

ارزیابی مدل دینامیکی متابولیسم نیتروژن در گاوهای شیری

سعید کامل ارومیه¹ - عباسعلی ناصریان^{2*} - رضا ولی‌زاده² - فاطمه هلن قانع³ - محمد بنایان اول⁴

تاریخ دریافت: 1393/06/30

تاریخ پذیرش: 1393/12/05

چکیده

جهت ارزیابی مدل دینامیکی متابولیسم نیتروژن در گاوهای شیرده ارائه شده توسط کبریب و همکاران (2002) از دو پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان "تأثیر مقادیر مختلف NFC بر عملکرد گاوهای شیرده هلشتاین و بیان مدل ریاضی آن بر توازن نیتروژن" و "اثر زمان برداشت یونجه اوایل غنچه دهی با نسبت‌های مختلف علوفه به کنسانتره بر ترکیب شیمیایی، خصوصیات تخمیری و عملکرد گاوهای شیری هلشتاین در اوایل شیردهی" استفاده شد. هر آزمایش شامل تعداد 8 رأس گاو شیری هلشتاین با چند شکم زایش شامل میانگین روزهای شیردهی به ترتیب 107 ± 28 و 59 ± 11 و میانگین وزن به ترتیب 644 ± 68 و 616 ± 58 کیلوگرم در قالب طرح مربع لاتین 4×4 تکرار شده با دوره‌های آزمایش 21 روزه بود. تیمارها در آزمایش اول شامل 33، 36، 39 و 42 درصد NFC در ماده خشک جیره و در آزمایش دوم شامل یونجه برداشت شده در بعد از ظهر با دو سطح 60 و 50 درصد کنسانتره و یونجه برداشته شده در صبح با دو سطح 60 و 50 درصد کنسانتره در ماده خشک جیره بود. همسو با نتایج کبریب و همکاران با افزایش میزان مصرف نیتروژن، نیتروژن دفع شده از مدفوع و همچنین ادرار به طور خطی افزایش یافت. همچون نتایج کبریب و همکاران و کاستیلو و همکاران، برای نیتروژن دفع شده از ادرار پیش‌بینی‌ها در مقایسه با مدل‌های ارائه شده توسط دوو و همکاران (1996) و کوهن و همکاران (1997) تطابق بهتری با مشاهدات داشتند. در نیتروژن وارد شده در شیر و دفع شده از ادرار مشابه نتایج کبریب و همکاران پیش‌بینی‌های مدل در این آزمایش نیز بیشتر از مشاهدات بود. کمترین میانگین درصد خطا و اختلاف RMSPE با سطح مطلوب آن به ترتیب در نیتروژن دفع شده از مجموع ادرار و مدفوع، نیتروژن مترشحه در شیر، نیتروژن دفع شده از ادرار و در نهایت نیتروژن دفع شده از مدفوع مشاهده شد. نتایج حاصل از پیش‌بینی‌های مدل ارائه شده توسط کبریب و همکاران در این آزمایش بهترین تخمین را در مجموع نیتروژن دفع شده از ادرار و مدفوع و کمترین دقت را در تخمین نیتروژن دفع شده از مدفوع دارد. ارزیابی مدل نشان داد اگر چه رابطه دو خطی (bi-Linear) در ارزیابی‌های کبریب و همکاران در این آزمایش مشاهده نشد اما نتایج به دست آمده شباهت زیادی با نتایج کبریب و همکاران داشت با این وجود به نظر می‌رسد جهت افزایش دقت مدل، نیاز به بررسی و ارزیابی بیشتر مدل و پارامترهای آن می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی مدل، پیش‌بینی، گاو شیری، نیتروژن.

مقدمه

در محیط زیست می‌باشد (28). آلودگی نیتروژن به وسیله گاوهای شیری در سیستم‌های دامپروری متراکم در اروپا و آمریکا و کشورهای در حال توسعه از جمله ایران به دلیل افزایش مصرف مکمل‌های پروتئینی در حال افزایش است. افزایش تولیدات گاوهای شیری سبب افزایش هدر رفت نیتروژن در مدفوع و ادرار می‌شوند (24). اولین راهکار جهت کاهش دفع نیتروژن از ادرار (2 و 15) یا مدفوع و یا هر دو آنها (8 و 20)، کاهش مصرف نیتروژن در جیره‌های غذایی است. این راهکار زمانی دست یافتنی است که تأثیر معنی‌داری بر کاهش عملکرد دام‌ها نداشته باشد. یکی دیگر از راه‌های کاهش دفع نیتروژن در دام‌ها، بهبود راندمان مصرف نیتروژن می‌باشد (6). متابولیسم نیتروژن در شکمبه که به عنوان مهم‌ترین عامل در بهبود راندمان

اهمیت نقش مزرعه‌های دامپروری در آلودگی محیط زیست در سرتاسر جهان به طور چشم‌گیری رو به افزایش است (27). در گاوهای شیری دفع نیتروژن از ادرار و مدفوع عمده‌ترین منبع آلودگی

1- دانشجوی کارشناسی ارشد تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،

2- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،

3- استاد گروه ریاضی محض، دانشکده ریاضی، دانشگاه فردوسی مشهد،

4- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

(* - نویسنده مسئول: Email: absalin@yahoo.com

DOI: 10.22067/ijasr.v1i1.35242

عملکرد گاوهای شیرده هلشتاین و بیان مدل ریاضی آن بر توازن نیتروژن " (19) و " اثر زمان برداشت یونجه اوایل غنچه‌دهی با نسبت‌های مختلف علوفه به کنسانتره بر ترکیب شیمیایی، خصوصیات تخمیری و عملکرد گاوهای شیری هلشتاین در اوایل شیردهی " بود (13 و 19).

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در مدل

کبریب و همکاران (21) از داده‌های 5 آزمایش تعادل نیتروژن انجام شده در واحد متابولیسم مرکز تحقیقات گاو شیری (CEDAR) دانشگاه ریدینگ برای توسعه مدل خود استفاده کردند (جدول 1). در آزمایشات از 30 گاو فریزین-هلشتاین با چند شکم زایش در اوایل شیردهی یا اواسط شیردهی استفاده شد. گاوها با 30 جیره غذایی متفاوت تغذیه شدند که شامل 10 نوع سیلاژ گراس و 6 نوع کنسانتره بود. برای هر آزمایش کل نیتروژن مصرفی و دفع شده از مدفوع، ادرار و نیتروژن شیر اندازه‌گیری شد. به‌علاوه غلظت ترکیبات خوراک از ماده خشک، پروتئین خام، NDF، ADF، نشاسته، کربوهیدرات محلول در آب، خاکستر، کلسیم، فسفر، نیتروژن آمونیاکی، اتانول، کل اسیدهای چرب فرار، pH، انرژی قابل متابولیسم و انرژی قابل متابولیسم قابل تخمیر (FME) تعیین شدند. کبریب و همکاران (22) جهت ارزیابی مدل خود از داده‌های مستقل آزمایشات انجام شده در خدمات مشاوره‌ای و توسعه کشاورزی (ADAS) در Bridgets استفاده کردند (جدول 1). داده‌ها از 4 آزمایش انجام شده که به‌عنوان بخشی از مطالعه حداقل سیستم‌های گاو شیری (MIDaS) مرتبط با تعادل نیتروژن بر روی گاوهای فریزین-هلشتاین در ابتدای شیردهی یا اواسط آن بود، استفاده شدند (21). برای هر آزمایش کل نیتروژن مصرفی و دفع شده از مدفوع، ادرار و نیتروژن شیر تعیین شد همچنین جزئیات آنالیز شیمیایی جیره‌های غذایی در دسترس بود.

