

ارزیابی توابع رشدی برای توصیف رشد در بلدرچین‌های ژاپنی تغذیه شده با جیره‌های متفاوت از نظر تراکم مواد مغذی در مقایسه با سطح پیشنهادی NRC

سعید احدی^۱، حسن درمانی کوهی^{۲*} و نوید قوی حسین‌زاده^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۱۳

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی دانشگاه گیلان

^۲ دانشیار گروه علوم دامی دانشگاه گیلان

*مسول مکاتبه: Email: darmani_22000@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: به دلیل کمبود داده‌های در اختیار برای نیازمندی‌های مواد مغذی در بلدرچین، تخمین پاسخ‌های بیولوژیکی به مواد مغذی با استفاده از توابع ریاضی توصیف کننده رشد در این گونه دامی مفید به نظر می‌رسد. علاوه بر این، توابع ریاضی توصیف کننده رشد می‌تواند یک ابزار سودمند در آنالیز نتایج انتخاب ژنتیکی و مشخص کننده تفاوت‌های بین گروه‌های ژنتیکی باشد. روش کار: در این آزمایش از تعداد ۱۰۵۰ قطعه جوجه بلدرچین ژاپنی یک روزه به منظور ارزیابی مقایسه‌ای توابع رشدی ریچارد، لوپز، گمپرتز و ون‌برتالانفی به منظور توصیف رشد در جوجه بلدرچین‌های ژاپنی تغذیه شده با جیره‌های متفاوت در تراکم مواد مغذی استفاده شد. طول دوره پرورش ۸ هفته و تیمارهای جیره‌ای شامل (۱) جیره با تراکم ۵٪ کمتر از پیشنهاد جدول احتیاجات غذایی طیور (NRC 1994)، (۲) جیره براساس پیشنهاد جدول احتیاجات غذایی طیور، (۳) جیره با تراکم ۵٪ بیش از پیشنهاد جدول احتیاجات غذایی طیور و (۴) جیره با تراکم ۱۰٪ بیش از پیشنهاد جدول احتیاجات غذایی طیور، بودند. برآزش مدل‌های با استفاده از Proc NLIN نرم افزار (SigmaPlot 5.0, 2012) SPSS انجام و مدل‌ها از نظر کارایی بر اساس آماره‌های AIC, BIC, RMSE و R^2 با هم مقایسه شدند. نتایج: وزن نهایی تخمینی جوجه بلدرچین‌های تغذیه شده با جیره‌های با تراکم بالای مواد مغذی در مقایسه با جیره‌های با تراکم پایین‌تر بیشتر بود. جوجه بلدرچین‌های تغذیه شده با جیره‌های با تراکم مواد مغذی بالاتر در مقایسه با جیره‌های با تراکم پایین‌تر در مراحل ابتدایی‌تر از رشد به نقطه عطف منحنی رسیدند. نکویی برآزش مدل‌های رشدی با استفاده از آماره‌های مد نظر نشان داد که مدل ریچارد توانایی بهتری را در خصوص توصیف رشد در جوجه بلدرچین‌ها داشته‌است که دلیل آن می‌تواند انعطاف‌پذیری بیشتر این مدل بوده‌باشد. نتیجه‌گیری نهایی: به دلیل تاثیرپذیری منحنی‌های رشدی و پارامترهای تخمینی آن‌ها از تراکم مواد مغذی تامین شده از طریق جیره، توجه به شرایط تغذیه جوجه بلدرچین‌ها در زمان استفاده از چنین تخمین‌هایی به منظور انتخاب و مشخص نمودن تفاوت‌های ژنتیکی بین گروه‌ها پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: بلدرچین ژاپنی، تراکم مواد مغذی، وزن بدن، سن، توابع رشد

