

Süt ineklerinde rasyon enerji ve protein düzeylerinin ovaryum ve uterus fizyolojisi üzerine etkileri

Abdullah Engin GÖKTEPE¹, Zehra SELÇUK²

¹ Çorum İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Çorum

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fak. Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Samsun

Geliş Tarihi / Received: 18.02.2014, Kabul Tarihi / Accepted: 26.11.2014

Özet: Son yıllarda süt ineklerinde genetik potansiyelin artırılmasıyla yüksek süt veriminin sağlanması yanında fertilitede sorunlar gözlenmektedir. Süt ineklerinde fertilitayı etkileyen en önemli faktörlerden birisi beslemedir. Süt ineklerinde enerji dengesi rasyonla alınan enerji ile yaşama payı, gebelik ve laktasyon için harcanan enerji arasındaki fark olarak tanımlanır. Süt ineklerinde yaşama payı ve gebelik için enerji gereksinimleri, süt verimi için enerji gereksinimine göre çok daha düşüktür. Bu nedenle enerji tüketimi ve süt verimi enerji dengesini belirleyen önemli iki parametredir. Parturim döneminde, kuru madde tüketiminde dolayısıyla enerji ve protein alımında önemli düzeyde azalma meydana gelmektedir. Süt işletmelerinde enerji ve protein tüketiminin düşmesi, rasyondaki besin maddelerindeki yetersizlik, dengesizlik ya da ihtiyacın üzerinde enerji ve protein tüketimi fertilitayı olumsuz etkilemektedir. Bu derlemede süt ineklerinin rasyonlarında bulunan protein ve enerji miktarlarının ovaryum ve uterus fizyolojisini etkilerinin irdelenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Süt ineği, protein tüketimi, enerji tüketimi, üreme performansı.

Effects of dietary energy and protein levels on ovarium and uterus physiology in dairy cows

Abstract: Recently, there were some problems in fertility in dairy cows in spite of improving of the genetic potential of dairy cows for high milk yield. Nutrition is one of the important factors affecting fertility in dairy cows. Energy balance in dairy cows is defined as the difference between dietary energy intake and energy used for maintenance, pregnancy or lactation. Energy requirement of dairy cows for maintenance and pregnancy is much lower than that of required for milk yield. Therefore, energy intake and milk yield are important parameters for energy balance. In parturim period, a significant reduction occurs in dry matter intake and this causes a significant decline in energy and protein intake. A decrease in energy and protein intake, dietary nutrient deficiency or imbalance and the higher energy or protein consumption than that required negatively effect on fertility in dairy farms. The aim of this review is to mention effects of dietary energy and protein levels on ovarium and uterus physiology in dairy cows.

Keywords: Dairy cows, protein intake, energy intake, reproductive performance.

Giriş

Son yıllarda modern süt işletmelerinde sürünün genetik potansiyelin artırılmasıyla yüksek süt verimi sağlanabilirken sürüde fertilitate problemlerinde dikkate değer bir artış gözlenmektedir. Sürü yönetiminde karşılaşılan önemli sorunlar arasında üreme performansının giderek kötüleşmesi, buzağılama aralığının uzaması, bir inekten alınan buzağı sayısının azalması ve gebelik başına düşen tohumlama sayısının artması dolayısıyla karlılığın düşmesi sayılabilir. Nitekim ilk ovulasyon zamanının gecikmesi, korpus luteumun sürekliliğinin sağlanamaması, foliküler gelişim ve büyümenin sınırlı kalması, östrus belirtilerinin yetersizliği, metritis, kistik ovaryum

gibi üreme sistemiyle ilişkili hastalıkların görülme sıklığının artması sürünün üreme performansını olumsuz etkiler.

Süt ineklerinde beslenme fertilitate üzerine etkili en önemli faktörlerden biridir. Süt işletmelerinde rasyondaki besin maddelerindeki yetersizlik döl veriminde bazı sorunlara sebep olabildiği gibi, fazlalığı da fertilitayı olumsuz etkilemektedir.