ساختار مدل

مدل شامل چهار مخزن: 1- مخزن نیتروژن جیره‌ای (QDi)، 2- مخزن نیتروژن میکروبی (QMi)، 3- مخزن نیتروژن اسید آمینه (QAa) و 4- مخزن نیتروژن اوره و آمونیاک (QUr) می‌باشد که ورودی و خروجی‌های هر مخزن به وسیله پیکان‌ها نشان داده شده است (شکل 1). شرح علامات و نشان‌ها در جدول 2 قابل مشاهده است، همچنین در بخش ضمیمه معادلات دیفرانسیل به کار رفته در مدل ذکر گردیده است. به دلیل ساده شدن مدل، نیتروژن اوره‌ای و آمونیاکی ادغام شده است (نیتروژنی که از شکمبه به شکل آمونیاک خارج می‌شود و در کبد به اوره تبدیل می‌شود). مدل در ACSL برنامه ریزی و با استفاده از نرم افزارهای Concord، MGA و MA

مصرف نیتروژن شناخته شده است (28)، به دو بخش پروتئین قابل تجزیه در جیره غذایی و پروتئین میکروبی سنتز شده در شکمبه تقسیم می‌شود (4). به خوبی شناخته شده است که نیتروژن پروتئین قابل تجزیه در شکمبه و چرخه آمونیاک در بدن دام دو منبع اصلی مصرف نیتروژن توسط میکروارگانیسم‌ها می‌باشد (16). بنابراین میزان پروتئین قابل تجزیه یکی از تأثیرگذارترین منابع جهت رشد میکروبی و بهبود راندمان نیتروژن مصرفی می‌باشد (25). همچنین میزان انرژی جیره بر قابلیت تجزیه پذیری پروتئین در شکمبه و نرخ تخمیر شکمبه‌ای (14 و 26) و اثر متقابل بین هضم پروتئین و سوخت و ساز آن، اثر گذار است (12). به‌علاوه، سنتز نیتروژن میکروبی وابسته به اکوسیستم طبیعی میکروارگانیسم‌ها می‌باشد، که مطابق نوع انرژی جیره تغییر می‌کند (5). بنابراین جهت کاهش آلودگی ناشی از دفع نیتروژن در دام‌ها باید هر یک از عوامل مورد بررسی قرار گرفته و نقش آن‌ها مشخص شود (11). از گذشته مدل‌های ریاضی جهت پیش‌بینی پتانسیل دفع نیتروژن در گاوهای شیری مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند. به طور عمده این مدل‌ها دارای ماهیتی از نوع تجربی¹ هستند که بر پایه‌ی یک فرایند مشخصی نمی‌باشند (1، 18 و 23). دوو و همکاران (10) و کوهن و همکاران (22) مدل‌هایی را جهت جریان کمیت نیتروژن در سطح یک مزرعه ایجاد کردند که در سطح بالاتری از مجموعه داده، نسبت به یک مدل تمام حیوانی که نیاز به توصیف دفع نیتروژن دارد، است (21). مؤلفه‌های حیوانی در این مدل‌ها بر پایه‌ی CNCPS است که این سیستم‌ها خود شامل تعداد زیادی عناصر تجربی (مدل‌های Empirical) هستند و بر پایه‌ی تعدادی از فرضیات بحث برانگیز می‌باشند (3 و 9). جانکر و همکاران (17) مدلی بر پایه حیوان کامل بر اساس مجموعه‌ای از داده‌ها ارائه دادند و نشان دادند مدل می‌تواند با سطح دقیقی بالا نیتروژن دفعی از ادرار را از نیتروژن اوره‌ای شیر پیش‌بینی کند (17). با این حال آنها نشان دادند هنگامی که دفع نیتروژن به دلیل کمیت پروتئین، تجزیه پذیری پروتئین، انرژی ناکافی و غیره باشد مدل شناسایی و پیش‌بینی خود را نمی‌تواند انجام دهد (18). بنابراین نیاز به توسعه یک مدل که بتواند پروسه‌های بیولوژیکی در حیوانات و تغییرات تغذیه‌ای جهت تشخیص سهم دقیق آنها در آلودگی محیط را ارزیابی کند وجود دارد (21). هدف از مدل‌سازی کبریب و همکاران (21) توسعه مدلی دینامیکی بر پایه روشی مشخص که توانایی پیش‌بینی کمیت و ماهیت نیتروژن دفع شده در گاوهای شیری تحت جیره‌های تغذیه‌ای متفاوت را داشته باشد، و همچنین مدل بتواند با استفاده از داده‌های آزمایشات دیگر ارزیابی شود، بود (21). هدف این مطالعه ارزیابی مدل ارائه شده توسط کبریب و همکاران (21) به وسیله نتایج به دست آمده از دو آزمایش مستقل با عناوین "تأثیر مقادیر مختلف NFC بر

استفاده از بهینه سازی ACSL (نرم افزار MGA) انجام شد. در این مرحله جهت بهینه سازی پارامترها از مقادیر اولیه استفاده شد. از یک دامنه برای سایر پارامترهای اولیه که فاقد یک مقدار مشخص یا ثابت بودند استفاده شد. برآورد پارامترها بر پایه‌ی بهینه‌سازی یک تطابق خوب و به حداقل رساندن اشتباهات (خطاها) بود.

بهینه سازی شد. از معادلات رونگه-کوتای درجه چهار جهت یکپارچه سازی عددی استفاده و مدل تا زمانی که وضعیت ثابتی برای هر سطح از نیتروژن مصرفی به دست آمد اجرا شد. جهت بهینه سازی پارامترهای مدل، کبریب و همکاران (21) از نرم افزار MGA استفاده کردند. یک بهینه سازی نامحدود از تمام مقادیر (همه پارامترها) با

جدول 1- خلاصه داده‌های مورد استفاده جهت ساخت و ارزیابی مدل ارائه شده توسط کبریب و همکاران

Table 1- Summary of the data used in the construction (from Center for Dairy Research, University of Reading, CEDAR) and evaluation (from Agricultural Development and Advisory Service (ADAS) Bridgerts) of the Kebreab's model

مورد Item	میانگین Mean	دامنه Range	SD
CEDAR Data ¹			
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم بر روز) DMI (kg/d)	16.86	15.35-18.10	0.86
نیتروژن مصرف شده (گرم بر روز) Nitrogen intake (g/d)	437.3	288.5-628.6	72.94
نیتروژن خروجی (گرم بر روز) Nitrogen output (g/d)			
مدفوع Feces	146.7	92.13-197.0	21.19
ادرار Urine	152.7	64.66-352.6	55.65
شیر Milk	122.2	75.80-182.0	23.15
ADAS Data ²			
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم بر روز) DMI (kg/d)	17.3	17.24-19.12	0.67
نیتروژن مصرف شده (گرم بر روز) Nitrogen intake (g/d)	447.9	341.2-563.0	60.16
نیتروژن خروجی (گرم بر روز) Nitrogen output (g/d)			
مدفوع Feces	168.9	130.2-242.9	23.70
ادرار Urine	414.9	29.50-243.9	38.17
شیر Milk	126.5	72.10-162.8	16.53

¹ داده‌های مستخرج از مرکز تحقیقات گاو شیری دانشگاه ری‌دینگ جهت ساخت مدل توسط کبریب و همکاران.

² داده‌های مستخرج از مرکز خدمات مشاوره‌ای و توسعه کشاورزی بریدگس جهت ارزیابی مستقل مدل توسط کبریب و همکاران.

¹Extracted from Dairy Cattle Research Center Riding university.

²Extracted from Bridgerts Agricultural Development and Advisory Service Center.

(RUP-N) که به مخزن نیتروژن اسید آمینه‌ای وارد شده و یا به شکل مدفوع دفع می‌شود. 2- نیتروژن پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (RDP-N) که به مخزن نیتروژن میکروبی و مخزن نیتروژن اوره‌ای و آمونیاکی وارد می‌شود (معادله 1/3). میزان نیتروژن جیره‌ای در دسترس جمعیت میکروبی در شکمبه برابر با کل نیتروژن پروتئینی

جریان‌ات بین مخزن‌ها

مخزن نیتروژن جیره

این مخزن دارای یک ورودی است و آن میزان نیتروژنی است که از نیتروژن جیره به مخزن وارد می‌شود (معادله 1/1). دو خروجی از این مخزن وجود دارد: 1- نیتروژن پروتئین غیرقابل تجزیه در شکمبه

اسید آمینه‌ها در بدن که وارد مخزن نیتروژن اوره و آمونیاک (QUr) می‌شود (معادله $3/5, kAaUr = 0/32 /d$).

مخزن نیتروژن اوره و آمونیاک

ورودی‌های این مخزن از دو منبع منشأ می‌گیرند. بخش ناکارآمد حاصل از مصرف اسیدهای آمینه و کاتابولیسم آنها که از مخزن نیتروژن اسید آمینه وارد می‌شود (معادله $4/1, YUrAa = 1$). بخش دیگر از پروتئین تجزیه شده و همچنین نیتروژن غیر پروتئینی که به آمونیاک تبدیل می‌شود است (معادله $4/2, 1 - YMiDi$). خروجی‌های این مخزن از طریق مصرف آمونیاک به وسیله جمعیت میکروبی شکمبه، چرخه نیتروژن اوره‌ای خون به بافت شکمبه همچنین از طریق تبدیل آمونیاک اضافی به اوره و دفع از طریق ادرار می‌باشد. میزان حداکثر کمیت نیتروژن مصرف شده به وسیله میکروارگانیزم‌های شکمبه بازاری هر واحد از انرژی قابل متابولیسم قابل تخمیر توسط AFRC (1) تعیین شده است (معادله $4/3, d / kUrMi = 30/6$). از یک معادله با یک کمیت وابسته ثابت ($kUrMi$) که نشان‌دهنده میزان نیتروژن جریان یافته به مخزن نیتروژن میکروبی بود، استفاده شد (معادله $4/3, kUrMi \geq 0/1$). میزان نسبی از نیتروژن که به اوره تبدیل شده و از طریق ادرار دفع می‌شود غیرقابل دسترس است، بنابراین در داده‌های ابتدایی استفاده شده در مدل از یک دامنه در محدوده‌ی $0/01 \leq kUrUn \leq 1/0 /d$ استفاده شد (معادله $4/4$).