مقدمه

پیش‌بینی عملکرد تولیدی یکی از موضوعات مهم در پرورش دام و طیور است که می‌تواند از طریق توصیف خصوصیات منحنی‌های رشد انجام شود. از آنجایی که نمی‌توان بطور مداوم روندهای رشد را اندازه‌گیری نمود (یانگ و همکاران ۲۰۰۶ و سنگول و کیراز ۲۰۰۵)، به همین دلیل روند رشد با استفاده از توابع ریاضی مدل‌سازی می‌شود. تحقیقات انجام شده در رابطه با روند رشد پرندگان ارتباط بین وزن زنده و سن حیوانات را غیرخطی نشان می‌دهد که این روند با استفاده از توابع سیگموئیدی قابل توصیف است (سنگول و کیراز ۲۰۰۵). منحنی‌های رشد در شرایط محیطی بهینه نشان‌دهنده توان ژنتیکی ژنوتیپ‌های خاص است و بنابراین می‌توان از آنها برای مقایسه‌ی نژادها و سویه‌های مختلف استفاده کرد (کنیزتووا و همکاران ۱۹۹۴ و بیکی و همکاران ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳). هانکوک و همکاران (۱۹۹۵) نشان دادند که با توجه به همبستگی موجود بین پارامترهای منحنی رشد و صفات مرتبط با رشد می‌توان از توابع رشد برای پیش‌بینی میزان رشد و برآورد تغییرات شکل منحنی رشد استفاده کرد. هیانکوا و همکاران (۲۰۰۷)، میزان رشد را در بلدرچین‌های اروپایی بررسی کردند. این محققین از تابع رشد گمپرتز برای توصیف رشد در بلدرچین‌های نر و ماده اروپایی استفاده کردند و نتیجه گرفتند که تفاوت معنی‌داری در زمان رسیدن به بیشینه رشد یا بلوغ جنسی در جنس‌های نر و ماده وجود دارد. ریکلفز (۱۹۸۵) روند رشد بلدرچین‌های ژاپنی را با استفاده از مدل گمپرتز بررسی و گزارش نمود که رشد اولیه ممکن است پاسخ کلیدی برای تعیین وزن نهایی باشد. برای بررسی منحنی رشد توابع زیادی وجود دارد که یکی از این توابع، تابع گمپرتز می‌باشد. این تابع به طور گسترده توسط محققین مختلف برای بررسی منحنی

رشد مورد استفاده قرار گرفته است (آنتونی ۱۹۹۱؛ گوس ۱۹۹۹؛ مارکاتو ۱۹۹۹ و میگنون-گراستيو ۲۰۰۰). به هر حال، تابع گمپرتز به دلیل داشتن نقطه عطف ثابت ممکن است دارای محدودیت‌هایی در رابطه با توضیح روندهای رشدی باشد. لذا، این تحقیق به منظور ارزیابی مقایسه‌ای توابع ریچارد، لویز، گمپرتز و ون‌برتلانفی برای توصیف رشد جوجه بلدرچین‌های ژاپنی انجام شد.

مواد و روش‌ها

جیره‌های آزمایشی و جمع‌آوری داده‌ها

در این آزمایش از تعداد ۱۰۵۰ قطعه جوجه بلدرچین ژاپنی یک روزه به طور مخلوط از هر دو جنس استفاده شد. سن گله مادر ۲۳ هفته بود. جوجه‌ها به مدت ۲۴ ساعت به صورت جمعی با جیره غذایی پیش‌دان تغذیه شدند و در ۱۲ ساعت اول از محلول آب و شکر با غلظت ۵ درصد به همراه مولتی ویتامین + الکترولیت به نسبت یک در هزار استفاده کردند. در روز دوم جوجه‌ها توزین و به تعداد ۴۳ قطعه با میانگین وزنی ۱۰ گرم، در قفس‌ها قرار داده شدند و با جیره‌های غذایی متفاوت تغذیه شدند (جداول ۱ و ۲). جیره‌های آزمایشی مورد استفاده با استفاده از نرم افزار جیره نویسی UFFDA (پستی و همکاران ۱۹۹۲) تنظیم و تهیه شدند. تیمارهای جیره‌ای شامل ۱) جیره با تراکم ۵٪ کمتر از پیشنهاد جدول احتیاجات غذایی طیور، ۲) جیره براساس پیشنهاد جدول احتیاجات غذایی طیور، ۳) جیره با تراکم ۵٪ بیش از پیشنهاد جدول احتیاجات غذایی طیور و ۴) جیره با تراکم ۱۰٪ بیش از پیشنهاد جدول احتیاجات غذایی طیور، بودند. جوجه بلدرچین‌های پرورش یافته روی هر یک از جیره‌های آزمایشی در پایان هفته‌های پرورش (صفر الی ۸ هفتگی) پس از ۳ ساعت گرسنگی توزین و رکوردهای مربوط به وزن آن‌ها ثبت گردید.

توابع رشد مورد استفاده

مدل‌های رشدی (تورنلی و فرانس ۲۰۰۷) استفاده شده در مطالعه حاضر عبارت بودند از:

تابع گمپرتز:

$$W = W_0 \exp\{[1 - \exp(-bt)] \ln(W_f / W_0)\},$$

تابع لویز:

$$W = (W_0 k^b + W_f t^b) / (k^b + t^b),$$

تابع ریچارد:

$$W = W_0 W_f / [W_0^n + (W_f^n - W_0^n) \exp(-bt)]^{1/n},$$

تابع ون برتالانفی:

$$W = [W_f^\nu - W_0^\nu] e^{-bt} / \nu, 0 \leq \nu \leq 1/3,$$

که در آن W وزن زنده، t زمان (سن)، W_f وزن نهایی، W_0 وزن اولیه، b نرخ رشد نسبی یا شاخص بلوغ، n و ν پارامتر شکل که تعیین کننده نقطه عطف منحنی و k عدد ثابت هستند.