Süt ineklerinde enerji dengesi rasyonla alınan enerji ile yaşama payı ihtiyacı, gebelik ve laktasyon için harcanan enerji arasındaki farktır [24].

Süt ineklerinde enerji tüketimi dolayısıyla kuru madde tüketimi ve süt verimi enerji dengesini belirleyen önemli iki parametredir [25]. Süt ineğinin

postpartum 4. gün enerji ihtiyacı, kuru madde tüketimiyle sağlanandan yaklaşık olarak %26 daha fazladır [5]. Bununla beraber, kuru madde tüketimiyle sağlanan net enerjinin %97'si ve metabolik proteinin %83'ü meme bezlerinde süt üretimi için kullanılmaktadır [15].

Bu derlemede süt ineklerinde rasyon protein ve enerji miktarının ovaryum ve uterus fizyolojisine etkilerine ilişkin bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Kuru dönem ve geçiş dönemi

Ülkemizde daha önceki yıllarda ve günümüzde bazı süt işletmelerinde kuru dönemde (doğum öncesi 60 gün) bulunan süt ineğinin sürüden sağlanan süt miktarına herhangi bir katkısı olmadığı için bakım ve besleme koşullarının göz ardı edilmesine neden olmuştur. Bununla beraber son yıllarda kuru dönem üzerine yapılan araştırmalar bu dönemin uygulanmasının kaldırılarak süt ineklerinde laktasyon süresini ve dolayısıyla süt verimini artırmayı hedeflemektedir. Yapılan çalışmalarda süt ineklerinin yüksek enerji içeriğine sahip rasyonlarla beslenmelerinin (1.75 Mcal NEL/kg kuru madde) doğum sonrası negatif enerji dengesinin şiddetini artırmadığı [42], aksine doğum sonrası boş gün süresini azalttığı ve ovulasyon oranını artırdığı [27] ifade edilmektedir.

Watters ve ark., [52] tarafından yapılan bir araştırmada 30 gün uygulanan kuru dönemin ilk iki tohumlamada konsepsiyon oranını artırdığı bildirilmektedir. Gulay ve ark., [26] kuru dönemin 30 güne indirilmesinin laktasyon döneminde süt verimi üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını ifade etmektedir. Bununla beraber, kuru dönemin gerek rumenin dinlendirildiği ve gerekse meme dokusunun kendisini yenilemesine olanak tanındığı bir dönem olduğu dikkate alındığında süt ineğinin tüm yaşamı süresince süt ve yavru veriminin nasıl etkileneceği net olarak bilinmemektedir.

Vücut dokularının mevcut olan fizyolojik durumu destekleyebilmek amacıyla gösterdiği uyuma homeorhezi adı verilir [2]. Bazı araştırmacılar [5,40] süt ineğinin homeorhetik değişikliklere adapte olabilmesinin tüm yaşam süresince karşılaşılabileceği en önemli güçlük olduğunu ifade etmektedirler.

Günümüzde kuru dönem kendi içerisinde geçiş döneminin bir kısmını da içerecek şekilde uygulanmaktadır. Geçiş dönemi gebeliğin son 3 haftası ile doğum sonrası ilk 3 haftayı kapsayan bir dönemdir. Bu dönemde bulunan süt ineğinde doğuma ve süt veriminin yeniden başlamasına bağlı olarak önemli bir takım hormonal ve metabolik değişiklikler meydana gelmektedir.

Tablo 1. Ruminatlarda süt verimiyle ilişkili olarak gerçekleşen metabolik değişiklikler [2].