نیتروژن دفع شده

نیتروژن دفع شده از مدفوع و ادرار به وسیله مدل قابل محاسبه می‌باشد. نیتروژن موجود در مدفوع از مجموع نیتروژن غیر قابل هضم جیره، نیتروژن میکروبی دفع شده و نیتروژن اندوژنوس به دست می‌آید. در آزمایشات استفاده شده جهت توسعه (ساخت) مدل، نیتروژن اندوژنوس مدفوع (که از طریق تفاوت بین مشاهدات با نیتروژن میکروبی و نیتروژن جیره به دست آمد) دامنه‌ای بین 5 تا 20 درصد از نیتروژن مدفوع غیر جیره‌ای را شامل می‌شد (7)، (معادله $5/2, 0/20 \leq NEn \leq 0/05$).

ساختار داده‌های مورد استفاده جهت ارزیابی مدل

در آزمایشات مورد استفاده جهت ارزیابی مدل کبیرب و همکاران (21) از 16 رأس گاو هلشتاین در دو طرح مربع لاتین 4×4 استفاده شد (1 و 2). گاوها با 8 تیمار غذایی متفاوت تغذیه شدند. برای هر آزمایش کل نیتروژن مصرفی و دفع شده از مدفوع، ادرار و نیتروژن شیر اندازه‌گیری شد (جدول 3). به‌علاوه غلظت ترکیبات خوراک شامل ماده خشک، پروتئین خام، NDF، ADF، نشاسته، کربوهیدرات‌های غیر الیافی، خاکستر، کلسیم، فسفر، نیتروژن آمونیاکی، pH و انرژی قابل متابولیسم تعیین شدند.

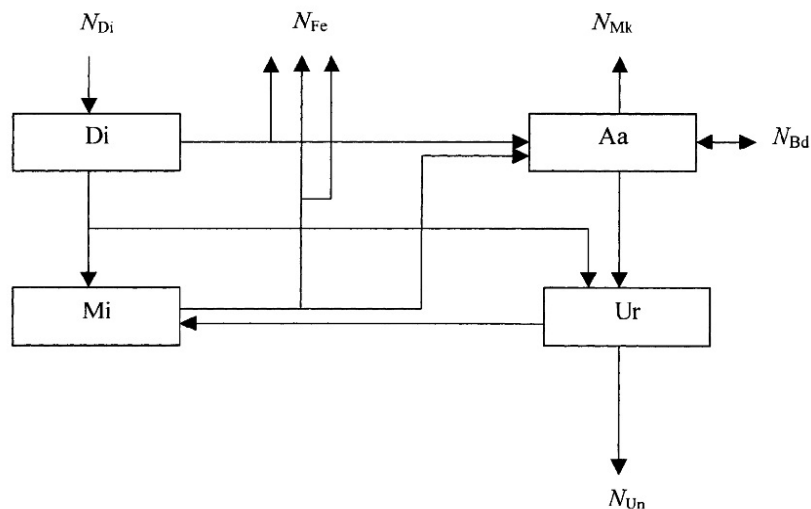
منه‌ای RUP-N است. بنابراین پتانسیل نیتروژن در دسترس برای میکروارگانیزم‌های شکمبه 57% از میزان نیتروژن جیره است (معادله $1/3, kDiMi = 0/57 /d$).

مخزن نیتروژن میکروبی

یکی از ورودی‌های مخزن نیتروژن میکروبی میزان نیتروژنی است که به شکل پپتید از مخزن نیتروژن جیره‌ای وارد می‌شود. با توجه به عدم برآورد دقیق میزان تجزیه اسیدهای آمینه در شکمبه، پتانسیل نیتروژن قابل تجزیه در شکمبه بین 5 تا 30 درصد در نظر گرفته شد (معادله $2/1, 0/05 \leq YMiDi \leq 0/3$). ورودی دیگر به این مخزن از مخزن نیتروژن اوره و آمونیاک می‌باشد که میزان پتانسیل در دسترس نیتروژن در شکمبه را نشان می‌دهد (معادله $2/2, YMiUr = 1/0$). تنها خروجی از این مخزن مجموع مقدار پروتئین حقیقی میکروبی قابل تجزیه و نیتروژن میکروبی مدفوع می‌باشد (معادله $2/3, kMiAa = 1/0 /d$).

مخزن نیتروژن اسید آمینه

این مخزن دارای یک ورودی از نیتروژن جیره به شکل RUP-N که قابلیت هضم و سپس جذب به شکل اسید آمینه را دارد، می‌باشد. مطابق AFRC (1993) حدود 80 درصد از RUP-N به صورت اسید آمینه جذب می‌شوند (معادله $3/1, YAaDi = 0/8$). همچنین این مخزن ورودی‌هایی از نیتروژن مخزن میکروبی، به شکل پروتئین میکروبی حقیقی قابل هضم، دارد. به طور کلی 64 درصد از نیتروژن پروتئین حقیقی میکروبی هضم و 36 درصد آن از طریق مدفوع دفع می‌شود (معادله $3/2, YAaMi = 0/64$). اسیدهای آمینه می‌توانند جهت رسوب‌گذاری در بافت بدن (ساخت عضلات) استفاده شوند (UAaBd). در این مدل UAaBd، دارای یک مسیر دو طرفه است (معادله $3/3$)، این مسیر دو طرفه به جهت مقایسه بخش در حال سنتز ($kAaBd QAa$) یا در حال تجزیه (NDg) می‌باشد. NDg به‌عنوان یک ثابت در نظر گرفته شده است که نشان‌دهنده تعادل نیتروژن در بدن گاو شیری است. زمانی که NDg بزرگتر از $kAaBd QAa$ باشد، حیوان از نیتروژن ذخیره شده در بدنش استفاده خواهد کرد. تخمین درستی از مقدار $kAaBd$ و NDg در دسترس نیست و در این مدل $kAaBd$ بزرگ‌تر مساوی $0/01$ و NDg کوچکتر مساوی 1 در نظر گرفته شد (معادله $3/3$). علاوه بر نیتروژنی که در تبادل با بافت بدن است، دو خروجی دیگر از این مخزن وجود دارد. 1- بخشی از نیتروژن اسید آمینه‌ای که جهت ساخت نیتروژن شیر استفاده می‌شود که مطابق AFRC (1) راندمان استفاده از نیتروژن پروتئین حقیقی میکروبی قابل هضم و همچنین RUP-N جهت تولید شیر در حدود 68 درصد در نظر گرفته شده است (معادله $3/4, 0/68 /d = kAaMk$). 2- مجموع بخشی از نیتروژن اسید آمینه‌ای و کاتابولیسم



شکل 1- نمای شماتیک مدل سوخت و ساز نیتروژن در گاوهای شیری باکس‌ها و پیکان‌ها به ترتیب نشان‌دهنده مخزن و جریان نیتروژن می‌باشند.

Figure 1- Schematic representation of model of N metabolism in the dairy cow. Boxes and fluxes indicate N pools and arrows, respectively.

جدول 2- شرح علامات و نشان‌های مورد استفاده در نمای شماتیک مدل

Table 2- Symbols and subscripts used in the model

شرح	علامات و نشان‌ها	شرح	علامات و نشان‌ها
Description	Symbol	Description	Symbol
نیتروژن شیر	N_{Mk}	مخزن جیره	Di
Milk Nitrogen		Diet	
نیتروژن بدن	N_{Bd}	مخزن میکروارگانیسم‌ها	Mi
Body Nitrogen		Microbes	
نیتروژن خوراک	N_{Di}	مخزن آمینو اسیدها	Aa
Diet Nitrogen		Amino acids	
نیتروژن ادرار	N_{Un}	مخزن اوره و آمونیاک	Ur
Urine Nitrogen		Urea and ammonia	
نیتروژن مدفوع	N_{Fe}	داده مشاهده شده	O_i
Feces Nitrogen		Observed	
تعداد	N	داده پیش‌بینی شده	P_i
Number		Predicted	

خطا⁴ (MBE) به دست آمد (جدول 4).