برازش توابع رشدی به داده‌های مرتبط با صفات وزن بدن در سنین صفر تا ۸ هفتگی در گروه‌های جیره‌ای مختلف با استفاده از رویه Proc NLIN نرم افزار SAS (۱۹۹۵) و SPSS (۲۰۱۲) و فرایند تکرار شونده الگوریتم گاوس-نیوتن صورت گرفت. در برازش مدل‌های رشدی به داده‌های آزمایشی از میانگین تیمارهای جیره‌ای مربوطه استفاده شد. برای اعتبار سنجی مدل‌ها از نقطه نظر عملکرد از معیارهای متفاوتی از قبیل نحوه رفتار مدل در توضیح روند تغییرات داده‌های آزمایشی، معنی دار بودن تخمین‌های صورت گرفته توسط مدل از نقطه نظر بیولوژیکی و معیارهای آماری نکویی برازش مدل شامل معیار اطلاعاتی آکائیک (AIC)، معیار اطلاعاتی

بییزی (BIC)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی (R^2) استفاده شد (معادله‌های ۱ الی ۴).

$$AIC = 2k - 2\ln(\hat{L}) \quad [۱]$$

$$BIC = \ln(n)k - 2\ln(\hat{L}) \quad [۲]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad [۳]$$

$$R^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}} \quad [۴]$$

در معادله‌های ۱ الی ۴:

k = تعداد پارمترهای تخمین زده شده برای معادله AIC

یا پارمترهای مستقل برای معادله BIC

\hat{L} = مقدار حداکثر درست‌نمایی

n = تعداد مشاهدات

y = مقدار واقعی مشاهدات

\hat{y} = مقدار تخمینی مشاهدات

\bar{y} = مقدار متوسط مشاهدات، هستند.

^۱ Akaike information criterion

^۲ Bayesian information criterion

^۳ Root mean square error

جدول ۱- اجزاء جیره‌های آزمایشی^۱
Table 1- Ingredients of the experimental diets¹

| أجزاء جیره (%) Ingredients (%) | -۵% NRC | NRC | +۵% NRC | +۱۰% NRC |
|---|---------|-------|---------|----------|
| | -5% NRC | NRC | +5% NRC | +10% NRC |
| دانه ذرت Corn grain | 56.16 | 53.54 | 48.55 | 46.85 |
| کنجاله سویا، ۴۴٪ Soybean meal, 44% | 41.06 | 38.26 | 38.24 | 32.70 |
| کنجاله گلوتن ذرت Corn gluten meal | 0.00 | 3.76 | 6.00 | 11.76 |
| روغن سویا Soy oil | 0.00 | 1.16 | 3.74 | 5.00 |
| پودر آهک Limestone | 1.26 | 1.33 | 1.4 | 1.47 |
| دی‌کلسیم فسفات Dicalcium phosphate | 0.70 | 0.80 | 0.88 | 1.00 |
| ال-لیزین L-Lysine HCl, 78% | 0.00 | 0.19 | 0.21 | 0.20 |
| نمک Common salt | 0.32 | 0.31 | 0.32 | 0.30 |
| پیش‌مخلوط مواد معدنی ^۲ Mineral premix ² | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| پیش‌مخلوط مواد ویتامینی ^۳ Vitamin premix ³ | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| تریونین Threonine | 0.00 | 0.13 | 0.15 | 0.17 |

^۱ NRC -۵% = گروه تیماری با تراکم جیره‌های پایین [۹۵ درصد از مواد مغذی توصیه شده توسط (۱۹۹۴) NRC]; NRC = گروه تیماری با تراکم مواد مغذی متوسط [۱۰۰ درصد از مواد مغذی توصیه شده توسط (۱۹۹۴) NRC]; NRC +۵% = گروه تیماری با تراکم جیره‌های زیاد [۱۰۵ درصد از مواد مغذی توصیه شده توسط (۱۹۹۴) NRC]; NRC +۱۰% = گروه تیماری با تراکم جیره‌های خیلی زیاد [۱۱۰ درصد از مواد مغذی توصیه شده توسط (۱۹۹۴) NRC].