Fizyolojik fonksiyon	Metabolik değişiklik	Doku
Süt sentezi	Besin maddelerinin kullanımı ↑	Meme
Lipid metabolizması	Lipolizis ↑, Lipogenezis ↓	Adipoz doku
Glikoz metabolizması	Glikoneogenezis ↑, Glikogenolizis ↑	Karaciğer
Protein metabolizması	Enerji kaynağı olarak glikozun kullanımı ↓, Lipitlerin kullanımı ↑	Genel olarak vücut dokuları
Protein metabolizması	Protein rezervlerinin mobilizasyonu ↑	Kas ve diğer vücut dokuları
Mineral metabolizması	Kalsiyum emilimi ve mobilizasyonu ↑	Böbrek, karaciğer, barsak ve kemik

Rasyon proteininin ovaryum ve uterus fizyolojisine etkisi

Süt ineklerinde kan ve süt üre azotu miktarı protein metabolizmasını, rumende parçalanmış protein ve rumende parçalanmaya dirençli protein kullanımını izlemek ve rasyondaki protein/enerji oranı veya dengesizliğini belirlemek amacıyla kullanımına ilişkin araştırmalar mevcuttur [12,13]. Vücut sıvılarındaki üre konsantrasyonlarının birbirine benzerlik

gösterdiği ifade edilmektedir [11,44]. Özellikle kan ve süt üre azotu ve uterus salgılarındaki üre azotu konsantrasyonları arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır [11,54].

Süt ineklerinde normal kan üre azotu konsantrasyonu 12-15 mg/dl arasındadır [13,41]. Kan üre azotu konsantrasyonu 19-20 mg/dl'den yüksek olan ineklerde gebelik oranı %20 ile %25 arasında düşmektedir. Bunun nedeni yüksek kan üre azotu kon-

santrasyonlarının ya fertilizasyonda aksamalara ya da erken dönem embriyonik ölümlere neden olmasıdır [1].

Süt yönlü işletmelerde yetiştiriciler daha fazla süt verimine ulaşmak için %16-17 ham protein düzeyinden daha yüksek miktarlarda protein içeren rasyonlarla besleme yapmaktadırlar. Bunun sonucunda tüketilen fazla ham protein ineklerde kan amonyak, kan ve süt üre azotu konsantrasyonlarının önerilen düzeylerin üzerine çıkmasına neden olmaktadır [38]. Kan üre azotu değerinin yükselmesi vagina ve uterus dokularında ve sıvılarında üre düzeyinin artmasına yol açmaktadır [54]. Nitekim yüksek miktarda protein içeriğine sahip rasyonlarla beslenen ineklerin uterus salgılarındaki üre düzeyi normalin 2.7 kat üzerine çıktığı bildirilmektedir [32].

Rasyonda rumende parçalanmayan protein miktarı arttığında amonyak konsantrasyonu kanda yükselmekte ve kan üre azotu konsantrasyonu da buna paralel artış göstermektedir [51]. Rasyondaki rumende parçalanmaya dirençli protein miktarı arttığı zaman ise kan amonyak düzeyi azalırken kan üre düzeyi artış gösterir [8]. Süt üre azotu değeri rasyonun bileşiminde bulunan rumende parçalanabilir protein miktarı ve parçalanmayan protein miktarından da etkilenmektedir. Rasyonda rumende parçalanmayan protein düzeyinin yüksek olması, rumende daha düşük miktarda amonyak oluşumuna neden olacağından kanda ve sütteki üre düzeyi de düşük olmaktadır [3]. Bununla beraber, rasyonla rumende parçalanmaya dirençli proteinin fazla miktarda tüketilmesi sonucunda barsaklarda açığa çıkan aminoasitler karaciğerde deaminasyona uğratarak amonyağa ve daha sonra üreye çevrilir. Bu nedenle rasyonda fazla miktarda rumende parçalanmaya dirençli proteinin tüketilmesi ruminantlarda kan üre azotu değerinde artışa neden olduğu bildirilmektedir [35]. Melendez ve ark., [39] tarafından yapılan çalışmada %13-16 HP içeren rasyonla beslenen ineklerde konsepsiyon oranının %56, %17-21 HP içeren rasyonla beslenen ineklerde bu oranın %37 olduğunu ifade etmişlerdir. Rasyonun HP ya da rumende parçalanabilir protein düzeyinin artırılmasının amonyak artışına neden olduğu bildirilmektedir [19]. Normal koşullarda uterus pH'sı östrus siklusunun 7. gününde 6.8'den 7.1'e yükselir. Düvelerin ve laktasyondaki süt ineklerinin rasyonla fazla miktarda ham protein (fazla