$$MSPE = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - P_i)^2}{n} \quad (6)$$

$$RMSPE = \left[\sum_{i=1}^N \frac{(O_i - P_i)^2}{n} \right]^{0.5} \quad (7)$$

داده‌های مشاهده شده از هر دو آزمایش کامل (19) و فیروزی (13) در مدل قرار داده و از پارامترهای نهایی مدل کبریب و همکاران (21) جهت پیش‌بینی‌های مدل استفاده شد و نتایج به دست آمد. میزان دقت پیش‌بینی مدل و ارزیابی خطای موجود در پیش‌بینی‌ها از طریق محاسبه معادلات 6 تا 9 به ترتیب میانگین مربعات خطای پیش‌بینی شده¹ ($MSPE$)، ریشه دوم میانگین مربعات خطای پیش‌بینی شده² ($RMSPE$)، میانگین درصد خطا³ (MPE) و میانگین

3- Mean Percentage Error
4- Mean Bias Error

1- Mean Square Prediction Error
2- Root Mean Square Prediction Error

جدول 3- خلاصه داده‌های مستخرج از دو پایان نامه کامل و فیروزی جهت ارزیابی مدل کبریب

Table 3- Summary of the data used in the evaluation of the Kebreab's model

مورد Item	میانگین Mean	دامنه Range	SD
Kamel data¹			
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم بر روز) DMI (kg/d)	25.2	19.7-28.2	1.7
نیتروژن مصرف شده (گرم بر روز) Nitrogen intake (g/d)	705.6	553.7-783.1	48.4
Firuzi data²			
نیتروژن خروجی (گرم بر روز) Nitrogen output (g/d)			
مدفوع Feces	199.3	161.6-243.3	24.3
ادرار Urine	307.7	195.6-397.6	47.1
شیر Milk	171.5	104.6-218.2	25
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم بر روز) DMI (kg/d)	23.24	19.5-27.5	2
نیتروژن مصرف شده (گرم بر روز) Nitrogen intake (g/d)	654.4	542.2-782.3	85
نیتروژن خروجی (گرم بر روز) Nitrogen output (g/d)			
مدفوع Feces	171.1	149.5-226.3	25
ادرار Urine	285.3	146.7-445.3	72
شیر Milk	165.8	131.7-197.5	17.3

¹ داده‌های مستخرج از پایان نامه کامل (2014)² داده‌های مستخرج از پایان نامه فیروزی (2014)¹ Extracted from Kamel's thesis (2014)² Extracted from Firuzi's thesis (2014)

آزمایش به ترتیب شکل‌های 2 تا 8 رابطه بین نیتروژن مصرف شده و دفع شده از مدفوع، ادرار، مترشحه در شیر و دفع شده از مجموع ادرار و مدفوع را نشان می‌دهند. هم‌چنین میزان خطای موجود در پیش‌بینی‌های مدل در جدول 4 قابل مشاهده است. در ارزیابی و نتایج کبریب و همکاران (21)، پیش‌بینی‌های مدل دارای یک رابطه دو خطی¹ بین میزان نیتروژن مصرفی و نیتروژن دفع شده از مدفوع بود. کبریب و همکاران (20) و کاستیلو و همکاران (7) نتایج مشابهی بر اساس اندازه‌گیری‌های 580 نمونه در آزمایشات تعادل نیتروژن در گاوهای شیری گزارش کردند (7 و 21). کبریب و همکاران (21)

$$MPE = \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{|O_i - P_i|}{O_i} \right) \times 100 \right] / n \quad (8)$$

$$MBE = \left[\sum_{i=1}^n (P_i - O_i) \right] / n \quad (9)$$

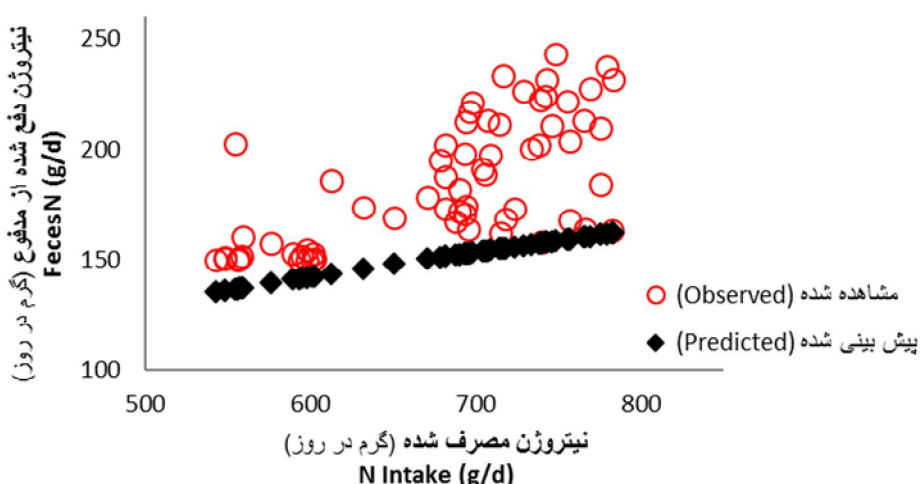
نتایج و بحث

پیش‌بینی‌های مدل و ارزیابی آن

هدف اصلی ارائه مدل توسط کبریب و همکاران (21)، پیش‌بینی مقدار و ماهیت نیتروژنی است که توسط گاوهای شیری تحت جیره غذایی مختلف بر پایه سیلاژ ذرت دفع می‌شود، می‌باشد (21). در این

(13) پیش‌بینی‌ها به دلیل مصرف بیش از 420 گرم نیتروژن در روز رابطه دو خطی را نشان نداد اما مشابه نتایج کبریب و همکاران با افزایش میزان مصرف نیتروژن، نیتروژن دفع شده از مدفوع و ادرار نیز به طور خطی افزایش یافت (شکل 1 و 3).

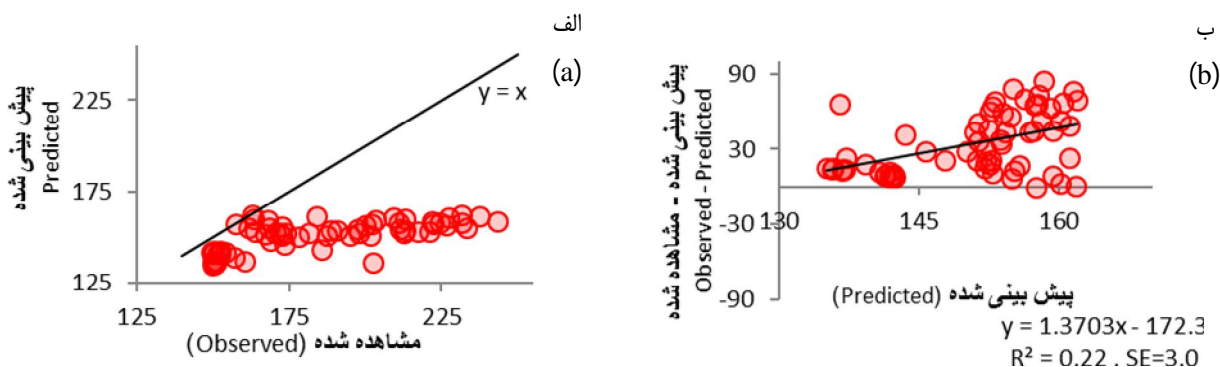
رابطه دو خطی در نیتروژن دفع شده از مدفوع، ادرار و نیتروژن مترشحه در شیر بین مشاهدات و پیش‌بینی‌ها در دامنه 300 تا 600 گرم نیتروژن مصرف شده در روز را نشان دادند که در آن‌ها دو خط با شیب‌های متفاوت در قبل و بعد از نقطه 420 گرم نیتروژن مصرف شده در روز مشاهده شد (21). در آزمایشات کامل (19) و فیروزی



شکل 2- رابطه بین نیتروژن مصرف شده و دفع شده از مدفوع

نقاط دایره و لوزی به ترتیب نمایانگر داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده می‌باشند.

Figure 2- The relationship between N intake and output in feces
The circle and diamond are observed and predicted data, respectively.