^۲ -5% NRC: group with low dietary nutrient density [95% of nutrients recommended by NRC (1994)], NRC: group with medium dietary nutrient density [100% of nutrients recommended by NRC (1994)], +5% NRC: group with high dietary nutrient density [105% of nutrients recommended by NRC (1994)] and +10% NRC: group with very high dietary nutrient density [110% of nutrients recommended by NRC (1994)].

^۳ هر ۲/۵ کیلوگرم از پیش مخلوط مواد ویتامینی حاوی: ۹،۰۰۰،۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲،۰۰۰،۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۱۸۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۲،۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین K₃، ۱۸۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₁، ۶،۶۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₂، ۱۰،۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₃، ۳،۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₅، ۳،۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₆، ۱۰،۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B₉، ۱۵ میلی‌گرم ویتامین B₁₂ و ۱۰۰ میلی‌گرم ویتامین H₂ بود.

^۲ Each 2.5 kg of vitamin premix provides: 9,000,000 International Units (IU) of vitamin A, 2000000 IU of vitamin D₃, 1800 IU of vitamin E, 2000 mgs of vitamin K₃, 1800 mgs of vitamin B₁, 6600 mg of vitamin B₂, 10000 mgs of vitamin B₃, 3000 mgs of vitamin B₅, 3000 mgs of vitamin B₆, 1000 mgs of vitamin B₉, 15 mgs of vitamin B₁₂ and 100 mgs of vitamin H₂.

^۳ هر ۲/۵ کیلوگرم از پیش مخلوط مواد معدنی حاوی: ۹۹،۲۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۵۰،۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۸۴،۷۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۰،۰۰۰ میلی‌گرم مس، ۹۹۰ میلی‌گرم ید، ۲۵۰،۰۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید و ۲۰۰ میلی‌گرم سلنیم بود.

^۳ Each 2.5 kg of mineral supplement provides: 99,200 mgs of manganese, 50,000 mgs iron, 84,700 mgs of zinc, 10,000 mgs Cu, 990 mgs of iodine, 250,000 mg choline chloride and 200 mgs of selenium.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی^۱

Table 2- Chemical composition of the experimental diets¹

| ترکیب شیمیایی محاسبه شده (%) | -۵% NRC | NRC | +۵% NRC | +۱۰% NRC |
|--------------------------------|---------|------|---------|----------|
| Calculated composition (%) | -5% NRC | NRC | +5% NRC | +10% NRC |
| انرژی قابل متابولیسم (kcal/kg) | | | | |
| Metabolizable energy (kcal/kg) | 2750 | 2900 | 3045 | 3190 |
| پروتئین خام | | | | |
| Crude protein | 22.80 | 24 | 25.20 | 26.40 |
| کلسیم | | | | |
| Calcium | 0.9 | 0.8 | 0.78 | 0.88 |
| فسفر قابل دسترس | | | | |
| Available phosphorus | 0.28 | 0.3 | 0.31 | 0.33 |
| سدیم | | | | |
| Sodium | 0.17 | 0.15 | 0.15 | 0.16 |
| آرژنین | | | | |
| Arginine | 1.5 | 0.15 | 1.49 | 1.41 |
| لیزین | | | | |
| Lysine | 1.25 | 1.3 | 1.55 | 1.47 |
| متیونین | | | | |
| Methionine | 0.41 | 0.5 | 0.46 | 0.51 |
| متیونین + سیستین | | | | |
| Methionine + cysteine | 0.72 | 0.88 | 0.81 | 0.89 |
| تریونین | | | | |
| Threonine | 0.86 | 1.02 | 1.07 | 1.13 |

^۱ NRC -۵% = گروه تیماری با تراکم جیره‌های پایین [۹۵ درصد از مواد مغذی توصیه شده توسط (۱۹۹۴) NRC]; NRC = گروه تیماری با تراکم مواد مغذی متوسط [۱۰۰ درصد از مواد مغذی توصیه شده توسط (۱۹۹۴) NRC]; NRC +۵% = گروه تیماری با تراکم جیره‌های زیاد [۱۰۵ درصد از مواد مغذی توصیه شده توسط (۱۹۹۴) NRC]; NRC +۱۰% = گروه تیماری با تراکم جیره‌های خیلی زیاد [۱۱۰ درصد از مواد مغذی توصیه شده توسط (۱۹۹۴) NRC].

^۱ -5% NRC: group with low dietary nutrient density [95% of nutrients recommended by NRC (1994)], NRC: group with medium dietary nutrient density [100% of nutrients recommended by NRC (1994)], +5% NRC: group with high dietary nutrient density [105% of nutrients recommended by NRC (1994) and +10% NRC: group with very high dietary nutrient density [110% of nutrients recommended by NRC (1994)].