miktarda rumende parçalanabilir ya da parçalanmaya dirençli protein) tüketmesi durumunda bu artışın gerçekleşmediği bildirilmektedir [16,17]. Nitekim fazla amonyağın uterus pH'sını düşürerek embriyonun canlılığını olumsuz etkilediği, negatif enerji dengesini şiddetlendirdiği [19], hipotalamus-hipofiz-ovaryum aksını olumsuz etkilediği [31] ve konsepsiyon için tohumlama sayısının artırdığını ifade edilmektedir [16]. Bu nedenle Butler ve ark., [11] rasyonun protein düzeyinin süt üre azotu seviyesini 11.5-14 mg/dl olacak şekilde düzenlenmesini önermektedir.

Rasyonun enerji miktarının yüksek olması süt üre azotu konsantrasyonunun düşmesine neden olur [34]. Bunun sebebi fazla miktarda protein tüketimine bağlı olarak rumende açığa çıkan yüksek miktardaki amonyağın mikrobiyal protein sentezinde kullanılması için yeterli düzeyde enerjiye ihtiyaç olmasıdır. Bu nedenle rasyondaki enerji rumen mikroorganizmalarının gereksinimini karşılayamazsa kanda amonyak ve üre konsantrasyonları artar [14]. Rumende mikroorganizmaların amonyağı kullanma yetenekleri de sınırlıdır. Rasyonun enerji miktarı yeterli olsa bile fazla miktarda protein tüketimi kanda ve sütte üre değerlerinin yükselmesine neden olur. Rumen amonyak konsantrasyonu 5 mg/dl'nin üzerine çıktığında rumendeki mikroorganizmaların amonyağı protein sentezinde kullanma kapasitesi aşılıp olur [7].

Negatif enerji dengesinin ovaryum ve uterus fizyolojisine etkisi

Prepartum dönemde, kuru madde tüketiminde dolayısıyla enerji tüketiminde önemli düzeyde azalma meydana gelmektedir. Süt ineklerinde geçiş döneminde kuru madde tüketimindeki azalma gerek hormonal, gerek fetusun büyümesiyle uterusun rumene olan fiziksel baskısı nedeniyle kaçınılmazdır. Bu dönemde uygulanması gereken besleme stratejisi, prepartum dönemde yem tüketimindeki azalmayı en az düzeye indirmek, postpartum dönemde ise yem tüketimini en üst düzeyde tutmak olmalıdır.

Modern süt işletmelerinde yüksek süt verimi yönünde sürekli seleksiyonlar uygulanmaktadır. Yüksek verimli süt ineklerinde reproduktif performansın düşmesinin temel nedeni yüksek süt veriminden daha çok besleme stratejisi ile enerji gereksiniminin karşılanamaması sonucunda laktasyonun baş-