شکل 3- مقایسه نیتروژن دفع شده از مدفوع (گرم در روز) در داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده در گاوهای شیرده هلشتاین، الف) مقایسه N دفع شده از مدفوع در نمودار یک به یک و ب) مقایسه اختلاف موجود بین داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده

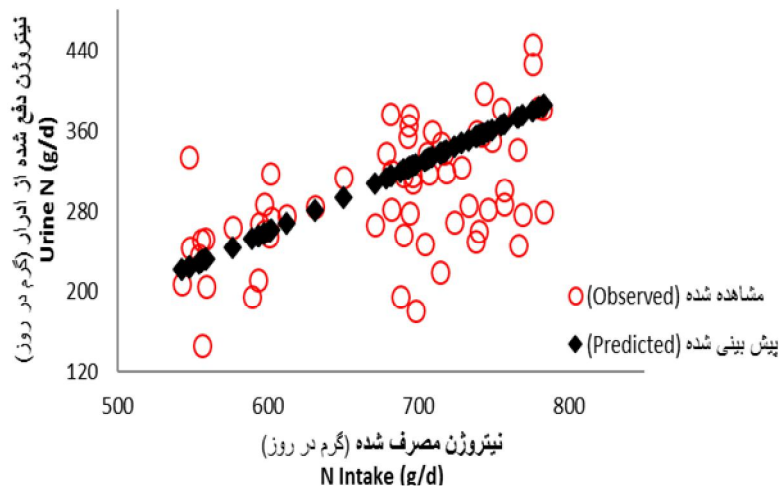
Figure 3- Comparison of nitrogen excreted in feces (g/d) between observed and predicted data in lactating dairy cows; a) comparison of nitrogen excreted in feces in 1:1 plot and b) comparison of difference between observed and predicted data

بوده و افزایش مصرف آن منجر به افزایش مصرف نیتروژن غیر قابل هضم و در نتیجه افزایش دفع نیتروژن می‌شود. به طور مشابه، تا زمانی که انرژی مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها در دسترس بود، میزان

افزایش خطی نیتروژن مدفوع در پاسخ به میزان نیتروژن مصرف شده مورد انتظار بود چرا که نیتروژن غیرقابل هضم در جیره که عمده نیتروژن مدفوع را شامل می‌شود، با مقدار پروتئین مصرف شده مرتبط

دفع شده در مدفوع شامل نسبت بیشتری از نیتروژن میکروبی غیر قابل هضم خواهد بود. اگر افزایش نیتروژن بدون هماهنگی با افزایش سطح انرژی باشد، سبب تولید نیتروژن مازاد خواهد شد که نمی‌تواند توسط میکروارگانیسم‌ها به مصرف برسد لذا از طریق تبدیل به اوره و ورود به ادرار دفع خواهد شد. به طور عمده مقدار نیتروژن مازاد از طریق سطح انرژی در دسترس جهت سنتز میکروبی تعیین می‌شود.

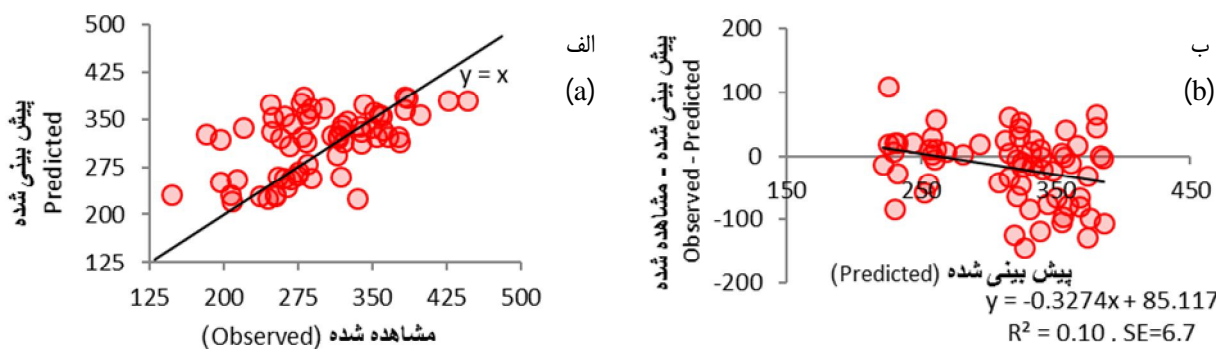
نیتروژن میکروبی افزایش پیدا کرده و لذا بخشی از نیتروژن میکروبی که وارد مدفوع می‌شود نیز افزایش پیدا کرد. با این حال از آنجایی که در صورت وجود شرایط بهینه (سطح انرژی و نیتروژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها) میزان تولید میکروارگانیسم‌ها ثابت باقی می‌ماند بنابراین افزایش نیتروژن مدفوع اغلب به دلیل افزایش نیتروژن غیر قابل هضم از پروتئین مصرف شده بود. اگر میزان نیتروژن در مقایسه با انرژی جهت سنتز میکروبی در شکمبه محدود باشد، آنگاه نیتروژن



شکل 4- رابطه بین نیتروژن مصرف شده و دفع شده از ادرار

نقاط دایره و لوزی به ترتیب نمایانگر داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده می‌باشند.

Figure 4- The relationship between N intake and output in urine. The circle and diamond are observed and predicted data, respectively.



شکل 5- مقایسه نیتروژن دفع شده از ادرار (گرم در روز) در داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده در گاوهای شیرده هلشتاین، (الف) مقایسه نیتروژن دفع شده از ادرار در نمودار یک به یک و (ب) مقایسه اختلاف موجود بین داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده

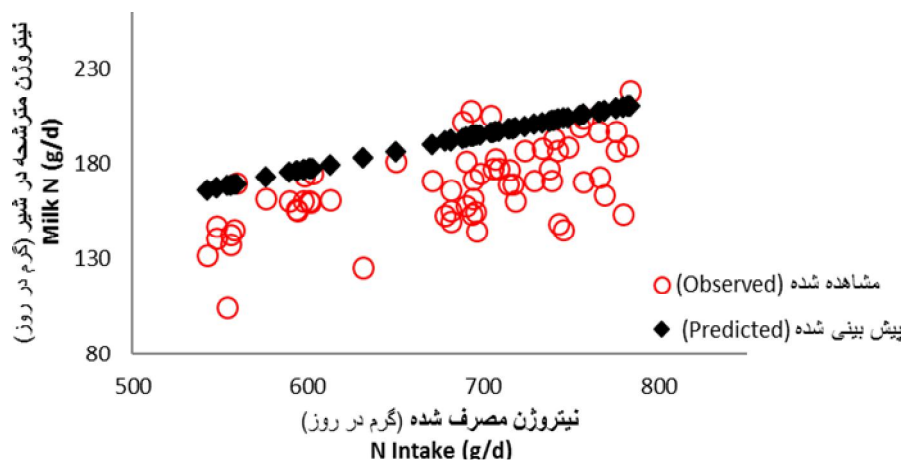
Figure 5- Comparison of nitrogen excreted in urine (g/d) between observed and predicted data in lactating dairy cows; a) comparison of nitrogen excreted in urine in 1:1 plot and b) comparison of difference between observed and predicted data

و به طور عمده نیتروژن مازاد مصرف شده می‌باشد. اگر چه بر خلاف نتایج کبریب و همکاران (21)، پیش‌بینی مدل از داده‌های آزمایش

نیتروژن دفع شده در ادرار نیز شامل دفع از طریق مازاد نیازهای نگهداری حیوان، اسیدهای آمینه جذب شده و مورد مصرف قرار گرفته

شد. در صورتی که در آزمایش کامل (19) و فیروزی (13) به دلیل مصرف بیش از 420 گرم نیتروژن در روز پیش‌بینی‌های مدل کاملاً خطی بود (شکل 6). در نتایج حاصل از ارزیابی کبریب و همکاران (21) پیش‌بینی‌های دفع نیتروژن از طریق مدفوع با داده‌های مشاهده شده نزدیک بود اما مقدار ناچیزی پیش‌بینی‌ها کمتر از داده‌های مشاهده شده بود (21). در ارزیابی حاصل از نتایج این آزمایش پیش‌بینی‌ها به مشاهدات نزدیک نبوده و مقدار RMSPE در حدود 41/8 بود (سطح مطلوب RMSPE برابر با 10 درصد میانگین مشاهدات است) همان‌طور که در جدول 4 مشاهده می‌شود 10 درصد میانگین مشاهدات نیتروژن دفع شده از مدفوع برابر با 18/5 می‌باشد که اختلاف زیادی با RMSPE دارد (حدود 23 واحد).

