAB International, Wallingford, pp. 405-431.
- Bergfeld, E.G.M., Kojima, F.N., Cupp, A.s. Wehrman, M.E., Peters, K.E., Garcia-Winder. M. and Kinder, J.E. (1994). Ovarian follicular development in prepubertal heifers in influenced by level of dietary energy intake. *Biol. Reprod.*, 51: 1051-1057.
- Bishonga, C., Robinson, J.J., McEvoy, T.G., Aitken, R.P., P.A. and Robertson, I. (1994). The effects

- of excess rumen degradable protein in ewes on ovulation rate, fertilization and embryo survival in vivo and during in vitro culture. 50th Winter Meeting of the British Society of Animal Production, Paper No 81. British Society of Animal Production, Edinburgh.
- Boland, M.P., Lonergan, P. and Callaghan, D.O. (2001). Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development. *Theriogenology*, 55: 1323-1340.
- Donald, G.E., Langlands, J.P., Bowles, J.E. and Smith, A.J., (1994). Subclinical selenium insufficiency. 6. Thermoregulatory ability of perinatal lambs born to ewes supplemented with selenium and iodine. *Aust. J. Exp. Agric.*, 34: 19-24.
- Downing, J.A. and Scaramuzzi, R.J., 1991. Nutrient effect on ovulation rate, ovarian function and the secretion of gonadotrophin and metabolic hormones in sheep. *J. Reprod. Fertil., Suppl.*, 43: 209-227.
- Downing, J.A. (1994). Interactions of nutrition and ovulation rate in ewes. Ph.D. Thesis, Macquarie University, Australia.
- Downing, J.A., Joss, J., Connel, P. and Scaramuzzi, R.J. (1995a). Ovulation rate and the concentrations of gonadotrophin and metabolic hormones in ewes fed lupin grain. *J. Reprod. Fertil.*, 103: 137-145.
- Downing, J.A., Joss, J. and Scaramuzzi, R.J. (1995b). Ovulation rate and the concentrations of gonadotrophins and metabolic hormones in ewes infused with glucose during the luteal phase of the oestrous cycle. *J. Endocrinol.*, 146: 403-410.
- Downing, J.A., Joss, J. and Scaramuzzi, R.J. (1995c). A mixture of branched chain amino acids leucine, isoleucine and valine increases ovulation rate in ewes when infuse during the late luteal phase of the oestrous cycle an effect that may be mediated by insulin. *J. Endocrinol.*, 145; 315-323.
- Echternkamp, S.E., Howard, H.J., Roberts, A.J., Grizzle, J. and Wise, T. (1994). Relationships among concentrations of steroids, insulin-like growth factor binding proteins in ovarian follicular fluid of beef cattle. *Biol. Reprod.*, 51: 971-981.
- Elrod, C.C. (1992). High dietary protein and high fertility: can we both? *Proc. Cornell Nutr. Conf. for Feed Manufacturers*, Cornell University, Ithaca, NY, pp. 32-39.
- Elrod, C.C. and Butler, W.R. (1993). Reduction of fertility an alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *J. Anim. Sci.*, 71: 694-701.
- Fisher, C.E.J. and MacPherson, A. (1991). Effect of cobalt deficiency in the pregnant ewe on reproductive performance and lamb viability. *Res. Vet. Sci.*, 50: 319-327.
- Foster, D.L., Ebling, F.J.P., Vennerson, L.A., Bucholtz, D.C. Wood, R.I., Micka, A.F., Suttie, J.M. and Veenvliet, B.A. (1988). Modulation of gonadotrophin secretion durin development by nutrition and growth. *Proc. 11th International Congress on Animal reproduction and Artificial insemination*, 5: 101-108. University College, Dublin.
- Gutzwiller, A. (1993). The effect of a diet containing cyanogenetic on the selenium status and the thyroid function of sheep. *Anim. Prod.*, 57: 415-419.
- Hall, J.B., Schillo, K.K., Hileman, S.M. and Boling, J.A. (1992). Does tyrosine act as a nutritional signal mediating the effects of increased feed intake on luteinizing hoemone patterns in growth-restricted lmb. *Biol. Reprod.*, 46: 573-579.
- Heap, R.B., Taussig, M.J., Wang, M.W. and Whyte. A. (1992). Antibodies, implantation and embryo survival. *Reprod., Fertil. Dev.*, 4: 467-480.
- Ladefeld, T.D., Ebling, F.J.P., Suttie, J.M., Vannerson, L.A., Padmanabhan, V., Beitins, I.Z. and Foster, D.L. (1989). Metabolic interfaces between growth and reproduction. II. Characterization of changes in messenger ribonucleic acid concentrations of gonadotrophin subunits, growth hormone and prolactin in nutritionally growth-limited lambs and the differential effects of increased nutrition. *Endocrinology*, 125: 351-356.
- Lobley, G.E., Connell, A., Lomax, M.A., Brown, D.S., Milne, E., Calder, A.G. and Farningham, D.A.H. (1995). Hepatic detoxification of ammonia in the ovine liver, possible consequences for amino acid metabolism. *Br. J. Nutr.*, 73: 667-685.
- Lucy, M.C., Beck., J., Staples, C.R., Head, H.H., de la Sota, R.L. and Thatcher, W.W. (1992). Follicular dynamics, plasma metabolites, hormones and