langıcında (ilk 10 hafta) belirgin olan negatif enerji dengesinin şiddeti ile ilişkilidir [4,49]. Peripartum dönem süt ineği açısından stresin yoğun yaşandığı bir dönemdir. Bu dönemde yaşanan hormonal, metabolik değişiklikler ve beslemeye ilişkin faktörler reproduktif performansı etkilemektedir [53]. Sürü yönetiminde hedef yaklaşık 13 aylık doğum aralığını elde etmek olduğu için buzağılamadan 85-110 gün sonra konsepsiyon gerçekleşmelidir. Ancak süt üretimi ile birlikte besin madde ihtiyacının artması reproduktif döngünün yeniden başlama süreci ile çakışmaktadır. Burada etkili en önemli faktör negatif enerji dengesidir [10]. Negatif enerji dengesi sebebiyle östrus belirtilerinde zayıflık, anöstrus, konsepsiyon için artan tohumlama sayısı, folikül gelişiminin tamamlanamaması, oosit kalitesinin düşmesi, embriyonik ölümlerin artması, boş gün süresinin artması ve buzağılama aralığının uzaması görülen önemli reproduktif sorunlardır [9,50]. Negatif enerji dengesinin süresi ve şiddeti doğum sonrası ovaryum aktivitesinin başlaması için geçen süreyi etkilemektedir [10]. Şiddetli negatif enerji dengesi foliküllerin fizyolojik özelliklerini olumsuz etkiler ve östrus siklusunun başlamasını geciktirir [49]. Negatif enerji dengesi luteinleştirici hormon (LH) pulzasyonunu denetleyen gonadotropin salgılatıcı hormon (GnRH) salınımını baskılar ve sonuçta ovaryum aktivitesinin başlama sürecini geciktirir [37]. Besleme statüsünü yansıtan insülin benzeri büyütme faktörü -1 (IGF-1)'in yanı sıra insülin [9] ile leptin [6] merkezi sinir sistemi üzerinden pulzatil LH salınımını etkiler ve ovulasyonu düzenler [33]. Şiddetli negatif enerji dengesi durumunda beyindeki östrojen reseptörlerinin azalmasıyla merkezi sinir sisteminin östrodiol yanıtı azalır ve östrus belirtileri zayıflar [30]. Negatif enerji dengesi yaşandığında nöronlarda glikoz yerine ketonların yakıt olarak kullanılması gonadotropinlerin aktivitesini olumsuz etkiler [29]. Sonuçta hipoglisemi nedeniyle LH pulzasyon frekansı düşer [45] ovaryumların gonadotropinlere duyarlılığı azalır [9]. Metabolik ve beslemeye ilişkin durumun göstergesi olan insülin, IGF-1 ve leptin düzeylerinin düşmesiyle GnRH, folikül stimüle edici hormon (FSH) ve LH düzeyleri de azalır [9].

Süt ineklerinde geçiş döneminde yaşanan metabolik ve hormonal değişimler periferik dolaşımdaki nötrofil düzeyini düşürmektedir [28]. Negatif enerji

dengesi, uterus enfeksiyonlarından sonra bakteriyel temizlik görevi yapan nötrofillerin fagositoz aktivitesini azaltmaktadır [23]. Fagositik aktivitede azalma nötrofillerin hücre içi glikojen düzeylerindeki düşme ile ilişkilendirilmiştir [20]. Endometritis genellikle ilk ovulasyondan önce meydana gelen bir hastalıktır [47] ve ilk ovulasyonun gecikmesine, dominant folikülün yeterince gelişmemesine ve bu folikülden salınan östrodiolün azalmasına dolayısıyla GnRH salınımı üzerine olumsuz etkide bulunarak ovulasyon için yeterli LH/FSH salgılanmasına sebep olur [48]. Endometritis doğum sonrası 20-33. günlerde meydana gelirse konsepsiyon oranının düşmesine [36] ve konsepsiyon için gereken tohumlama sayısının artmasına neden olur [22]. Doğum sonrası dönemde ovulasyonun şekillenme zamanı negatif enerji dengesinin süresi ve şiddetine bağlıdır. Beam ve Butler [4] tarafından yapılan bir çalışmada gebeliğin son üç haftası günlük 110 gr ve laktasyonun ilk 8 haftası günlük 160 gr linoleik ve linolenik asitlerce zengin yağ preparatları yedirilen süt ineklerinde laktasyonun ilk ayında kontrol grubuna oranla ovulasyonun oranının arttığı uterus enfeksiyonlarının görülme oranının azaldığı ve siklus sayısının arttığı saptanmıştır. Benzer şekilde rasyonlarına %2 düzeyinde kuyruk yağı katılan ineklerde kontrol grubuna göre ilk ovulasyonun şekillenme süresinin kısaldığı bildirilmiştir [4].