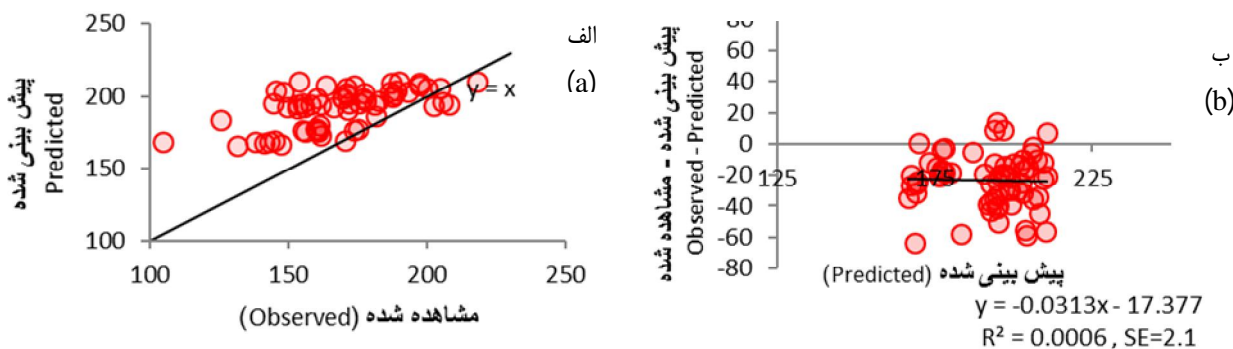
کامل (19) و فیروزی (13) رابطه دو خطی را نشان نداد اما در تأیید نتایج آنها روند خطی افزایشی در ترشح نیتروژن به شیر با افزایش نیتروژن مصرف شده مشاهده شد (شکل 6). این افزایش می‌تواند به دلیل تغییر در مقدار اسید آمینه در دسترس جذب شده جهت سنتز شیر باشد. در آزمایش کبریب و همکاران (21) افزایش مصرف نیتروژن تا حدود 420 گرم در روز و افزایش ورود آن به مخزن نیتروژن اسیدهای آمینه به دلیل نسبت‌ها و مقادیر وارد شده از سنتز میکروبی و نیتروژن جیره بود. با این وجود هنگامی که میزان سنتز میکروبی به سطح ایده آل خود می‌رسد سهم ورود نیتروژن از آن به مخزن اسیدهای آمینه ثابت باقی می‌ماند و افزایش سنتز نیتروژن شیر تنها وابسته به افزایش RUP در جیره خواهد بود. به همین دلیل در نتایج کبریب و همکاران یک شیب نزولی ناچیز در افزایش نیتروژن وارد شده در شیر مشاهده



شکل 6- رابطه بین نیتروژن مصرف شده و مترشحه در شیر

نقاط دایره و لوزی به ترتیب نمایانگر داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده می‌باشند.

Figure 6- The relationship between N intake and secretion in milk
The circle and diamond are observed and predicted data, respectively.



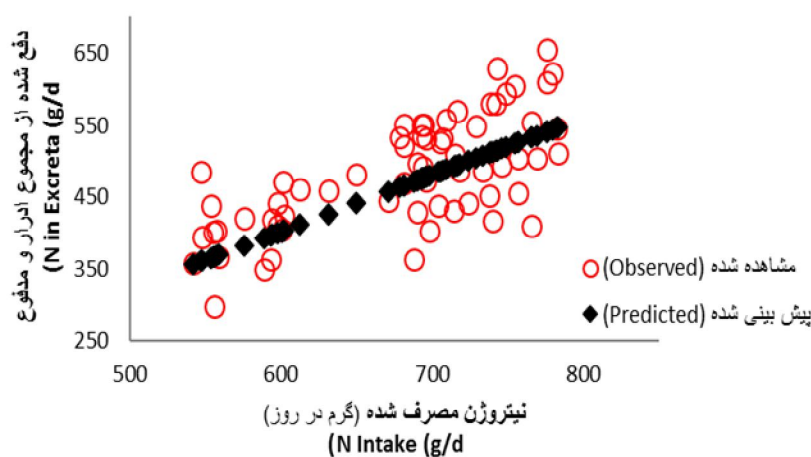
شکل 7- مقایسه نیتروژن مترشحه در شیر (گرم در روز) در داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده در گاوهای شیرده هلستاین، الف) مقایسه N مترشحه در شیر در نمودار یک به یک و ب) مقایسه اختلاف موجود بین داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده

Figure 7- Comparison of nitrogen secreted in milk (g/d) between observed and predicted data in lactating dairy cows; a) comparison of nitrogen secreted in milk in 1:1 plot and b) comparison of difference between observed and predicted data

جیره‌های مصرفی در آزمایشات ADAS که منجر به افزایش بیشتر FME در مقایسه با آزمایشات CEDRA شد، می‌دانند. پیش‌بینی‌های کبریب و همکاران (21) در راستای نتایج کاستیلو و همکاران (7) برای نیتروژن دفع شده از ادرار بسیار نزدیک به مشاهدات بود. RMSPE مربوط به نیتروژن دفع شده از ادرار در نتایج حاصل از این آزمایش برابر با 56/4 می‌باشد و در حدود 26/8 واحد بیشتر از سطح مطلوب می‌باشد (جدول 4). همان‌طور که در جدول 4 مشاهده می‌شود میانگین خطا برابر 17/8 می‌باشد که مطابق شکل‌های 4 و 5 نشان‌دهنده بیشتر بودن پیش‌بینی‌ها نسبت به مشاهدات می‌باشد. همچون نتایج کبریب و همکاران (21) و کاستیلو و همکاران (7)، پیش‌بینی‌های نیتروژن دفع شده از ادرار تطابق بهتری در مقایسه با پیش‌بینی‌های حاصل از دفع نیتروژن در مدفوع، در مقایسه با مشاهدات داشتند (شکل‌های 3 الف و 5 الف). در نیتروژن مترشحه در شیر نتایج حاصل از کبریب و همکاران (21) هنگامی که مصرف نیتروژن بیش از 500 گرم در روز بود، پیش‌بینی‌ها بیشتر از مشاهدات بود. همسو با نتایج کبریب و همکاران (21) پیش‌بینی‌های مدل در این آزمایش نیز بیشتر از مشاهدات بود (MBE= 23/4). کبریب و همکاران (21) دلیل این تفاوت را ثابت در نظر گرفتن نرخ تبدیل نیتروژن اسید آمینه به نیتروژن شیر در مدل دانستند. چرا که هنگامی که میزان مصرف نیتروژن بالا باشد، برخی از اسیدهای آمینه ممکن است به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار گرفته و تجزیه شوند لذا جهت تبدیل به نیتروژن شیر در دسترس قرار ندارند.

علاوه بر آن میانگین خطا در نیتروژن دفع شده از مدفوع برابر با 34/4- می‌باشد. علامت منفی نشان دهنده کمتر بودن پیش‌بینی‌ها از مشاهدات و کمیت آن میانگین اختلاف بین مشاهدات و پیش‌بینی‌ها را نشان می‌دهد (جدول 4). همان‌طور که در شکل‌های 2 و 3 (الف و ب) مشاهده می‌شود پیش‌بینی‌ها کمتر از مشاهدات می‌باشند. در شکل 3 (ب) اختلاف بین مشاهدات و پیش‌بینی‌ها نشان داده شده است به گونه‌ای که هر چه نقاط به خط افقی (صفر) نزدیکتر پیش‌بینی‌ها به واقعیت نزدیکتر خواهند بود. نقاط مثبت حاکی از بیشتر بودن مشاهدات نسبت به پیش‌بینی‌ها می‌باشد و بالعکس نقاط منفی نشان‌دهنده بیشتر بودن پیش‌بینی‌ها نسبت به مشاهدات می‌باشد. به طور کلی مشابه نتایج به دست آمده در آزمایش کبریب و همکاران (21) پیش‌بینی‌های مدل در نیتروژن دفع شده از مدفوع کمتر از مشاهدات بود.

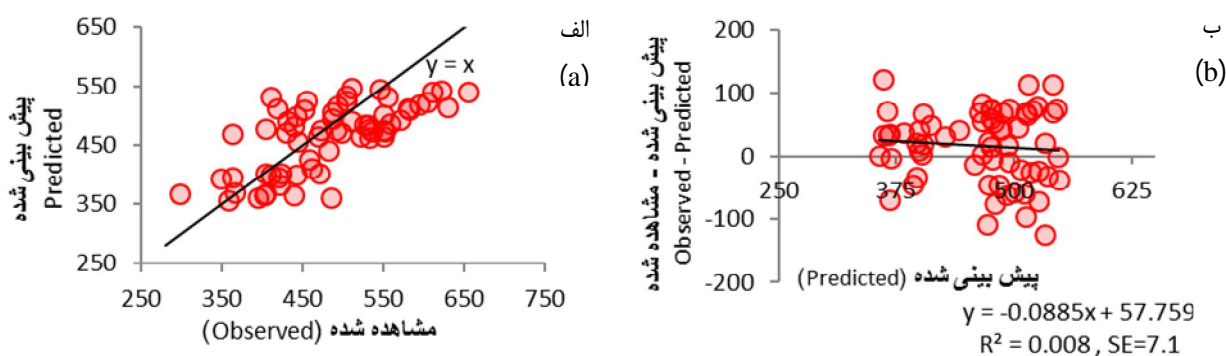
کبریب و همکاران (21) احتمال در راندمان بهتر نیتروژن مصرف شده و به تبع آن افزایش سهم نیتروژن میکروبی در مقایسه با نیتروژن غیر قابل هضم را دلیل این تفاوت دانستند. بدین مفهوم که هر چه راندمان استفاده از نیتروژن مصرف شده کاهش می‌یابد نیتروژن کمتر مورد استفاده قرار گرفته و در نتیجه دفع آن بیشتر خواهد بود لذا با توجه به نتایج به دست آمده در این آزمایش به نظر می‌رسد معادلات و یا پارامترهای به کار رفته در مدل موجب افزایش راندمان استفاده از نیتروژن شده و در نتیجه تخمین کمتری در نیتروژن دفع شده از مدفوع را محاسبه می‌کند. کبریب و همکاران (21) راندمان بهتر نیتروژن مصرف شده را به دلیل تعادل بهتر



شکل 8- رابطه بین نیتروژن مصرف شده و دفع شده از ادرار و مدفوع

نقاط دایره و لوزی به ترتیب نمایانگر داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده می‌باشند.

