



Nitrogen pollution from dairy cow breeding

Süt sığırı yetiştiriciliği kaynaklı azot kirliliği

Mevlüt GÜNAL¹

¹Isparta University of Applied Sciences, Department of Animal Science, 32260, Isparta, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:20.12.2018

Kabul tarihi/Accepted:16.07.2019

Keywords:

Dairy cow, ration nitrogen, environment.

Corresponding author: Mevlüt GÜNAL

: mevlutgunal@isparta.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: In this review, it is aimed to discuss the current state of nitrogen pollution caused by dairy cow breeding and to offer suggestions to improve nitrogen use efficiency of dairy cattle.

Methods and Results: For evaluation, the data in web pages of related institutions and the articles published in scientific journals were used. Nitrogen utilization in dairy cows is relatively inefficient.

Conclusions: One of the most important problems related to the loss of nitrogen in dairy cow rations is environmental. A significant portion of cattle manure nitrogen, primarily from urinary urea, can be converted to ammonia through enzymatic degradation and eventually lost to the atmosphere. The negative effects of ammonia in the environment are connected with the formation of acid rain, soil and surface water eutrophication, nitrate contamination of ground waters, as well as the formation of fine particulate matter. It may also contribute to the global warming through nitrous oxide formation. In general, the nitrogen loss increases when rumen produces more ammonia than can be used in the rumen. Another loss of nitrogen in ruminants is due to the use of amino acids after absorption for gluconeogenesis instead of for protein synthesis. Also, imbalanced supply of amino acids in relation to requirements for milk protein synthesis increases the loss of nitrogen.

Significance and Impact of the Study: The volatilization of ammonia from manure can be reduced through cow management, nutrition and manure treatment techniques. Reducing ammonia emissions from dairy cattle farms is important to achieving environmentally sustainable animal production that will benefit producers.

Atf / Citation: Günal M (2019) Nitrogen pollution from dairy cow breeding. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24(2) : 153-164

GİRİŞ

Azot kirliliği yirmi birinci yüzyılın en önemli çevresel sorunlarından birisidir. Dünyada azot kirliliğinin en büyük kaynağı tarım sektörüdür. Özellikle gereğinden fazla yapay gübre kullanımı ile hayvan gübrelerinin iyi yönetilememesi çevre için tarımsal kaynaklı azot kirliliğinin ana kaynaklarıdır. Süt sığırcılığı tüm dünyada azot kirliliğinin en önemli kaynaklarından birisidir (Rotz, 2018). Rasyon kompozisyonu, yaş ve verim durumuna göre değişmekle birlikte bir süt sığırı yılda 83-118 kg azotu idrar ya da dışkı ile dışarı atmaktadır (Anonymous,

2012). Van Horn ve ark. (1991)'a göre laktasyonda 8200 kg süt veren bir süt sığırı yılda 109 kg azotu, idrar ya da dışkı ile dışarı atmaktadır.

Ruminantlarda azot kayıplarının yüksekliği besleme maliyetinin artmasının yanında, azot kirliliğiyle ilgili çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Global et ve süt üretiminin 2050 yılında, 2000 yılına göre iki kat artması beklenmektedir. Başka bir anlatımla sığırcılık kaynaklı kirlleticilerin miktarının 2050 yılına kadar mevcut durumunun korunması, ürün başına salınan kirleticiler miktarının yarı yarıya azaltılmasıyla mümkün olabilecektir (Steinfeld ve ark., 2006).

RUMİNANLARDA AZOT KAYBI

Ruminantlarda azot; süt, idrar ve dışkı ile dışarı atılmaktadır. Süt sığırlarında rasyon azotunun % 15-40'ı ortalama % 25'i süte geçmekte, kalan miktar idrar ya da dışkıyla atılmaktadır. Dijkstra ve ark. (2018)'nin simülasyon çalışmasına göre; bir süt sığırı günlük olarak 128-177 g azotu dışkıyla, 81-388 g azotu idrarla atmaktadır. Dışkıyla atılan azot; sindirilmemiş yem azotu, sindirim kanalına salınan endojen kaynaklı azot ile mikrobiyal azottan oluşmaktadır. Normal tüketim koşullarında yemlerin, örneğin mısır silajı, azot sindirilebilirliği fazla dalgalanma göstermez. Benzer şekilde günlük endojen azot kaybında, kg metabolik ağırlık başına ortalama 0.35 g'dır, fazla sapma olmaz (Dewhurst ve Thomas, 1992). Mikrobiyal azot kaybı ise daha çok kalın barsaktaki fermantasyonla yakından ilişkilidir. Ruminantlarda tüketilen azot kaynağı ve miktarı, dışkı ya da idrarla atılan azot miktarını etkilemektedir. Castillo ve ark. (2000)'nin bulgularına göre; süt sığırı rasyonlarına günde 400 g'a kadar azot ilavesi süt, dışkı ve idrarla atılan azot miktarını doğrusal oranda artırmaktadır. Günde 400 g'dan fazla azot ilavesi durumunda ise idrarla atılan azot miktarı yine doğrusal oranda artarken, dışkı ve sütle atılan azot miktarındaki artış doğrusal olarak azalmaktadır. Başka bir deyişle, süt sığırlarında azot kaybını azaltmak çoğunlukla idrarla azot kaybını azaltmaktan geçmektedir.

Ruminantlarda azot kaybının bir kısmı rumende mikroorganizmaların kullanabileceğinden fazla amonyak üretilmesi durumunda ortaya çıkmaktadır. Rumende yıkılabilir protein ve protein olmayan azotlu bileşikler mikroorganizmalar tarafından serbest aminoasitlere ve amonyağa parçalanmaktadır. Rumendeki bütün mikroorganizmalar proteolitik olmasına rağmen, bu işin gerçek sahipleri bakterilerdir. Rumen bakterilerinin yarıya yakını proteolitik aktiviteye sahiptir (Hristov ve Jouany, 2005). Serbest aminoasitler ve amonyak mikroorganizmalar tarafından mikrobiyal protein sentezinde kullanılmaktadır. Mikrobiyal protein % 38-80 oranında amonyaktan sentezlenmektedir (Pacheco ve Waghorn, 2008). Yapılan çalışmalar rumende mikrobiyal protein sentez etkinliğinin oldukça değişken olduğunu göstermektedir. Örneğin Stern ve ark. (1994) rumende mikrobiyal protein sentezinin 69 ile 226 g kg⁻¹ organik madde arasında değiştiğini bildirmektedir. Rumende mikrobiyal protein sentezi için serbest amonyakla birlikte yeterli düzeyde fermente olabilir karbonhidratın hazır bulunması gerekmektedir. Yeterli düzeyde fermente olabilir karbonhidrat olmadığı takdirde rumen amonyak düzeyi artmaktadır (Hristov ve Jouany, 2005).

Rumende yoğunluğu artan amonyak rumen duvarından emilerek kan yoluyla karaciğere taşınıp, orada üreye çevrilmektedir. Karaciğerde üretilen ürenin bir kısmı kan yoluyla tükürüğe, oradan da rumene geri dönerken, bir kısmı böbreklerden idrar yoluyla dışarı atılmaktadır. Karaciğerde üretilen ürenin % 19-96'sı rumene geri dönmektedir. Ortalama olarak üretilen ürenin yaklaşık % 40-60'ı idrarla atılmaktadır (Huntington, 1989). Günlük idrarla azot atımı yüksek proteinli rasyonlarda 500 g'ı bulabilmektedir (Steinshamn ve ark., 2006; Pacheco ve Waghorn, 2008).