Doğum sonrası foliküler gelişimin başlaması ve dominant folikülün olgunlaşması da sözü edilen metabolik ve hormonal durumlardan etkilenmekte, üretilen östrojen miktarında düşüş görülmektedir. Negatif enerji dengesi özellikle LH salınım frekansını ve ovulasyona neden olacak pik salınımını olumsuz etkilemektedir [9,43]. Bu durumda foliküler gelişim aksamakta, kızgınlık belirtileri baskılanmakta ve gizli kızgınlıklar oluşmaktadır [46]. Bununla beraber, besin maddeleri doğumla birlikte başlayan süt verimini desteklemek amacıyla kullanıldığından ve bu dönemde yaşanan metabolik ve hormonal stresler hipotalamus-hipofiz-ovaryum aksisindeki dengeleri bozmakta ve sonuçta üreme ile ilgili bazı olumsuzluklara yol açmaktadır [18,21]. Tüm bu hormonal ve metabolik değişimlere sebep olan şartlar doğum sonrası östrus siklusunun başlamasını ve ovum kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Sonuç

Modern süt işletmelerinde daha fazla süt veriminin elde edilmesi amacıyla ham protein içeriği yüksek rasyonların tercih edilmesi, rasyonlarda rumende parçalanabilir protein/rumende parçalanmaya dirençli protein oranı ile protein/enerji oranının iyi ayarlanamaması nedeniyle rumende açığa çıkan amonyak düzeyi artar ve uterus pH'sını değiştirerek embriyonun canlılığını olumsuz etkiler. Bununla beraber, şiddetli negatif enerji dengesinin yaşanmasına, hipotalamus-hipofiz-ovaryum aksını olumsuz etkilenmesine ve konsepsiyon için tohumlama sayısının artmasına neden olur. Bu nedenle rasyonun protein düzeyinin süt verimine göre ve süt üre azotu seviyesi en fazla 15 mg/dl olacak şekilde düzenlenmesi önerilebilir.

Negatif enerji dengesinin süresi ve şiddeti doğum sonrası sıklık aktivitenin başlaması için geçen süreyi de etkiler. Bu sebeple buzağılamaya yakın ve laktasyonunun ilk 10 haftasında kuru madde tüketimini uyararak amacıyla, enerji ihtiyacını karşılayacak düzeyde dengeli, lezzetli ve sindirilebilirliği yüksek rasyonların hazırlanması gerekir. Özellikle yüksek süt verimine sahip süt ineklerinde bu dönemde by-pass protein kaynakları ve yağ preparatları tercih edilebilir.