insulin-like growth factor 1 (IGF-1) in lactating cows with positive or negative energy balance during the preovulatory period. *Reprod., Nutr. Dev.*, 32: 331-341.

McEvoy, T.G., Robinson, J.J., Aitken, R.P., Findlay, P.A., Palmer, R.M. and Robertson, 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.

Part, R.A. (1992). Nutrition-progesterone interactions during early pregnancy in sheep. *Reprod. Fertil. Dev.*, 4: 297-300.

Part, R.A., Davis, I.F., Miles, M.A. and Squires, T.J. (1993). Feed intake affects metabolic clearance rate of progesterone in sheep. *Res. Vet. Sci.*, 55: 306-310.

Phillippo, M., Humphries, W.R., Atkinson, T., Henderson, G.D. and Garthwaite, P.H. (1987). The effect of dietary molybdenum and iron on copper status, puberty, fertility and oestrous cycles in cattle. *J. Agric. Sci.*, 109: 321-336.

Prime, G.R. and Symonds, H.W. (1993). Influence of plane of nutrition on portal blood flow and the metabolic clearance rate of progesterone in ovariectomized gilts. *J. Agric. Sci., Cambridge*, 121: 389-397.

Robinson, J.J. (1990). Nutrition in the reproduction of farm animals. *Nutr. Res. Rev.*, 3: 25-276.

Robinson, J.J. and Symond, M.E. (1995). Whole body fuel selection: 'reproduction'. *Proc. Nutr. Soc.*, 54: 283-299.

Scaramuzzi, R.J., Adams, N.R., Baird, D.T., Campbell, B.K., Downing, J.A., Findlay, J.K., Henderson, K.M., Martin, G.B., McNatty, K.P., McNeilly, A.S. and Tsonis, C.G. (1993). A model for follicle selection and the determination of ovulation rate in the ewe. *Reprod. Fertil. Dev.*, 5:459-478.

Sinclair, K.D., Broadbent, P.J. and Hutchinson, J.S.M. (1994). The effect of pre- and post-partum energy and the protein supply on the blood metabolites and reproductive performance of single- and twin-suckling beef cows. *Anim. Prod.*, 59: 391-400.

Stagg, K., Diskin, M.G., Sreenan, J.M. and Roche, J.F. (1995). Follicular development in long-term anoestrous suckler beef cows fed two levels of energy post-partum. *Anim. Reprod. Sci.*, 38: 49-61.

Vanroose, G., deKruif, A., Soom, A.V. (2000). Embryonic mortality and embryo-pathogen interactions. *Anim. Reprod. Sci.*, 60: 131-143.