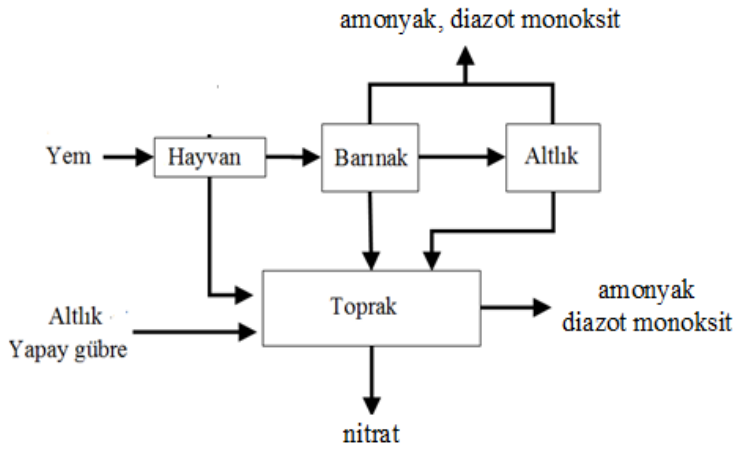
Ruminantlarda diğer bir azot kaybı; sindirim kanalından emildikten sonra aminoasitlerin glikoneojenez amacıyla yıkıma uğraması yüzündendir (Ipharraguerre ve Clark, 2005). Sindirim kanalından emilen toplam esansiyel aminoasitlerin yaklaşık % 30'u hepatic portal ven aracılığıyla karaciğere taşınma sürecinde splanknik (pankreas, barsak, dalak gibi büyük iç organlar) dokular tarafından katabolize edilmektedir (Tagari ve ark., 1978; MacRae ve ark., 1997). Aminoasitler ayrıca % 20 oranında karaciğerde ek bir yıkıma uğramaktadır (Wray-Cahen ve ark., 1997). Dolayısıyla sindirim kanalından emilen aminoasitlerin süt ya da kas protein sentezinde kullanım etkinliği yaklaşık % 50 dir (Hanigan, 2005; Rius ve ark., 2010).

İdrarla azot kaybının diğer bir nedeni doku protein metabolizmasıyla ilgili protein yıkımıdır. Günlük olarak vücut proteininin yaklaşık % 5'i yıkılır ve yeniden sentezlenir (Parsons, 1995).

SÜT SIĞIRLARININ SEBEP OLDUĞU AZOT KİRLİLİĞİ VE ÇEVRE İLE İLİŞKİSİ

Amonyak

Siğircilik kaynaklı çevre ile ilgili azot kirliliğinin birincil kaynağı altlıktan buharlaşan amonyaktır (Şekil 1). Altlık yönetim sistemine bağlı olarak değişmek üzere altlıktaki azotun % 5-80'i amonyak olarak buharlaşmaktadır (Metz ve ark., 2007). Üreaz aktivitesinin miktarı, hava sıcaklığı, altlık miktarı, yüksek pH ve rüzgar salınımı artırmaktadır. Pinder ve ark. (2004)'e göre çiftlik şartlarında ortalama olarak altlıktaki azotun % 25'i amonyak olarak buharlaşmaktadır. Altlıktan salınan amonyak yaklaşık % 90 idrar azotu, % 10 dışkı azotu içermektedir. Başka bir anlatımla, altlıktan salınan amonyakın ana kaynağı üredir. Lockyer ve Whitehead (1990) idrar azotundan amonyak salınımının dışkıdan salınana göre 5-6 kat daha yüksek olduğunu belirtmektedirler. Stewart (1970) idrar azotunun % 29-90'ının 48 saatlik sürede amonyak olarak buharlaştığını bildirmektedir.



Şekil 1. Ruminant kaynaklı azot kirliliği ile ilgili kaynaklar

Buharlaştırma genellikle barınaklarda, gübre depolama alanlarında ve araziye uygulanan altıktadır. Otlayan hayvanlardan amonyak salınımı, idrardaki ürenin amonyağa parçalanmadan önce toprağa filtre olması yüzünden, barınaktaki hayvanlara göre daha düşüktür. Kupper ve ark. (2015) otlayan hayvanlarda barınaktakilere göre sekiz kat daha az amonyak salınımı olduğunu bildirmektedir. Ancak meralara gereğinden fazla yapay gübre uygulaması amonyak salınımını artırmaktadır. Dünyanın birçok yerinde meralara gereğinden fazla azotlu gübre atılmaktadır (Behera ve ark., 2013). Meralara uygulanan azotlu gübrelerin % 20-50'sinin amonyak olarak buharlaştığı ifade edilmektedir (Stevenson, 1982). Atmosfere amonyak salınımı 1970-2005 yılları arasında % 50 artmıştır (Behera ve ark., 2013). Amonyak salınımının artması önemli çevre sorunlarından biridir. Ayrıca buharlaşan amonyak istenmeyen bir koku yaymaktadır (Powers, 1999). Hayvancılık tüm insan kaynaklı amonyak salınımının % 64'ünden sorumludur. Toplam amonyak salınımının % 11.2'si laktasyondaki süt sığırlarından, % 13.4'ü ise laktasyonda olmayan sığırlardan kaynaklanmaktadır (Gay ve ark., 2006). Amonyak gazı bitkilerin toprak üstü organları tarafından gözenekler (stomalar) aracılığıyla emilmektedir. Atmosferde yüksek seviyede amonyak bulunması bitkilerde doğrudan ya da dolaylı toksik etkilere neden olmaktadır. Doğrudan etki fosforilasyonun engellenmesi ve buna bağlı olarak fotosentezin azalmasıdır. Böylece bitkinin büyümesi azalmaktadır. Yüksek yoğunluktaki amonyak hücre zarının geçirgenliğini artırarak plazmolize ve bitki hücrelerinde nekrozlara yol açmaktadır. Dolaylı etki ise bitki dokusunun esnekliğinde azalmaya neden olmakta ve böylece donma gibi çevresel şartlara dayanıklılığı azaltmaktadır. Yüksek amonyak konsantrasyonları

sonucu bazı bitkiler yok olmakta, azota dirençli bazı bitkilerde ise azot birikmesi oluşmakta ve dolayısıyla ekolojik çeşitlilik bazı türlerin lehine, bazı türlerin ise aleyhine doğru değişmektedir. İnsanlarda öncelikle mukozal tahrişlere, gözlerde, burun ve boğazda yanma şeklinde duylara neden olmaktadır. Öldürücü dozlara maruz kalmış insanların otopsilerinde çok önemli akciğer tahribatı ve kardiyovasküler etkiler öne çıkmaktadır. Maksimum maruz kalınmasına müsaade edilen amonyak konsantrasyonu 25 ppm olarak belirlenmiştir (Anonim, 2014).

İnce Partiküler Madde

Altıktan buharlaşan amonyak uzun mesafeler kat ederek atmosferik sülfirik ve nitrik asitle birleşerek havada asılı ince partiküler madde (PM_{2.5})'yi oluşturmaktadır. Amerikada toplam PM_{2.5} miktarının % 5-11'ini hayvancılık amonyak kökenli PM_{2.5} oluşturduğu rapor edilmektedir (Hristov ve ark., 2011). Putaud ve ark. (2010) Avrupa için bu değeri % 5-15 olarak hesaplamıştır. Bu partiküller havada 3-4 gün asılı kalabilmekte (Pye ve ark., 2009), görüş mesafesini düşürmekte ve solunumla alınarak akciğerin en küçük bronşlarında depolanabilmektedir. Çok düşük dozlardaki PM_{2.5} bile sağlığı olumsuz etkilemektedir. Öncelikle solunum yolu hastalıkları ile gebe kadınlarda düşük yapma oranını artırmaktadır. Hava kirliliği yüzünden 2010 yılında 2 milyon kadının düşük yaptığı rapor edilmektedir (Chen ve ark., 2014). Yapılan modelleme çalışmasında Avrupa genelinde PM_{2.5}'ye maruz kalma yüzünden yaşam süresinin 6-12 ay kısaldığı belirtilmektedir (Amann ve ark., 2011). Kuzey batı Avrupa'da amonyak salınımının % 50 düşürülmesinin, PM_{2.5}'nin % 24 azalmasına yol açacağı saptanmıştır (Backes ve ark., 2016). Bu yüzden tüm dünyada amonyak salınım oranının saptanarak,