نتایج و بحث

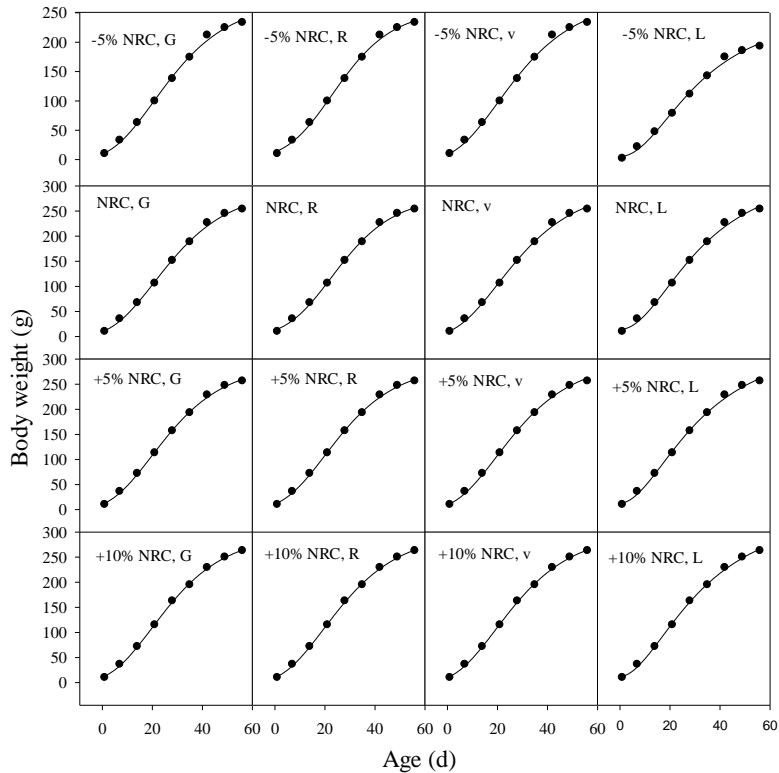
رسیدند ($P < 0.05$) (جدول ۳). نتایج آزمایش حاضر در خصوص ارتباط مستقیم وزن بلوغ جوجه بلدرچین‌ها (۲۵۸/۳، ۲۸۲/۳، ۲۸۴/۳ و ۲۹۴/۴ گرم به ترتیب برای تیمارهای با غلظت مواد مغذی ۵ درصد کمتر از NRC، ۵ درصد بیشتر از NRC، در سطح NRC و ۱۰ درصد بیشتر از NRC) با نوع تغذیه (اثرات محیطی) در مطابقت با نتایج آزمایش نارینک و همکاران (۲۰۰۵) است.

تخمین‌های پارامتری بدست آمده با استفاده از مدل‌های مختلف رشدی و ارزیابی مدل‌ها با استفاده از آماره‌های مورد استفاده به ترتیب در جداول ۴ و ۵ آورده شده است. ارزیابی مدل‌ها با استفاده از آماره‌های مورد

برازش مربوط به مدل‌ها روی داده‌های رشدی جوجه بلدرچین‌ها هم به صورت فردی برای هر تیمار جیره‌ای و هم به صورت تجمیعی به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. بر این اساس، تمامی مدل‌های رشدی توانستند به خوبی رشد جوجه بلدرچین‌ها را برازش نمایند. به‌هرحال، وزن نهایی جوجه بلدرچین‌های تغذیه شده با جیره‌های با تراکم متفاوت مواد مغذی متفاوت و این مقدار برای جیره‌های با تراکم بالای مواد مغذی بیشتر بود. همچنین، جوجه بلدرچین‌های تغذیه شده با جیره‌های با تراکم مواد مغذی بالاتر، در مراحل ابتدایی تر از رشد به نقطه عطف منحنی

عطف مدل ریچارد باشد (درمانی کوهی و همکاران ۲۰۰۳).