Kaynaklar

- Aydın İ** (2007): Sığırlarda kan üre nitrojen düzeyinin fertilitate etkisi. *Erciyes Üniv Vet Fak Derg*, 4: 49-56.
- Bauman DE, Currie WB** (1980): Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci*, 63: 1514-1529.
- Baker LD, Ferguson JD, Chalupa W** (1995): Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. *J Dairy Sci*, 78: 2424-2434.
- Beam SW, Butler WR** (1997): Energy balance and ovarian follicle development prior to first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol Reprod*, 56: 133-142.
- Bell AW** (1995): Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J Anim Sci*, 73: 2804-2819.
- Blache D., Chagas LM, Martin GB** (2007): Nutritional inputs into the reproductive neuroendocrine control system—a multidimensional perspective. *Soc Reprod Fertil Suppl*, 64: 123-139.
- Blauwikel R, Kincaid RL, Reeves JJ** (1986): Effect of high crude protein on pituitary and ovarian function in holstein cows. *J Dairy Sci*, 69(2): 439-446.
- Bruckental I, Holtzman M, Kaim M, Aharoni Y, Zamwell S, Voet H, Arieli A** (2000): Effect of amount of undegradable crude protein in the diets of high-yielding dairy cows on energy balance and reproduction. *Livest Prod Sci*, 63: 131-140.
- Butler WR** (2000): Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci*, 60: 449-457.
- Butler WR, Smith RD** (1989): Interrelationship between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 72: 767-783.
- Butler WR, Calaman JJ, Beam SW** (1996): Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *J Anim Sci*, 74: 858-865.
- Carlsson J, Pehrson B** (1993): The relationships between seasonal variations in the concentration of urea in bulk milk and the production and fertility of dairy herds. *J Vet Med A*, 40: 205-212.
- Carlsson J, Pehrson B** (1994): The influence of the dietary balance between energy and protein on milk urea concentration. Experimental trials assessed by two different protein evaluation systems. *Acta Vet Scand*, 35: 193-205.
- Chalupa W** (1984): Discussion of protein symposium. *J Dairy Sci*, 67: 1134-1146.
- Drackley JK** (1999): Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *J Dairy Sci*, 82: 2259-2273.
- 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.
- Elrod CC, Van Amburgh M, Butler WR** (1993): Alterations of pH in response to increased dietary protein cattle are unique to the uterus. *J Anim Sci*, 71: 702-706.
- Ferguson JD** (2005): Nutrition and reproduction in dairy herds. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 21: 325-347.
- Ferguson JD, Chalupa W** (1989): Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *J Dairy Sci*, 72: 746-766.
- Galvão KN, Flaminio MJBF, Brittin SB, Sper R, Fraga M, Caixeta L, Ricci A, Guard CL, Butler WR, Gilbert RO** (2010): Association between uterine disease and indicators of neutrophil and systemic energy status in lactating Holstein cows. *J Dairy Sci*, 93: 2926-2937.
- Garnsworthy PC, Sinclair KD, Webb R** (2008): Integration of physiological mechanisms that influence fertility in dairy cows. *Animal*, 2: 1144-1152.
- Gilbert RO, Shin ST, Guard CL, Erb HN, Frajblat M** (2005): Prevalence of endometritis and its effects on reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology*, 64: 1879-1888.
- Gilbert RO, Santos NR, Galvão KN, Brittin SB, Roman HB** (2007): The relationship between postpartum uterine