düşürülmesi yönünde çalışılmaktadır. Örneğin Avrupa Birliğinde amonyak salınımının 2030 yılına kadar 2005 yılına göre % 73 azaltılması (Amann ve ark., 2014) öngörülmüştür. Benzer öngörüler diğer ülkeler için de yapılmaktadır (Galloway ve ark., 2004). Günümüzde özellikle büyük şehirlerde hava kirliliği ülkelerin bütçelerini sarsmaktadır. İşletmeler amonyak ve ince partiküler madde salınımı ile ilgili her geçen gün daha fazla denetlenmektedir. Amerika'da 700 baş'dan fazla sağmal hayvan varlığı olan işletmeler amonyak ve sera gazları salınımını azaltmak için gerekli önlemleri aldığı ile ilgili Amerikan Ulusal Çevre Ajansı ile sözleşme imzalamak zorundadır. Ayrıca günde 45 kg'dan fazla amonyak salınımı yapan işletmeler amonyak salınım oranını ajansa bildirmek zorundadır. Ajans gerekli durumda işletmeler için yeni eylem planı hazırlamaktadır. Ajansın direktiflerini yerine getirmeyenler para ve hapis cezası ile cezalandırılmaktadır (Anonymous, 2009). Almanya'da 600 baş'dan fazla sağmal ya da yılda 10.000 kg'dan fazla amonyak salınımı yapan işletmeler Alman Çevre Ajansı (UBA)'na üye olarak, ajans tarafından denetlenmektedir (Anonymous, 2015). Avrupa için Daha Temiz Hava Yönetmeliği'ne göre hayvancılık işletmelerinin PM₁₀ ve PM_{2.5} salınım miktarları sırasıyla yıllık 20 ve 12 µg m⁻³ değerlerini aşamaz (Anonymous, 2008).

Havada asılı partiküler madde bazen asit yağmurları şeklinde yüzey sularına ya da ekosisteme karışmaktadır. Azot bileşikleri bitkilerin özümseyeceği miktardan fazla olduğu zaman toprağın asitleşmesine yol açmaktadır. Asitleşme topraktaki mikroorganizmaları öldürmekte, toprağın yapısındaki magnezyum ve kalsiyum gibi bitki gelişiminde önemli olan elementleri yıkayarak derinlere taşınmasına sebep olmakta ve dolayısıyla ağaçlar ve diğer bitkiler topraktan bu elementleri yeteri kadar almakta zorlanmaktadır. Bitkilerde kloroz, nekroz, yapraktan besin kaybı ve bazı enzim aktivitelerinde bozulmalar gözlenmektedir. Göllere ve akarsulara düşen asit yağmurları, sudaki pH dengesini bozarak sudaki yaşamı yok etmektedir (Lowett, 1994).

Nitrat

Altlıktaki amonyak sulu ortamda amonyuma dönüşmekte, daha sonra bakteriler tarafından önce nitrite, daha sonra nitrata dönüştürülmektedir. Bitkisel üretim için gereğinden fazla altlığın araziye yayılması toprakta nitrat miktarının artmasına yol açmaktadır. Ek olarak kullanılan yapay gübreler biriken miktarı daha da artırmaktadır. Biriken nitrat koşullara göre değişen miktarlarda yıkanarak toprak derinliğine hareket etmekte ve negatif yüklü olması nedeniyle toprakta tutunamayıp yıkanarak taban suyuna ulaşmaktadır.

Taban suyuna ulaşma geçirgen topraklarda daha hızlı olmaktadır. Hayvanlarda yüksek düzeyde nitrat tüketimi sancı, kusma ile koma ve ölümlere yol açmaktadır (Kaya ve Akar, 2002). İnsanlarda bağışıklık sisteminin bozulmasının yanı sıra, çeşitli türde kalıtsal hastalıkların oluşumuna yol açabilmektedir. Yetişkinlerde yüksek tansiyona, altı aydan küçük bebeklerde methemoglobinemiye (mavi bebek hastalığı) neden olmaktadır (Habermeyer ve ark., 2015). Belli koşullar altında nitrat, çok daha zehirli olan nitrit'e ve daha sonrada kanserojen özellikteki nitrozamine dönüşebilmektedir. İçme suyunda 25 mg L⁻¹ düzeyinin üzerinde nitrat bulunması durumunda kolon kanseri vakalarının arttığı saptanmıştır (van Grinsven ve ark., 2010). Günümüzde tarımsal işletmelere yakın bölgelerde içme suyunda nitrat kirliliği önemli bir sorundur. Avrupa Birliği ülkelerinde 2012–2015 yılları arasında 33.042 istasyonda yapılan ölçümlerde yeraltı sularının % 13.2'sinin 50 mg L⁻¹ düzeyinin üzerinde, % 5.72'sinin 40-50 mg L⁻¹ düzeyinde olduğu saptanmıştır (Anonymous, 2018). Ülkemizde içme sularında izin verilen nitrat üst sınırı 45.0 mg L⁻¹'dir (Varol ve ark., 2008). Oysa tarımsal işletmelere yakın bazı bölgelerin sularında nitrat kirliliği ile ilgili bazı raporlar vardır (Kaplan ve ark., 1996). Polat ve Olgun (2009) yaptıkları çalışmada, hayvancılık işletmelerine yakın olarak seçilen işletmelerde yeryüzü su kaynaklarındaki nitrat düzeylerini 62.9 mg L⁻¹ olarak belirlemişlerdir.

Diazot Monoksit

Altlıktaki amonyak, toprak mikroorganizmaları tarafından diazot monoksit (N₂O) gibi bazı azotlu bileşiklere dönüştürülebilmektedir. Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) buharlaşan amonyanın % 1'nin N₂O'e dönüştüğünü öngörmektedir (Metz ve ark., 2007). Atmosferde kalma süresi 120-130 yıl olan N₂O bir sera gazıdır (Borhan ve ark., 2012). Diazot monoksitin ozon tabakasını tahrip etme gücü 100 yıllık süreçte karbondioksit (CO₂) göre 310 kat daha fazladır (Metz ve ark., 2007). Hayvancılık faaliyetleri sonucu açığa çıkan N₂O salınımı, tarımsal kaynaklı N₂O salınımının yaklaşık % 30-50'ini oluşturmaktadır (Oenema ve ark., 2005). Global toplam sera gazları salınımı 2016 yılı için 49.3 gigaton CO₂ eşdeğeridir ve bir önceki yıla göre % 0.5 artmıştır. Sera gazları içerisinde bulunan CO₂, metan, N₂O ve diğer gazların toplam sera gazı salınımı içerisindeki oranları sırasıyla % 72, % 19, % 6 ve % 3'dür (Olivier ve ark., 2017). Hayvancılık insan kaynaklı sera gazları salınımının % 18'inden sorumludur. Süt sığırcılığı % 4'lük oranla en büyük paya sahiptir (Anonymous, 2010). Türkiye'nin İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında 2017 yılında sunduğu ulusal envanter