استفاده (جدول ۵) نشان داد که مدل ریچاردز، بهترین پیش بینی را در رابطه با ارتباط بین سن و وزن ارایه می‌دهد که دلیل آن می‌تواند انعطاف پذیر بودن نقطه

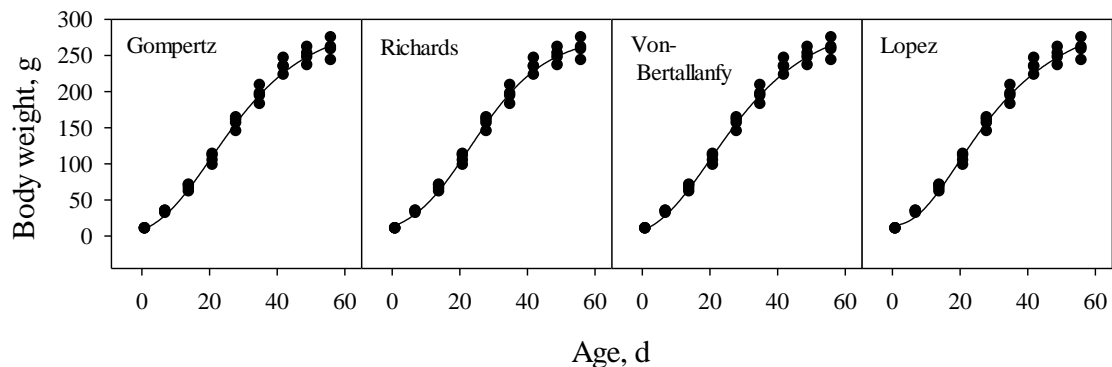


شکل ۱- منحنی‌های رشد سیگموئیدی جوجه بلدرچین‌های تغذیه شده با تیمارهای جیره‌ای متفاوت

Figure 1- Sigmoidal growth curves of Japanese quails fed with different dietary treatments

-5% NRC، ۵ درصد کمتر از NRC، ۰ NRC و +10% NRC به ترتیب بیانگر تیمارهای با غلظت مواد مغذی ۵ درصد کمتر از NRC، ۰ درصد بیشتر از NRC، در سطح NRC و ۱۰ درصد بیشتر از NRC هستند.

-5% NRC: group with low dietary nutrient density [95% of nutrients recommended by NRC (1994)], NRC: group with medium dietary nutrient density [100% of nutrients recommended by NRC (1994)], +5% NRC: group with high dietary nutrient density [105% of nutrients recommended by NRC (1994)] and +10% NRC: group with very high dietary nutrient density [110% of nutrients recommended by NRC (1994)]. G= Gompertz, R= Richards, v= von Bertalanffy and L= Lopez.



شکل ۲- برازش منحنی‌های رشدی به داده‌های رشدی به صورت تجمیعی

Figure 2- Plot of growth curves to pooled growth data profiles

جدول ۳- تخمین‌های پارامتری ($\pm SE$) بدست آمده با استفاده از مدل رشدی ریچاردز

Table 3- Parameter estimates (\pm standard errors, SE) obtained using the Richards function

| فراسنجه‌ها Parameters ¹ | تیمارهای جیره‌ای ^۲ Dietary treatments ² | | | |
|---------------------------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| | -۵% NRC | NRC | +۵% NRC | +۱۰% NRC |
| | -5% NRC | NRC | +5% NRC | +10% NRC |
| W_0 | 13.46 \pm 3.21 | 12.97 \pm 3.04 | 11.87 \pm 2.09 | 12.69 \pm 2.73 |
| W_f | 258.3 \pm 9.49 | 282.3 \pm 10.41 | 284.30 \pm 6.62 | 294.41 \pm 8.95 |
| b | 0.095 \pm 0.019 | 0.083 \pm 0.015 | 0.082 \pm 0.009 | 0.081 \pm 0.012 |
| n | 0.713 \pm 0.387 | 0.476 \pm 0.300 | 0.382 \pm 0.186 | 0.242 \pm 0.399 |
| t^* | 24.3 | 23.31 | 22.23 | 19.14 |

^۱جاییکه W_0 و W_f به ترتیب وزن اولیه و وزن نهایی جوجه بلدرچین‌ها، b و n ثابت‌های مدل رشدی هستند. b یک عدد مثبت و $n \geq -1$ است.

¹Where W_0 is the initial weight, W_f is the final weight, b and n are constants. b is positive and $n \geq -1$.

^۲-۵% NRC = گروه تیماری با تراکم جیره‌ای پایین [۹۵ درصد از مواد مغذی توصیه شده توسط (۱۹۹۴) NRC]; NRC = گروه تیماری با تراکم مواد مغذی متوسط [۱۰۰ درصد از مواد مغذی توصیه شده توسط (۱۹۹۴) NRC]; +۵% NRC = گروه تیماری با تراکم جیره‌ای زیاد [۱۰۵ درصد از مواد مغذی توصیه شده توسط (۱۹۹۴) NRC]; +۱۰% NRC = گروه تیماری با تراکم جیره‌ای خیلی زیاد [۱۱۰ درصد از مواد مغذی توصیه شده توسط (۱۹۹۴) NRC].