Figure 8- The relationship between N intake and output in excreta
The circle and diamond are observed and predicted data, respectively.



شکل 9- مقایسه مجموع N دفع شده از ادرار و مدفوع (گرم در روز) در داده‌های مشاهده شده و پیش بینی شده در گاوهای شیرده هلستاین، الف) مقایسه نیتروژن دفع شده از ادرار و مدفوع در نمودار یک به یک و ب) مقایسه اختلاف موجود بین داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده

Figure 9- Comparison of nitrogen excreted in urine and feces (g/d) between observed and predicted data in lactating dairy cows; a) comparison of nitrogen excreted in urine and feces in 1:1 plot and b) comparison of difference between observed and predicted data

جدول 4- محاسبه خطای موجود در ارزیابی مدل کبری

Table 4- Evaluation of the prediction error in Kebreab's model

نیتروژن خروجی Nitrogen Output	تعداد داده Data ¹	میانگین مشاهدات Mean of Observation	MSPE ²	RMSPE ³	MPE ⁴	MBE ⁵	Different ⁶
مدفوع Feces	64	185.2	1745.2	41.8	17.14	-34.4	23.3
ادرار Urine	64	296.5	3169.9	56.4	16.08	17.8	26.8
شیر Milk	64	168.7	832.8	28.9	15.75	23.4	12.1
مجموع ادرار و مدفوع N in excreta	64	481.7	3445.8	58.8	10.33	-16.6	10.7

¹ مستخرج از پایان نامه کامل (2014) و فیروزی (2014)

² میانگین مربعات خطای پیش بینی شده

³ ریشه دوم میانگین مربعات خطای پیش بینی شده

⁴ میانگین درصد خطا

⁵ میانگین خطا

⁶ اختلاف بین RMSPE و سطح مطلوب آن

¹ Extracted from Kamel's thesis (2014) and Firuzi's thesis (2014)

² Mean Square Prediction Error

³ Root Mean Square Prediction Error

⁴ Mean Percentage Error

⁵ Mean Bias Error

⁶ The difference between RMSPE and its optimum level

حاصل از نیتروژن دفع شده از مجموع ادرار و مدفوع مشاهده شد (جدول 4). به نظر می‌رسد ادغام شدن نیتروژن دفع شده از ادرار و مدفوع موجب کاهش اختلاف و خطای موجود در پیش‌بینی نتایج شده است.

به طور کلی کمترین میانگین درصد خطا و همچنین اختلاف RMSPE با سطح مطلوب آن به ترتیب در نیتروژن دفع شده از مجموع ادرار و مدفوع، نیتروژن مترشحه در شیر، نیتروژن دفع شده از

RMSPE برای نیتروژن مترشحه در شیر در این آزمایش برابر با 28/9 بود که 12/1 واحد بیشتر از سطح مطلوب بود. کمترین اختلاف بین پیش‌بینی‌ها و مشاهدات در مجموع نیتروژن دفع شده از ادرار و مدفوع مشاهده شد (جدول 4) با این حال همان‌طور که در شکل 9 (الف و ب) مشاهده می‌شود پیش‌بینی‌ها کمی کمتر از مشاهدات بودند (MBE= -16/6). به‌علاوه کمترین اختلاف بین RMSPE و سطح مطلوب و همچنین کمترین میانگین درصد خطا در پیش‌بینی‌های

نمود، اما پیش‌بینی‌های حاصل از آزمایشات کامل (19) و فیروزی (13) با پیش‌بینی‌های کبریب و همکاران (21) در یک راستا بود. با این حال به نظر می‌رسد ارزیابی بیشتر این مدل مورد نیاز بوده و همچنین جهت افزایش دقت مدل نیاز به بررسی بیشتر مدل و پارامترهای آن می‌باشد.

ادرار و در نهایت نیتروژن دفع شده از مدفوع مشاهده شد (جدول 4). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت مدل ارائه شده توسط کبریب و همکاران بهترین تخمین و پیش‌بینی را در مجموع نیتروژن دفع شده از ادرار و مدفوع و کم‌ترین دقت را در تخمین نیتروژن دفع شده از مدفوع دارد. همچنین نتایج حاصل از ارزیابی مدل کبریب و همکاران (21) نشان داد اگر چه میزان نزدیکی پیش‌بینی‌ها به مشاهدات بالا

ضمیمه

معادلات مدل کبریب و همکاران (2002)

شرح Description	مخزن نیتروژن جیره (گرم نیتروژن) Dietary nitrogen tank (g N)	
	معادلات Equation	شماره معادله Equation number
ورودی Input	$P_{Di} = N_{Di}$	1.1
خروجی‌ها Outputs	$U_{DiAa} = k_{DiAa}Q_{Di}$	1.2
	$U_{DiMi} = k_{DiMi}Q_{Di}$	1.3
معادله دیفرانسیل Differential equation	$dQ_{Di}/dt = P_{Di} - U_{DiAa} - U_{DiMi}$	1.4

شرح Description	مخزن نیتروژن میکروبی (گرم نیتروژن) Microbial nitrogen tank (g N)	
	معادلات Equations	شماره معادله Equation number
ورودی‌ها Inputs	$P_{MiDi} = Y_{MiDi} U_{DiMi}$	2.1
	$P_{MiUr} = Y_{MiUr} U_{UrMi}$	2.2
خروجی Output	$U_{MiAa} = k_{MiAa}Q_{Mi}$	2.3
معادله دیفرانسیل Differential equation	$dQ_{Mi}/dt = P_{MiDi} + P_{MiUr} - U_{MiAa}$	2.4

شرح Description	مخزن نیتروژن اسید آمینه (گرم نیتروژن) Amino acid nitrogen tank (g N)	
	معادلات Equations	شماره معادله Equation number
ورودی‌ها Inputs	$P_{AaDi} = Y_{AaDi} U_{DiAa}$	3.1
	$P_{AaMi} = Y_{AaMi} U_{MiAa}$	3.2
خروجی‌ها Outputs	$U_{AaBd} = k_{AaBd}Q_{Aa} - N_{Dg}$	3.3
	$U_{AaMk} = k_{AaMk}Q_{Aa}$	3.4
	$U_{AaUr} = k_{AaUr}Q_{Aa}$	3.5
معادله دیفرانسیل Differential equation	$dQ_{Aa}/dt = P_{AaDi} + P_{AaMi} - U_{AaBd} - U_{AaMk} - U_{AaUr}$	3.6

شرح Description	مخزن نیتروژن اوره و آمونیاک (گرم نیتروژن) Ammonia and urea nitrogen tank (g N)	شماره معادله Equation number
	معادلات Equations	
ورودی‌ها Inputs	$P_{UrAa} = Y_{UrAa} U_{AaUr}$	4.1
	$P_{UrDi} = (1 - Y_{MiDi}) U_{DiMi}$	4.2
خروجی‌ها Outputs	$U_{UrMi} = k_{UrMi} E / (1 + K_{UrMi} / Q_{Ur})$	4.3
	$U_{UrUn} = k_{UrUn} Q_{Ur}$	4.4
معادله دیفرانسیل Differential equation	$dQ_{Ur}/dt = P_{UrAa} + P_{UrDi} - U_{UrMi} - U_{UrUn}$	4.5

شرح Description	مسیر نیتروژن جذب یا دفع شده (گرم نیتروژن در روز) Path of nitrogen absorption or excretion (g N per day)	شماره معادله Equation number
	معادلات Equations	
وضعیت نیتروژن بدن Nitrogen status of body	$N_{Bd} = U_{AaBd}$	5.1
دفع در مدفوع Excreted in the feces	$N_{Fe} = (1 - Y_{AaDi})U_{DiAa} + (1 - Y_{AaMi})U_{MiAa} + [N_{En}((1 - Y_{AaMi})U_{MiAa})]$	5.2
ترشح به شیر Secreted into milk	$N_{Mk} = U_{AaMk}$	5.3
دفع در ادرار Excreted in the urine	$N_{Un} = U_{UrUn}$	5.4