raporuna göre, 2015 yılı için toplam sera gazı emisyonu 475 milyon ton CO₂ eşdeğeridir. Toplam salınımın 57 milyon ton CO₂ eşdeğeri (%12) tarımdan kaynaklanmaktadır. Tarımsal kaynaklı diazot monoksit emisyonu ise 88 kiloton'dur. Tarım sektöründen kaynaklanan sera gazı salınımı özellikle 2010 yılından sonra artış göstermiştir (Anonymous, 2016). Sera gazları, ozon tabakasında incelleme, iklim değişiklikleri ve sera etkisi ile küresel ısınmaya yol açmaktadır. Ozon tabakasının incelenmesiyle yeryüzüne ulaşan ultraviyole ışınları artmaktadır. Bu ışınlar insanın bağışıklık sisteminin bozulması, kanser olgularında artış ve görme bozuklukları gibi zararlı etkilere yol açmaktadır (McMichael, 2003). İnsan kaynaklı N₂O'nun global salınım miktarı 1860'dan 2008 yılına % 37, atmosferik konsantrasyonu ise % 20 artmıştır (Galloway ve ark., 2008). Aynı şekilde 2016 yılı global salınımı bir önceki yıla göre % 1.3 oranında artmıştır (Oliver ve ark., 2017). Yapılan bir simülasyon çalışmasına göre, eğer önlem alınmazsa insan kaynaklı N₂O'nun global salınımının 2055 yılında 1995 yılının iki misline çıkması olasıdır (Popp ve ark., 2010). Türkiye Paris İklim Anlaşmasında gönüllü olarak sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar referans senaryonun % 21 altına indireceğini beyan etmiştir (Anonim, 2015).

Ötrofikasyon

Azot ve fosfor bileşiklerinin yüzeysel sulara kontrolsüz şekilde girmesi ötrofikasyona sebep olmaktadır. Bu durum sudaki çözülmüş oksijen miktarını azaltarak uzun vadede su ekosisteminin değişmesine neden olmaktadır. Amerikada nehirlerin % 45'inin, göllerin % 46'sının ötrofik olduğu (Bricker ve ark., 2007; Anonymous, 2013) ve bunun % 20-70 oranında tarımdan kaynaklandığı rapor edilmektedir (Alexander ve ark., 2008). Ayrıca göllerin, Asya'da %54, Avrupa'da %53 ve Afrika'da ise %28'inin ötrofik olduğu bildirilmektedir (Doğan-Sağlamtimur ve Sağlamtimur, 2018).

ALTIKTAN AMONYAK SALINIMINI AZALTICI UYGULAMALAR

Altıktan her zaman amonyak salınımı söz konusudur. Ancak salınım miktarı bazı yetiştiricilik, besleme ve altlık uygulamalarıyla önemli ölçüde düşürülebilmektedir. Öte yandan yetiştiricilik, besleme ve altlık uygulamaları; her biri kendi içerisinde oldukça geniş uygulamaları barındırmaktadır. Bunların her birini detaylı açıklamak bu çalışmanın sınırını aşmaktadır. Bu yüzden önemli görülen bazı uygulamalara değinilmiştir. Her bir işletme kendi şartlarında altıktan azot salınımını en düşük düzeye indirebilir. Bu amaçla süt üre azot değeri,

yetiştiricilik ve besleme açısından, işletmelerin azot kullanım etkinliği hakkında bir ön bilgi verebilir (Huhtanen ve Hristov, 2009).

Yetiştiricilik Uygulamaları

İşletmede her litre süt için azot atımını düşürmek ancak doğru yetiştiricilikle mümkün olur. İşletmede yem dönüşüm etkinliği yüksek genetiğe sahip hayvanların ya da ırkların kullanılması, birim ürün başına atılan azot miktarını azaltmaktadır (de Klein ve Eckard, 2008). Verimde olmayan hayvanların sayısını azaltmak, her litre süt ya da et için atılan azot miktarını azaltır. St-Pierre ve Thraen (1999) yaptıkları simülasyon çalışmasına göre, hayvan başına süt verimini % 25 artırmak her kg süt için atılan azot miktarında % 8 azalma sağlamaktadır. Bu yüzden hayvanların üreme etkinliğinin artırılması büyük önem taşımaktadır. Garnsworthy (2004)'e göre süt sığırlarında üreme etkinliğinin artırılarak, amonyak salınımını işletmedeki hayvan başına % 9 azaltmak olasıdır.

Besleme Uygulamaları

Bazı araştırma sonuçları hayvanların tükettikleri rasyonların altıktan amonyak salınımı üzerine etkisinin olduğunu göstermektedir. Dijkstra ve ark. (2018) süt sığırlarında altlık azot içeriğine beslemenin etkisini irdelerken 40 adet besleme uygulamasının simülasyonunu yapmıştır. Özellikle rumende protein yıkımının azaltılması ve mikrobiyal protein sentezini artırıcı uygulamalar ile sindirim kanalından emilen aminoasitlerin enerji amacıyla yıkımının azaltılmasına yönelik uygulamalar başarılı sonuçlar vermektedir. Besleme yoluyla hayvanın performansını artırmakla, azot kullanım etkinliğini artırmak doğrudan ilişkilidir. Kohn ve ark. (1997)'a göre azot kullanım etkinliğini % 50'ye kadar artırmak çevresel azot kaybını % 40' a kadar azaltmaktadır.

Rasyon Ham Protein Düzeyi

Dünyanın bazı bölgelerinde yüksek kaliteli meralar hayvanın gereksiniminden fazla protein içerebilmektedir (Hoekstra ve ark., 2007). Ayrıca yoğun (entansif) yetiştiricilik yapılan dünyanın çoğu yerinde süt sığırları gereğinden fazla ham proteinle beslenmektedir. ABD'de 103 büyük süt sığırcılığı işletmesi ile yapılan bir çalışmada işletmelerde kullanılan rasyonların ham protein oranı ortalaması % 17.8 olarak bulunmuştur (Caraviello ve ark., 2006). Jonker ve ark. (2002) ABD'de 5 eyalette 454 süt sığırları işletme sahibiyle yaptığı araştırma sonuçlarına göre; işletmeler hayvanlarını National Research Council (NRC)'in önerdiği azot gereksiniminin ortalama % 6.6 üzerinde beslemekte, bu durum idrar azot atımında %

16, dışkı azot atımında % 2.7 oranında artışa sebep olmaktadır. Ülkemizde özellikle satın alınan yoğun yemlerin yüksek proteinli olması tercih nedenidir. Ayrıca rasyon protein seviyesi daima yüksek tutulmaya çalışılır. Oysa ek protein ilaveleri her zaman süt verimi performansını artırmamaktadır (Santos ve ark., 1998). Örneğin Broderick (2003)'in çalışmasına göre orta laktasyondaki süt sığırlarına % 16.7'nin üzeri ham protein seviyeleri süt ve süt protein verimi üzerinde herhangi olumlu etki etmemektedir. Wattiaux ve Karg (2004)' a göre yonca-mısır silajı ağırlıklı laktasyon başlangıcındaki süt sığırlarının rasyon ham protein düzeyini % 17.5'dan % 16.4 düşürmek süt ve süt protein verimini düşürmemektedir. Wu ve Satter (2000)'in araştırmalarına göre ise; laktasyonda 11.000 kg süt veren hayvanları laktasyonun üçte ikilik kısmında % 17.5, laktasyonun kalan kısmında % 16 ham proteinle beslemek süt performans parametrelerini etkilememektedir.