² -5% NRC: group with low dietary nutrient density [95% of nutrients recommended by NRC (1994)], NRC: group with medium dietary nutrient density [100% of nutrients recommended by NRC (1994)], +5% NRC: group with high dietary nutrient density [105% of nutrients recommended by NRC (1994)] and +10% NRC: group with very high dietary nutrient density [110% of nutrients recommended by NRC (1994)]

جدول ۴- تخمین‌های پارامتری ($\pm SE$) بدست آمده با استفاده از مدل‌های رشدی مختلف برای داده‌های رشدی به صورت

تجمیعی

Table 4- Parameter estimates (\pm standard errors, SE) obtained using the different growth functions based on pooled growth data profiles

| فراسنجه‌ها Parameters ¹ | توابع رشدی Growth functions | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | گامپرتز | ریچاردز | ون‌برتالانفی | لوپز |
| | Gompertz | Richards | Von Bertalanffy | Lopez |
| W_0 | 8.34 \pm 1.72 | 12.80 \pm 2.96 | 3.5E-8 \pm 7.4E-5 | 14.97 \pm 4.11 |
| W_f | 295.09 \pm 8.07 | 278.24 \pm 9.50 | 298.64 \pm 9.59 | 332.01 \pm 21.58 |
| b | 0.0619 \pm 0.0036 | 0.0836 \pm 0.0140 | 0.0588 \pm 0.0084 | 2.17 \pm 0.2077 |
| n | - | 0.4621 \pm 0.2876 | - | - |
| v | - | - | 0.0667 \pm 3.145 | - |
| k | - | - | - | 30.61 \pm 2.15 |

^۱جاییکه W_0 و W_f به ترتیب وزن اولیه و وزن نهایی جوجه بلدرچین‌ها، b ، k ، n و v ثابت‌های مدل‌های رشدی هستند. b ، k و v اعداد مثبت هستند و $n \geq -1$ است.

¹Where W_0 is the initial weight, W_f is the final weight, b , k , n and v are constants. b , k and v are positive, and $n \geq -1$.

جدول ۵- مقایسه بین شایستگی کلی برآزش مدل‌های مختلف بر اساس معیارهای آماری گوناگون

Table 5- Comparison between the general goodness-of-fit of the models based on various statistical criteria¹

| توابع رشدی Growth functions | معیارهای آماری ^۱ Statistical criteria ¹ | | | |
|--------------------------------|--|------|-----|-------|
| | Adjusted R ² | RMSE | AIC | BIC |
| گامپرتز Gompertz | 0.9913 | 425 | 286 | 162.0 |
| ریچاردز Richards | 0.9917 | 398 | 285 | 162.6 |
| ون‌برتالانفی Von Bertalanfy | 0.9908 | 444 | 289 | 166.6 |
| لوپز Lopez | 0.9899 | 488 | 292 | 170.0 |

¹AIC= معیار اطلاعات آکائیک، RMSE= ریشه میانگین مربعات خطا، BIC= معیار اطلاعات بیزی

¹AIC= Akaike Information Criterion, RMSE= Root Mean Square Error, BIC= Bayesian Information Criterion.

(آنتونی ۱۹۹۹) تا بلوغ تحت تاثیر عوامل محیطی قرار گیرند. سهم کلی توارث در ارتباط با اندازه و شکل افراد بالغ با شرایط محیطی متغیر است و این دو عامل در سرتاسر دوره رشد دارای اثرات متقابل هستند. انسان یا دام با ژنوتیپ مشابه (دو قلوهای مشابه) که در شرایط محیطی یکسان به یک اندازه از رشد دست پیدا می‌کنند، ممکن است تاثیرات متفاوتی را توسط شرایط محیطی مختلف تجربه کنند. در نتیجه، اثر متقابل بین ژنتیک و محیط پیچیده و غیر افزایشی است و وضعیت تغذیه ای یکی از عوامل اصلی در رابطه با تاخیر یا تسریع در رشد و امکان بروز پتانسیل ژنتیکی در اختیار است.