- bacterial infection (BI) and subclinical endometritis (SE). *J Dairy Sci*, 90 (Suppl. 1): 469 (Abstr).
24. **Grummer RR** (2008): Nutritional and management strategies for the prevention of fatty liver in dairy cattle. *Vet J*, 176: 10-20.
 25. **Grummer RR, Rastani RR** (2003): When should lactating cows reach positive energy balance? *Prof Anim Sci*, 19: 197-203.
 26. **Gulay MS, Hayen MJ, Bachman KC, Belloso T, Liboni M, Head HH** (2003): Milk production and feed intake of Holstein cows given short (30-d) or normal (60-d) dry periods. *J Dairy Sci*, 86: 2030-2038.
 27. **Gumen A, Rastani RR, Grummer RR, Wiltbank MC** (2005): Reduced dry periods and varying prepartum diets alter postpartum ovulation and reproductive measures. *J Dairy Sci*, 88: 2401-2411.
 28. **Hammon DS, Evjen IM, Dhiman TR, Goff JP, Walters JL** (2006): Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Vet Immunol Immunop*, 113: 21-29.
 29. **Hawkins RA, Biebuyck JF** (1979): Ketone bodies are selectively used by individual brain regions. *Science*, 205: 325-329.
 30. **Hileman SM, Lubbers LS, Jansen HT, Lehman MN** (1999): Changes in hypothalamic estrogen receptor-containing cell numbers in response to feed restriction in the female lamb. *Neuroendocrinology*, 69: 430-437.
 31. **Jordan ER, Swanson LV** (1979): Serum progesterone and luteinizing hormone in dairy cattle fed varying levels of crude protein. *J Anim Sci*, 48: 1154-1158.
 32. **Jordan ER, Chapman TE, Holtan DW and Swanson LV** (1983): Relationship of dietary crude protein to composition of uterine secretions and blood in high-producing postpartum dairy cows. *J Dairy Sci*, 66: 1854-1862.
 33. **Kadokawa H, Martin GB** (2006): A new perspective on management of reproduction in dairy cows: the need for detailed metabolic information, an improved selection index and extended lactation. *J Reprod Dev*, 52: 161-168.
 34. **Kirchgessner M, Kreuzer M, and Roth-Mailer DA** (1986): Milk urea and protein content to diagnose energy and protein malnutrition of dairy cows. *Arch Anim Nutr*, 36: 192-197.
 35. **Laven RA, Drew SB** (1999): Dietary protein and the reproductive performance of cows. *Vet Rec*, 145: 687-695.
 36. **LeBlanc SJ, Duffield TF, Leslie KE, Bateman KG, Keefe GP, Walton JS, Johnson WH** (2002): Defining and diagnosing postpartum clinical endometritis and its impact on reproductive performance in dairy cows. *J Dairy Sci*, 85: 2223-2236.
 37. **Lucy MC** (2000): Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle. *J Dairy Sci*, 83: 1635-1647.
 38. **Mccormick ME, French DD, Brown TF, Cuomo GJ, Chapa AM, Fernandez JM, Beatty JF and Blouin DC** (1999): Crude protein and rumen undegradable protein effects on reproduction and lactation performance of holstein cows. *J Dairy Sci*, 82: 2697-2708.
 39. **Melendez P, Bartolome J, Archbald LF, Donovan A** (2003): The association between lameness, ovarian cysts and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 59: 927-937.
 40. **Overton TR, Waldron MR** (2004): Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health. *J Dairy Sci*, 87 (Suppl): 105-119.
 41. **Rajala-Schultz PJ, Saville WJA, Frazer GS, Wittum TE** (2001): Association between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows. *J Dairy Sci*, 84: 482-489.
 42. **Rastani RR, Grummer RR, Bertics SJ, Gümen A, Wiltbank MC, Mashek DG, Schwab MC** (2005): Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: milk production, energy balance, and metabolic profiles. *J Dairy Sci*, 88: 1004-1014.
 43. **Roche JF** (2006): The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Anim Reprod Sci*, 96: 282-296.
 44. **Roseler DK, Ferguson JD, Sniffen CJ, Herrema J** (1993): Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in holstein cows. *J Dairy Sci*, 76: 525-534.
 45. **Rutter LM, Manns JG** (1987): Hypoglycemia alters pulsatile luteinizing hormone secretion in the postpartum beef cow. *J Anim Sci*, 64: 479-488.
 46. **Schopper D, Schemer R, Weiler U, Claus R** (1993): Influence of milk yield on fertility of dairy cows post partum: Evaluation of progesterone profiles. *Reprod Domest Anim*, 28: 225-235.
 47. **Sheldon IM, Dobson H** (2004): Postpartum uterine health in cattle. *Anim Reprod Sci*, 82- 83: 295-306.
 48. **Sheldon IM, Lewis GS, Leblanc S, Gilbert RO** (2006). Defining postpartum uterine disease in cattle. *Theriogenology*, 65: 1516-1530.
 49. **Staples CR, Thatcher WW, Clark JH** (1990): Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J Dairy Sci*, 73: 938-947.
 50. **Stevenson JS** (2001): Reproductive management of dairy cows in high milk-producing herds. *J Dairy Sci*, 84(E. Suppl):E128-E143.
 51. **Tammenga S** (2006): The effect of the supply of rumen degradable protein and metabolisable protein on negative energy balance and fertility in dairy cows. *Anim Repro Sci*, 96: 227-239.
 52. **Watters RD, Wiltbank MC, Guenther JN, Brickner AE, Rastani RR, Fricke PM, Grummer RR** (2009): Effect of dry period length on reproduction during the subsequent lactation. *J Dairy Sci*, 92: 3081-3090.
 53. **Westwood CT, Lean IJ, Garvin JK** (2002): Factors influencing fertility of Holstein dairy cows: A multivariate description. *J Dairy Sci*, 85: 3325-3337.
 54. **Wittwer FG, Gallardo P, Reyes J and Opitz H** (1999): Bulk milk urea concentrations and their relationship with cow fertility in grazing dairy herds in Southern Chile. *Prev Vet Med*, 38: 159-166.