Rasyona gereğinden fazla protein ilavesi yemleme maliyetinin artmasına, üreme performansının düşmesine (Butler, 2000), rumende aminoasitlerin mikroorganizmalar tarafından skatol, indol ve dimetil sülfid gibi süte geçebilen istenmeyen aromatik bileşiklere yıkılarak sütün endüstriyel kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır (Reid ve ark., 2015). Gereksinimden fazla azot tüketimi üre döngüsünden daha fazla azotun böbreklere gönderilmesine yol açarak idrarla azot atımını artırmaktadır. Reynolds ve Kristensen (2008) mikrobiyal protein sentezinde kullanılan azotun, yüksek azot içeren rasyonları alan hayvanlarda % 17-26 oranında üre döngüsünden geldiğini, buna karşın bu değer düşük rasyon azotu alan hayvanlarda % 28-72 olduğunu belirtmektedirler. Colmenero ve Broderick (2006)'in bulgularına göre rasyon ham proteini % 13.5'den % 19.4'e çıkarıldığı zaman idrar azot atımı üç kat artmaktadır. Rasyon protein düzeyini hayvanın gereksinim düzeyine çekmek azot atımını azaltmaktadır. Sajeev ve ark. (2018)'in bulgularına göre rasyon protein seviyesini bir puan düşürmek, amonyak salınımında % 17 düşme sağlamaktadır. Agle ve ark. (2010) rasyon ham protein oranını % 15.4'den % 13.4'e indirmenin altlıktan salınan amonyak miktarında % 38'e kadar düşme sağlayacağını bildirmişlerdir. Ancak, süt sığırlarında % 15 ve altı ham protein içeren rasyonlarda kuru madde tüketimi, selüloz sindirimi ile süt verimi düşebilir (Huhtanen ve Hristov, 2009).

Hayvanın canlı ağırlığı, yaş ve verime göre rasyon içeriğinde gerekli düzenlemeleri yapmak, azot kullanım etkinliğini artırarak altlıktan amonyak çıkışı azaltmaktadır. Örneğin Law ve ark. (2009)'nın yaptıkları araştırmaya göre; laktasyonun ilk 150 günü % 11.4, %

14.4 ve % 17.3 ham protein içeren rasyonların azot kullanım etkinlik oranı sırasıyla % 42, % 39 ve % 35 olmuştur. Laktasyonun kalan 155 günlük evresinde rasyon proteini % 14.4'den % 17.3'e çıkarıldığında azot kullanım etkinlik oranı % 37'den % 30'a düşmüştür. Rasyon proteini % 17.3'den % 14.4'e düşürüldüğünde ise söz konusu değer % 30'dan % 36'ya yükselmiştir. Klausner ve ark. (1998) doğru yemlemenin süt verimini % 13 artırarak, azot atımını % 34'e kadar düşürdüğünü saptamıştır.

Rasyon Protein Kaynakları

Merada otlayan hayvanlar ile rasyonlarında baklagil otları ya da silajları bulunan hayvanların azot kullanım etkinliği genelde düşüktür (Hoekstra ve ark., 2007). Bu durum rasyona ek protein ilavelerini gerektirmekte ve dolayısıyla hayvanlar ihtiyaç fazlası proteini dışarı atarak azot kirliliğine sebep olmaktadır.

Rumende gereğinden fazla kolay parçalanabilir protein tüketimi ile idrarla azot atımı arasında doğrusal ilişki vardır. Yapılan bir araştırmada; rumende parçalanabilir protein miktarını günde 200 g azaltmakla, altlıktan salınan amonyak miktarı % 40 azalmaktadır (Lee ve ark., 2012). Smits ve ark. (1995) rumende kolay parçalanabilir protein miktarını düşük düzeyde tüketen hayvanların barınaklarından yüksek düzeyde tüketenlere göre altlıktan amonyak salınımı % 39 daha az olmaktadır.

Rasyon ham protein düzeyi değişmeksizin rumene dirençli ham protein içeriğini artırmak rumen amonyak yoğunluğunun düşmesine, dolayısıyla üre döngüsünden daha az azotun böbreklere gönderilmesine yol açmaktadır. Ayrıca rumene dirençli proteinler çoğunlukla idrar azotuna göre daha az amonyak salınımı yapan gübre ile atılmaktadır (Hristov ve Jouany, 2005). Bu amaçla yemlere ısı ya da formaldehidle ön uygulama yapmak yem proteinlerinin rumene direncini artırmaktadır. Castillo ve ark. (2001) rasyona formaldehidle ön işleme tabi tutulmuş soya ilavesiyle idrarla azot atımında önemli düşüşler sağlamışlardır. Ancak rasyon toplam proteininin % 60-64'ü rumende kolay parçalanabilir protein olmalıdır. Rumende kolay parçalanabilir protein miktarını gereğinden fazla azaltmak mikrobiyal protein üretimini düşürebilmektedir (Huhtanen ve Hristov, 2009). Santos ve ark. (1998)'nin 108 adet araştırma sonucunu karşılaştırdığı çalışma sonuçlarına göre; düşük düzeydeki rumende kolay parçalanabilir protein miktarı mikrobiyal protein üretimini düşürmektedir.

Yeşil yemlerin hasat sonrası kurutma ya da silolama öncesi soldurma süresinin mümkün olan en kısa sürede tamamlanması, gerçek proteinlerin yıkımını azaltmakta, azot kullanım etkinliğini yükseltmektedir.

Aminoasit dengesi yeterince ayarlanamayan rasyonlar aminoasit yıkımını artırmakta ve böylece idrarla azot atımı ile dolayısıyla altlıktan amonyak salınımını artırmaktadır (Lee ve ark. 2012). Metiyonin ve lizin özellikle yüksek verimli süt sığırlarının rasyonlarında sınırlayıcı aminoasitlerdir. Silaj ağırlıklı rasyonlarda ise histidin aminoasidi sınırlayıcı konuma geçebilmektedir. Lösin mikrobiyal protein üretimini artırmaktadır. Rasyona söz konusu aminoasitlerin rumenden korunmuş formları ilave edilerek, verim etkilenmeksizin rasyon ham protein oranını bir miktar daha düşürerek, idrarla atılan azot miktarını önemli derecede azaltmak mümkündür (Broderick ve ark., 2008; Lee ve ark., 2015).

Rasyon Karbonhidrat Kaynağı

Rasyona kolay fermente olabilir karbonhidrat ilavesi rumende azot kullanımını artırmaktadır. Ayrıca karaciğer ile splanknik dokularda aminoasitlerin glikoneojenez için kullanımını düşürmekte ve dolayısıyla meme bezi ya da kas hücresinde protein sentezini artırarak idrarla azot atılımını düşürmektedir. Hristov ve ark. (2005) süt sığırlarında rasyona % 20 oranında nişasta ya da glikoz ilavesinin selüloz ilavesine göre mikrobiyal protein sentezini % 43'e kadar artırdığını, idrarla atılan azot miktarında % 18.5-23.7 azalma olduğunu saptamışlardır. Buna karşın Bailey ve ark. (2012)'un yaptığı araştırmada kaba yem ağırlıklı rasyonlara hayvan başına günde 1200 g glikoz ilavesi mikrobiyal protein sentezini etkilememiştir.

Günün öğleden sonraki saatlerinde bitkideki suda çözünebilir karbonhidrat miktarı, sabah saatlerindeki göre daha yüksektir. Bu nedenle hayvanların öğleden sonra meraya çıkarılması azot kullanım etkinliğini artırmaktadır (Orr ve ark., 2001).

Diğer Besleme Uygulamaları

Kaba yemin olgunluk derecesi arttıkça, ligninleşme arttığı için, mikrobiyal protein sentezi olumsuz etkilenmektedir. Kaba yemin sindirilebilirliğini artırıcı uygulamalar yemin rumenden geçiş hızını artırmanın yanı sıra, mikrobiyal protein sentezini teşvik ederek azot kullanım etkinliğini olumlu yönde etkilemektedir. Öte yandan, kaba yemlerin silolanması, silolama protein yıkımını artırır, rumende azot kullanım etkinliğini olumsuz etkilemektedir. Buna karşın, silolama sırasında bakteriyel inokulant, organik asit ve melas kullanımı silaj pH'sını düşürerek protein yıkımını azaltmaktadır (Fijałkowska ve ark., 2015).