منابع

- 1- AFRC. 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants. Agricultural and Food Research Council. CAB International, Wallingford, UK.
- 2- Agle, M., A. H. Hristov, S. Zaman, C. Schneider, P. Ndegwa, and V. K. Vaddella. 2010. The effects of ruminally degraded protein on rumen fermentation and ammonia losses from manure in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93: 1625–1637.
- 3- Alderman G., J. France, and E. Kebreab. 2001. A critique of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System with emphasis on dairy cattle. 1. The rumen model. *Journal of Animal Feed Science*, 10:1–24.
- 4- Bach, A., S. Calsamiglia, and M. D. Stern. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 88(E. Suppl.):E9–E21.
- 5- Belanche, A., M. Doreau, J. E. Edwards, J. M. Moorby, E. Pinloche, and C. J. Newbold. 2012. Shifts in the rumen microbiota due to the type of carbohydrate and level of protein ingested by dairy cattle are associated with rumen fermentation. *Journal of Nutrition*, 142:1684–1692.
- 6- Calsamiglia, S., A. Ferret, C. K. Reynolds, N. B. Kristensen, and A. M. Van Vuuren. 2010. Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. *Animal*, 4:1184–1196.
- 7- Castillo, A. R., E. Kebreab, D. E. Beever, and J. France. 2000. A review of efficiency of nitrogen utilisation in dairy cows and its relationship with the environmental pollution. *Journal of Animal Feed Science*, 9: 1–32.
- 8- Cyriac, J., G. Ruis, M. L. McGilliard, R. E. Pearson, B. J. Bequette, and M. D. Hanigan. 2008. Lactating performance of mid-lactation dairy cows fed ruminally degradable protein at concentrations lower than national research council recommendations. *Journal of Dairy Science*, 91:4704–4713.
- 9- Dijkstra J., J. France, and D. R. Davies. 1998. Different mathematical approaches to estimating microbial protein supply in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 81:3370–3384.
- 10- Dou Z., R. A. Kohn, J. D. Ferguson, R. C. Boston, and J. D. Newbold. 1996. Managing nitrogen on dairy farms: An integrated approach I. Model Description. *Journal of Dairy Science*, 79:2071–2080.
- 11- Fanchone, A., P. Nozière, J. Portelli, B. Duriot, V. Largeau and M. Doreau. 2013. Effects of nitrogen underfeeding and energy source on nitrogen ruminal metabolism, digestion, and nitrogen partitioning in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 2013.91:895–906.

- 12- Firkins, J. L. 1996. Maximizing microbial protein synthesis in the rumen. *Journal of Nutrition*, 126:1347S–1354S.
- 13- Firuzi, F. 2014. Effect of cutting time alfalfa hay harvested at early bud with different ratios of forage to concentrate on chemical composition, fermentation Parameters and performance of early lactation Holstein dairy cows. MSc Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian).
- 14- Hristov, A. N., and J. P. Jouany. 2005. Factors affecting the efficiency of nitrogen utilization in the rumen. Pages 117–166 in *Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle and Environment*. A. N. Hristov and E. Pfeffer, ed. CAB Int., Wallingford, UK.
- 15- Huhtanen, P., and A. N. Hristov. 2009. A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92: 3222–3232.
- 16- INRA. 2007. *Nutrition of Cattle, Sheep and Goats: Animal Needs Values of Feeds*. Quae Ed., Paris.
- 17- Jonker, J. S., R. A. Kohn, and R. A. Erdman. 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 81: 2681–2692.
- 18- Jonker, J. S., R. A. Kohn, and R. A. Erdman. 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 81: 2681–2692.
- 19- Kamel Orumieh, S. 2014. Effect of NFC on performance of holstein dairy cow and expression of its mathematical model on nitrogen balance. MSc Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian).
- 20- Kebreab, E., J. France, D. E. Beever, and A. R. Castillo. 2001. Nitrogen pollution by dairy cows and its mitigation by dietary manipulation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60: 275–285.
- 21- Kebreab, E., J. France, J. A. Mills, R. Allison, and J. Dijkstra. 2002. A dynamic model of N metabolism in the lactating dairy cow and an assessment of impact of N excretion on the environment. *Journal of Dairy Science*, 80: 248–259.
- 22- Kohn, R. A., Z. Dou, J. D. Ferguson, and R. C. Boston. 1997. A sensitivity analysis of nitrogen losses from dairy farms. *Journal of Environmental Management*, 50: 417–428.
- 23- NRC. 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- 24- Pain, B. F., T. H. Misselbrook., S. C. Jarvis., B. J. Chambers., K. A. Smith., J. Webb., V. R. Phillips, and R. W. Sneath. 2000. Inventory of Ammonia Emission from UK Agriculture. 1998. MAFF Project Report (WA0630), U.K.
- 25- Reynal, S. M., and G. A. Broderick. 2005. Effect of dietary level of rumen-degraded protein on production and nitrogen metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88: 4045–4064.
- 26- Sauviant, D., and J. Van Milgen. 1995. Dynamic aspects of carbohydrates and protein breakdown and the associated microbial matter synthesis. Pages 71–91 in *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. W. V. Engelhardt., S. Leonhard-Marek., G. Breves, and D. Giesecke, ed. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Germany.
- 27- Steinfeld, H., P. Gerber., T. Wassenaar., V. Castel., M. Rosales, and C. De Haan. 2006. *Livestock's long shadow: Environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization, Rome.
- 28- Tamminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Journal of Dairy Science*, 75: 345–357.

Evaluation of a Dynamic Model of Nitrogen Metabolism in the Lactation

S. Kamel Orumieh¹ - A. A. Naserian^{2*} - R. Valizadeh² - F. H. Ghane Ostadghassemi³ - M. Bannayan Aval⁴

Received: 21-09-2014

Accepted: 24-02-2015

Introduction The increased level of production of dairy cows increased the losses of nitrogen in feces and urine. The first approach to reduce the nitrogen excretion in the urine or feces, or both is the reduction of nitrogen usage in food rations. This approach is achieved when there is no significant effect on the reduction of animals function. Another way to reduce nitrogen excretion in animals is to improve the nitrogen use efficiency. Mathematical models have been used to predict the potential of nitrogen loss in dairy cows. These models are naturally experimental and not based on a specific process. The animal components in these models are based on CNCPS which these systems contain a large number of experimental elements (Empirical models) and are based on some controversial hypothesis. Jonker et al. (1998) presented a model based on the whole animal with a collection of data and showed that this model could predict the excreted nitrogen of urine from ureic nitrogen of milk precisely. However, they showed that when nitrogen loss is due to the quantity of protein, protein degradation, inadequate energy, etc, the model cannot identify and predict. Therefore, there is a need to develop a model to evaluate the biological processes in animals and nutritional changes to determine their exact role in the assessment of environmental pollution. The purpose of Kebreab et al's model was to develop a dynamic model based on a certain method that has the ability to predict the quantity and nature of nitrogen excretion in dairy cows under different diets, and also the model could be evaluated by other experiments data. The purpose of this study is the evaluation of the model presented by Kebreab et al (2002). The mathematical models have been used to predict the potential for nitrogen excretion in dairy cows.

Materials and methods To evaluate a dynamic model of nitrogen metabolism in dairy cows by Kebreab and et al. (2002), two master's thesis with titles "Effect of NFC on Performance of Holstein Dairy Cow and Expression of its Mathematical Model on Nitrogen Balance" Kamel (2014), and "Effect of cutting time alfalfa hay harvested at early bud with different ratios of forage to concentrate on chemical composition, fermentation Parameters and performance of early lactation Holstein dairy cows" Firuzi (2014) were used. In this study, to evaluate Kebreab et al's model, 16 Holstein cows in two 4 × 4 Latin square design were used. Cows were fed with 8 different diets. For each experiment, the total of consumed nitrogen and excreted from feces, urine and milk nitrogen were measured. In addition, the concentration of feed component including dry matter, crude protein, NDF, ADF, starch, non-fibrous carbohydrates, ash, calcium, phosphorus, ammonia nitrogen, pH and metabolisable energy were determined.

Results and Discussion Similar to the results obtained by Kebreab et al. (2002), by increasing nitrogen intake, fecal nitrogen excretion also increased linearly. As the result of Kebreab et al. (2002) and Castillo et al (2000), the nitrogen excreted in the urine predictions match better with the observations.

Conclusion In general, the lowest average of percentage error and the difference of RMSPE with its optimum level are for nitrogen excretion of urine and feces, nitrogen secreted in milk, nitrogen excreted in the urine and the nitrogen excreted in the feces, respectively. Therefore it could be concluded that the model presented by Kebreab et al (2002). has the best estimation and prediction in summation of excreted nitrogen from urine and feces while has the least precision in estimation of excreted nitrogen from feces. Although the results did not show a bi-linear relationship between N intake and output, but our results are very similar with Kebreab's results.

Keywords: Dairy cow, Model evaluation, Nitrogen, Prediction.

1- MSc. Student of Animal Nutrition, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,

2- Professor of Animal Sciences Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,

3- Professor of Pure Mathematics Department, Faculty of Mathematics, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,

4- Professor of Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

(* - Corresponding Author Email: absalin@yahoo.com)