Esansiyel yağ, saponin ve tanen gibi bitki sekonder metabolitlerin (fitokimyasal) rasyona doğrudan katılması ya da bunlar bakımından zengin yemlere rasyonda yer verilmesi, bu sekonder metabolitler rumende protein

yıkımını azalttığından, azot kullanım etkinliğini olumlu yönde etkilemektedir (Salem ve ark., 2012).

Altılık Uygulamaları

Altılığın sap-saman ile karıştırılması (kompost), altılığa asit uygulaması, aliminyum-kalsiyum klorit, zeolit ve humat gibi absorban ilavesi, üreaz inhibitörü kullanmak gibi altılık uygulamaları ile altlıktan salınan amonyak miktarını düşürmek mümkündür (Varel, 1997; Shi ve ark., 2001). Ancak bunların çoğu kısa süreli etkilidir. Ek işçilik ve maliyet gerektirir. Ayrıca bazıları altılık kütlesinin, bazıları altılığın klor ve fosfor içeriğinin, bazıları ise sülfat salınımının artmasına yol açmaktadır (Hristov ve ark., 2011).

Altılığın sıvı ve katı kısımlarının ayrılması, altılığın üzerinin hava geçirmeyen plastik örtülerle örtülmesi, altılık yüzey alanının daraltılması, altılığın kurutulması altlıktan salınan amonyak miktarını düşürmektedir. Ayrıca altlıktan çıkan amonyakın ventilasyon sistemiyle bir biofiltrasyon düzeneğine sevk edilip, orada yakalanarak atmosfere karışmasının önlenmesi de mümkündür (Powers, 1999; Vander Zaag ve ark., 2008; Hristov ve ark., 2011).

Sonuç olarak, azot kirliliği içinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli çevresel sorunlarından birisidir. Süt sığırı yetiştiriciliği ise önemli tarımsal uğraşlardan birisidir. Ancak süt sığırları tükettikleri azotun önemli kısmını idrar ya da dışkı ile atarak hava, su ve toprakta kirliliğe yol açmaktadır. Kirliliğin ana kaynağı altlıktan salınan amonyak azotudur. Bazı yetiştiricilik, besleme ve altılık uygulamalarıyla altlıktan salınan azot miktarı önemli ölçüde düşürülebilmektedir. Her işletme bu uygulamalardan kendi şartlarına uygun olanları uygulayarak hem işletme gelirine, hem de çevreye olumlu katkı sağlayabilir.

ÖZET

Amaç: Bu derlemede, süt sığırcılığı kaynaklı azot kirliliğinin mevcut durumunu tartışmak ve süt sığırlarının azot kullanım etkinliğini artırmak için öneriler sunulması amaçlanmıştır.

Yöntem ve Bulgular: Çalışmada, bilimsel dergilerde yayınlanmış makalelerden ve konu ile ilgili kurumların web sayfalarındaki verilerden yararlanılmıştır. Süt sığırlarının rasyon azotunu kullanım etkinliği genel olarak düşüktür.

Genel Yorum: Süt sığırı rasyonlarında azot kaybıyla ilgili en önemli sorunlardan biri çevre ile ilgilidir. Altlıktan önemli miktarda azot, özellikle idrardan, enzimatik yıkım sonunda amonyaka dönüşerek atmosfere karışmaktadır. İnce partiküler madde ile asit yağmurları oluşumu, yeraltı sularında nitrat kirliliği ve toprak-yüzey sularında

ötrofikasyonu artırması amonyağın çevre ile ilgili olumsuz etkileridir. Amonyak ayrıca, diazot monooksit yoluyla sera gazı oluşumuna katkı sağlamaktadır. Genel olarak, rumende mikroorganizmaların kullanabileceğinden fazla amonyak üretilmesi idrarla azot kaybını artırmaktadır. Ruminantlarda azot kaybının bir diğer nedeni, aminoasitlerin protein sentezi yerine glikoneojenez amacıyla kullanılmasıdır. Ayrıca, süt proteini sentezi gereksinimine göre ayarlanmamış dengesiz aminoasit içeren rasyonlar azot kaybını artırmaktadır.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Altlıktan amonyak salınımı bazı yetiştiricilik, besleme ve altlık uygulamalarıyla önemli ölçüde düşürülebilmektedir. Süt sığırı işletmelerinden amonyak salınımını düşürmek, üreticilere faydasının yanında sürdürülebilir bir çevre için önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Süt sığırı, rasyon azotu, çevre.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Agle M, Hristov AN, Zaman S, Schneider C, Ndegwa PM, Vaddella VK (2010) Effects of ruminally degraded protein on rumen fermentation and ammonia losses from manure in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:1625-1637.
- Alexander RB, Smith RA, Schwarz GE, Boyer EW, Nolan JV, Brakebill JW (2008) Differences in phosphorus and nitrogen delivery to the Gulf of Mexico from the Mississippi River Basin. *Environ. Sci. Technol.* 42(3):822-830.
- Amann M, Bertok I, Borken-Kleefeld J, Cofala J, Heyes C, Höglund-Isaksson L, Sandler R (2011) Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: Modeling and policy applications. *Environ. Model. Softw.* 26(12): 1489-1501.
- Amann M, Borken-Kleefeld J, Cofala J, Hettelingh JP, Heyes C, Höglund-Isaksson L, Posch M (2014) The Final Policy Scenarios of the EU Clean Air Policy Package. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.
- Anonim (2014) Tarımda İş Sağlığı ve Güvenliği. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü. http://www.gelisimosgb.com.tr/Assets/images/Tarimda_Is_Sagligi_ve_Guvenligi_Rehberi_20170725_105051.pdf. (Erişim tarihi:10.02.2018)
- Anonim (2015) Düşük Karbonlu Ekonomiye Geçiş ve Paris COP 21 Zirvesi. <http://www.globalcompactturkiye.org/Mailing/COP21BilgiNotu>. (Erişim tarihi:10.02.2018)
- Anonymous (2008) Directive 2008/50/EC of The European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ>. (Erişim tarihi:15.08.2018)
- Anonymous (2009) Emergency Planning and Community Right-to-Know Act (EPCRA) Requirements. <http://www.epa.gov/emergencies/content/epcra/index.htm> (Erişim tarihi:10.06.2018)
- Anonymous (2010) Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf>. (Erişim tarihi:11.07.2018)
- Anonymous (2012) Standardised Calculation Methods for Animal Manure and Nutrients: Standard data 1990-2008. Statistics Netherlands, The Hague, the Netherlands. <https://www.cbs.nl/-/media/imported/documents/2009/31/2009-c172-pub.pdf>. (Erişim tarihi:11.05.2018)
- Anonymous (2013) National Rivers and Streams Assessment 2008–2009: A collaborative survey. EPA 841-D-13-001. USEPA Office of Wetlands, Oceans and Watersheds, Office of Research and Development, Washington, DC. <https://www.epa.gov/national./national-rivers-and-streams->(Erişim tarihi:16.01.2018)
- Anonymous (2015) UBA–Umweltbundesamt. Reaktiver Stickstoff in Deutschland: Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen, Dessau, http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/file_s/medien/378/publikationen/reaktiver_stickstoff_in_deutschland_0.pdf (Erişim tarihi:11.05.2018)
- Anonymous (2016) Turkey Greenhouse Gas Inventory 1990 to 2015: Annual report for submission under the framework convention on climate change. Turkish Statistical Institute. Ankara. <http://www.tuik.gov.tr>. (Erişim tarihi:08.03.2018)
- Anonymous (2018) Directive 91/676/EEC Concerning the Protection of Waters Against Pollution Caused by Nitrates from Agricultural Sources. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52013DC0683>. (Erişim tarihi:10.08.2018)
- Backes AM, Aulinger A, Bieser J, Matthias V, Quante M (2016) Ammonia emissions in Europe, part II: How ammonia emission abatement strategies affect secondary aerosols. *Atmos. Environ.* 126: 153-161.

- Bailey EA, Titgemeyer EC, Olson KC, Brake DW, Jones ML, Anderson DE (2012) Effects of ruminal casein and glucose on forage digestion and urea kinetics in beef cattle. *J. Animal Sci.* 90(10): 3505-3514.
- Behera SN, Sharma M, Aneja VP, Balasubramanian R (2013) Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20(11): 8092-8131.
- Borhan MS, Mukhtar S, Capareda S, Rahman S (2012) Greenhouse Gas Emissions from Housing and Manure Management Systems at Confined Livestock Operations. In: *Waste Management - An Integrated Vision Environmental Sciences*, Chapter 12, (Eds. Fernando, L., Rebellon, M.). InTech, Rijeka, Croatia. pp. 259-296.
- Bricker SB, Longstaff B, Dennison W, Jones A, Boicourt K, Wicks C (2007) Effects of Nutrient Enrichment in the Nation's Estuaries: A decade of change. NOAA Coastal Ocean Program, Decision Analysis Series No. 26. National Centers for Coastal Ocean Science, Silver Spring, MD.
- Broderick GA (2003) Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86: 1370-1381.
- Broderick GA, Stevenson MJ, Patton RA, Lobos NE, Olmos Colmenero JJ (2008) Effect of supplementing rumen-protected methionine on production and nitrogen excretion in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91: 1092-1102.
- Butler WR (2000) Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60: 449-457.
- Caraviello DZ, Weigel KA, Fricke PM, Wiltbank MC, Florent MJ, Cook NB, Rawson CL (2006) Survey of management practices on reproductive performance of dairy cattle on large US commercial farms. *J. Dairy Sci.* 89(12): 4723-4735.
- Castillo AR, Kebreab E, Beever DE, France J (2000) A review of efficiency of nitrogen utilisation in lactating dairy cows and its relationship with. *J. Anim. Feed Sci.* 9(1): 1-32.
- Castillo AR, Kebreab E, Beever DE, Barbi JH, Sutton JD, Kirby HC, France J (2001) The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. *J. Anim Sci.* 79: 247-253.
- Chen TF, Chang KH, Tsai CY (2014) Modeling direct and indirect effect of long range transport on atmospheric PM_{2.5} levels. *Atmos. Environ.* 89: 1-9.
- Colmenero JO, Broderick G (2006) Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89: 1704-1712.
- de Klein CAM, Eckard RJ (2008) Targeted technologies for nitrous oxide abatement from animal agriculture. *Aust. J. Exp. Agric.* 48: 14-20.
- Dewhurst RJ, Thomas C (1992) Modeling of nitrogen transactions in the dairy cow and their environmental consequences. *Livest. Prod. Sci.* 31:1-16.
- Dijkstra J, Bannink A, Bosma PM, Lantinga EA, Reijs JW (2018) Modeling the effect of nutritional strategies for dairy cows on the composition of excreta nitrogen. *Front. Sust. Food.* 2: 63.
- Doğan-Sağlamtimur N, Sağlamtimur B (2018) Sucul ortamlarda ötrofikasyon durumu ve senaryoları. *Ömer Halisdemir Üniv. Mühendis. Bilim. Derg.* 7(1): 75-82.
- Fijałkowska M, Pysera B, Lipiński K, Strusińska D, 2015. Changes of nitrogen compounds during ensiling of high protein herbage—a review. *Ann. Anim. Sci.* 15(2):289-305.
- Galloway JN, Dentener FJ, Capone DG, Boyer EW, Howarth RW, Seitzinger SP, Karl DM (2004) Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry.* 70(2): 153-226.
- Galloway JN, Townsend AR, Erismann JW, Bekunda M, Cai Z, Freney JR, Sutton MA (2008) Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science.* 320(5878): 889-892.
- Garnsworthy PC (2004) The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia emissions. *Anim. Feed Sci. Technol.* 112: 211-223.
- Gay SW, Schmidt DR, Clanton CJ, Janni KA, Jacobson LD, Weisberg S (2006) Odour, total reduced sulfur, and ammonia emissions from animal housing facilities and manure storage units in Minnesota. *Appl. Eng. Agric.* 19(3): 347-360.
- Habermeyer M, Roth A, Guth S, Diel P, Engel KH, Epe B, Knorr D (2015) Nitrate and nitrite in the diet: how to assess their benefit and risk for human health. *Mol. Nutr. Food Res.* 59(1): 106-128.
- Hanigan MD (2005) Quantitative aspects of ruminant splanchnic metabolism as related to predicting animal performance. *Anim. Sci.* 80: 23 -32.
- Hoekstra NJ, Schulte RPO, Struik PC, Lantinga EA (2007) Pathways to improving the N efficiency of grazing bovines. *Eur. J. Agron.* 26(4): 363-374.

- Hristov AN, Jouany JP (2005) Factors affecting the efficiency of nitrogen utilization in the rumen. (Ed. E. Pfeffer, AN. Hristov. Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle. CABI Publishing, Cambridge, USA. pp. 117-166.
- Hristov AN, Ropp JK, Grande KL, Abedi S, Etter RP, Melgar A, Foley AE (2005) Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. *J. Anim Sci.* 83(2): 408-421.
- Hristov AN, Hanigan M, Cole A, Todd R, McAllister TA, Ndegwa PM, Rotz A (2011) Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Can. J. Anim Sci.* 91(1): 1-35.
- Huhtanen P, Hristov AN (2009) A meta-analysis of the effects of protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92: 3222 -3232.
- Huntington GB (1989) Hepatic urea synthesis and site and rate of urea removal from blood of beef steers fed alfalfa hay or a high concentrate diet. *Can. J. Anim Sci.* 69: 215-223.
- Ipharraguerre IR, Clark JH (2005) Impacts of the source and amount of crude protein on the intestinal supply of nitrogen fractions and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88 (Suppl. 1):E22 -E37.
- Jonker JS, Kohn RA, High J (2002) Dairy herd management practices that impact nitrogen utilization efficiency. *J. Dairy Sci.* 85(5): 1218-1226.
- Kaplan M, Sönmez S, Tokmak S (1996) Antalya-Kumluca yöresi topraklarının nitrat içerikleri. *Türk J. Agric.* 23: 309-313.
- Kaya S, Akar F (2002) Metaller, diğer organik maddeler ve radyoaktif maddeler. In: Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji. 2. Baskı. (Eds. Kaya, S., Piriñçi, İ., Bilgili, A.) Ankara. pp. 240- 243.
- Klausner SD, Fox DG, Rasmussen CN, Tylutki TP, Chase LE, Stone WC, Wright PE (1998) Improving dairy farm sustainability I: An approach to animal and crop nutrient management planning. *J. Prod. Agric.* 11(2): 225-233.
- Kohn RA, Dou Z, Ferguson JD, Boston RC (1997) A sensitivity analysis of nitrogen losses from dairy farms. *J. Environ. Manage.* 50(4):417-428.
- Kupper T, Bonjour C, Menzi H, 2015. Evolution of farm and manure management and their influence on ammonia emissions from agriculture in Switzerland between 1990 and 2010. *Atmos. Environ.* 103: 215-221.
- Law RA, Young FJ, Patterson DC, Kilpatrick DJ, Wylie ARG, Mayne CS (2009) Effect of dietary protein content on animal production and blood metabolites of dairy cows during lactation. *J. Dairy Sci.* 92(3): 1001-1012.
- Lee C, Hristov AN, Heyler KS, Cassidy TW, Lapierre H, Varga GA, Parys C (2012) Effects of metabolizable protein supply and amino acid supplementation on nitrogen utilization, milk production, and ammonia emissions from manure in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95(9): 5253-5268.
- Lee C, Giallongo F, Hristov AN, Lapierre H, Cassidy TW, Heyler KS, Parys C (2015) Effect of dietary protein level and rumen-protected amino acid supplementation on amino acid utilization for milk protein in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98(3): 1885-1902.
- Lockyer DR, Whitehead DC (1990) Volatilization of ammonia from cattle urine applied to grassland. *Soil Biol. Biochem.* 22: 1137-1142.
- Lovett GM (1994) Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: an ecological perspective. *Ecol. Appl.* 4(4): 629-650.
- MacRae JC, Bruce LA, Brown DS, Farningham DA, Franklin M (1997) Absorption of amino acids from the intestine and their net flux across the mesenteric-and portal-drained viscera of lambs. *J. Anim Sci.* 75(12): 3307-3314.
- McMichael AJ (2003) Global Climate Change and Health: An old story writ large. Climate change and human health: Risks and responses. World Health Organization. Geneva, Switzerland.
- Metz B, Davidson OR, Bosch PR, Dave R, Meyer LA (2007) Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- Oenema O, Wrage N, Velthof GL, van Groenigen JW, Dolfing J, Kuikman PJ (2005) Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 72:51-65.
- Olivier JGJ, Schure KM, Peters JAHW (2017) Trends in global CO₂ and total greenhouse gas emissions. Summary of the 2017 Report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. The Hague.
- Orr RJ, Rutter SM, Penning PD, Rook AJ (2001) Matching grass supply to grazing patterns for dairy cows. *Grass. Forage Sci.* 56:352-361.
- Pacheco D, Waghorn GC (2008) Dietary nitrogen-definitions, digestion, excretion and consequences of excess for grazing ruminants. *Proc. N. Z. Grassl. Assoc.* 70: 107-116.
- Parsons CM (1995) Nutrient Utilization and Methods of Assessment—an environmental perspective. Deagussa Technical Symposium, May 17, Marriott Hotel, Indianapolis, IN, USA, pp. 1-5.

- Pinder RW, Strader R, Davidson CI, Adams PJ (2004) A temporally and spatially resolved ammonia emission inventory for dairy cows in the United States. *Atmos. Environ.* 38(23): 3747-3756.
- Polat HE, Olgun M (2009) Hayvancılık işletmelerindeki atık yönetimi uygulamalarının su kirliliği üzerine etkileri. *GOP Üni. Zir. Fak. Derg.* 26(2):71-80.
- Popp A, Lotze-Campen H, Bodirsky B (2010) Food consumption, diet shifts and associated non-CO₂ greenhouse gases from agricultural production. *Glob. Environ. Change.* 20: 451-62.
- Powers WJ (1999) Odor control for livestock systems. *J. Anim Sci.* 77 (Suppl. 2):169 -176.
- Putaud JP, Van Dingenen R, Alastuey A, Bauer H, Birmili W, Cyrys J, Harrison RM (2010) A European aerosol phenomenology-3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europe. *Atmos. Environ.* 44(10): 1308-1320.
- Pye HOT, Liao H, Wu S, Mickley LJ, Jacob DJ, Henze DK, Seinfeld JH (2009) Effect of changes in climate and emissions on future sulfate-nitrate-ammonium aerosol levels in the United States. *J. Geophys. Res.* 114: D1.
- Reid M, O'Donovan M, Elliott CT, Bailey JS, Watson CJ, Lalor STJ, Lewis E (2015) The effect of dietary crude protein and phosphorus on grass-fed dairy cow production, nutrient status, and milk heat stability. *J. Dairy Sci.* 98(1): 517-531.
- Reynolds CK, Kristensen NB, 2008. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: An asynchronous symbiosis. *J. Anim Sci.* 86 (Suppl. 14): E293-E305.
- Rius AG, McGilliard ML, Umberger CA, Hanigan MD (2010) Interactions of energy and predicted metabolizable protein in determining nitrogen efficiency in the lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.* 93: 2034 -2043.
- Rotz CA (2018) Modeling greenhouse gas emissions from dairy farms. *J. Dairy Sci.* 101(7): 6675-6690.
- Sajeev EPM, Amon B, Ammon C, Zollitsch W, Winiwarter W (2018) Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 110(1): 161-175.
- Salem AZM, Ronquillo M, Camacho LM, Cerrillo SMA, Domínguez IA, Bórquez JL (2012) Beneficial effects of plant extracts in ruminant nutrition: a review. *Indian J. Anim Sci.* 82(10): 1117-1121.
- Santos FAP, Santos JEP, Theurer CB, Huber JT (1998) Effects of rumen undegradable protein on dairy cows performance: a 12-year literature review. *J. Dairy Sci.* 81: 3182-3213.
- Shi Y, Parker DB, Cole NA, Auvermann BW, Melhorn JE (2001) Soil amendments to minimize ammonia emissions from beef cattle feedlots. *Trans. ASAE.* 44: 677-682.
- Smits MCJ, Valk H, Elzing A, Keen A (1995) Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 44(2):147-156.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C (2006) *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options.* FAO. Rome.
- Steinshamn H, Höglind M, Garmo T, Thuen E, Brenøe U (2006) Feed nitrogen conversion in lactating dairy cows on pasture as affected by concentrate supplementation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131: 25-41.
- Stern MD, Varga GA, Clark JH, Firkins JL, Huber JT, Palmquist DL (1994) Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 77: 2762-2786.
- Stevenson FJ (1982) *Nitrogen in Agricultural Soils.* Agron. Monogr. 22. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin.
- Stewart BA (1970) Volatilization and nitrification of nitrogen from urine under simulated cattle feedlot conditions. *Environ. Sci. Technol.* 4: 579-582.
- St-Pierre NR, Thraen CS (1999) Animal grouping strategies, sources of variation, and economic factors affecting nutrient balance on dairy farms. *J. Anim Sci.* 77(Suppl. 2): 72-83.
- Tagari H, Bergman EN (1978) Intestinal disappearance and portal blood appearance of amino acids in sheep. *J. Nutr.* 108:790-803.
- Varel VH (1997) Use of urease inhibitors to control nitrogen loss from livestock waste. *Bioresour. Technol.* 62: 11 -17.
- Varol S, Davraz A, Varol E (2008) Yeraltı suyu kimyası ve sağlığa etkisinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi. *Prev. Med. Bull.* 7(4):351-356.
- Vander Zaag AC, Gordon RJ, Glass VM, Jamieson RC (2008) Floating covers to reduce gas emissions from liquid manure storages: A Review. *Appl. Eng. Agric.* 24: 657 -671.
- van Grinsven HJ, Rabl A, de Kok TM (2010) Estimation of incidence and social cost of colon cancer due to nitrate in drinking water in the EU: a tentative cost-benefit assessment. *Environ. Health.* 9(1): 58.

- van Horn HH, Nordstedt RA, Bottcher AV, Hanlon EA, Graetz DA, Chambliss CF (1991) Dairy Manure Management: Strategies for recycling nutrients to recover fertilizer value and avoid environmental pollution. Circular-Florida Cooperative Extension Service. USA.
- Wattiaux MA, Karg KL (2004) Protein level for alfalfa and corn silage based diets: I. Lactational response and milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* 87: 3480–3491.
- Wray-Cahen D, Metcalf JA, Backwell FRC, Bequette BJ, Brown DS, Sutton JD, Lobley GE (1997) Hepatic response to increased exogenous supply of plasma amino acids by infusion into the mesenteric vein of Holstein-Friesian cows in late gestation. *Br. J. Nutr.* 78(6): 913-930.
- Wu Z, Satter LD (2000) Milk production during the complete lactation of dairy cows fed diets containing different amounts of protein. *J. Dairy Sci.* 83: 1042–1051.