چون کمیت و کیفیت خوراک مصرفی روی ظرفیت رشدی طیور اثر دارند، بنابراین، این امکان وجود دارد که با بررسی منحنی‌های رشدی وضعیت تغذیه‌ای آن‌ها را ارزیابی نمود. نیازمندی‌های ارائه شده در جداول (۱۹۹۴) NRC برای بلدرچین ژاپنی در حال رشد، حاصل مطالعات دهه‌های گذشته و ما قبل سال‌های ۱۹۹۴ است و امکان دارد که بازتاب دهنده‌ی دقیق و واقعی از نیازمندی‌های بلدرچین‌های ژاپنی کنونی نباشد. بر اساس مطالعات صورت گرفته سویه‌هایی از

توانایی عملکردی طیور و بروز فنوتیپی آن توسط اثرات ترکیبی محیط و ژنوتیپ تعیین می‌شود. در طیور همانند سایر گونه‌های دامی تغذیه صحیح فرصت برای بیان پتانسیل ژنتیکی به منظور فرایند انتخاب را در اختیار دام قرار می‌دهد. در این ارتباط توازنی بین نرخ بهبود ژنتیکی با بهبود در خوراک‌های در دسترس، تغذیه، مراقبت‌های بهداشتی و مدیریت عمومی دام وجود دارد. زاعو و همکاران (۲۰۰۴) اثرات متقابل جیره و ژنوتیپ روی رشد مرغان تخمگذار و جوجه‌های گوشتی را بررسی و اثرات متقابل ژنوتیپ و تغذیه را گزارش نمودند. اگرچه در مقایسات صورت گرفته در جوجه‌های گوشتی و بوقلمون تغییری در رتبه‌بندی رشد بین ژنوتیپ‌ها متفاوت در محیط‌های تغذیه ای مختلف اتفاق نیافتد ولی اختلاف در میانگین عملکرد بین ژنوتیپ‌ها به طور معنی‌داری تغییر کرد و به سطوحی رسید که از نظر کاربردی حایز اهمیت بود و این اهمیت در پرندگان جوان بیشتر بود. در ابتدای ۱۹۴۵ میلادی، برودی پیشنهاد نمود که انتخاب از روی شکل منحنی رشدی امکان پذیر است. میگنون-گراستيو (۲۰۰۰) نشان دادند که پارامترهای منحنی‌های رشد توارث‌پذیر هستند. منحنی‌های رشدی می‌توانند از مرحله جنینی

بدن فقط در ۴ هفته‌ی اول زندگی معنی‌دار بود و مصرف خوراک بالاتر و ضریب تبدیل پایین‌تر برای بلدرچین‌های تغذیه شده با جیره‌ی حاوی پروتئین بالا در سنین ۱۵ تا ۲۸ روزگی گزارش کردند. این محققین با بررسی اثر سطوح مختلف پروتئین خام روی الگوی رشد دو لاین با وزن بالا و وزن پائین بلدرچین ژاپنی در سن ۷۰-۰ روزگی، بیان کردند که در هر دو لاین افزایش در غلظت پروتئین، اثر مثبت بر الگوی رشد داشت که در مطابقت با یافته‌های آزمایش حاضر در رابطه با اثرات مثبت تراکم مواد مغذی جیره روی الگوی رشد جوجه بلدرچین‌ها است. یافته‌های آزمایش حاضر همچنین با نتایج کنیزتووا و همکاران (۱۹۹۴) و سزر و ترهان (۲۰۰۵) و درمانی کوهی و همکاران (۲۰۰۳) که تابع رشد ریچاردز را با موفقیت بر داده‌های رشدی در طیور برازش دادند، مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

به دلیل کمبود داده‌های در اختیار برای نیازمندی‌های مواد مغذی در بلدرچین، تخمین پاسخ‌های بیولوژیکی به مواد مغذی با استفاده از توابع ریاضی توصیف کننده رشد در این گونه دامی مفید به نظر می‌رسد. بر اساس نتایج آزمایش حاضر و به دلیل تأثیرپذیری منحنی‌های رشدی و پارامترهای تخمینی آن‌ها از تراکم مواد مغذی تامین شده از طریق جیره، توجه به شرایط تغذیه‌ای جوجه بلدرچین‌ها در زمان استفاده از چنین تخمین‌هایی به منظور انتخاب و مشخص نمودن تفاوت‌های ژنتیکی بین گروه‌ها پیشنهاد می‌شود.

بلدرچین ژاپنی که برای رشد سریع انتخاب شده بودند، نسبت به بلدرچین‌هایی که به طور تصادفی جفت‌گیری کرده بودند به انرژی بالاتری در جیره نیاز داشتند (سارابمیت و همکاران ۲۰۰۸). شیرینی‌استاوا و همکاران (۱۹۹۹) با مرور نیازمندی‌های مواد مغذی بلدرچین‌ها در مناطق گرمسیری، جیره‌های حاوی ۲۷ درصد پروتئین خام و ۱۱/۷۲ مگاژول انرژی متابولیسمی را برای بلدرچین‌ها تا سن ۲ هفته‌ی و جیره‌ی حاوی ۲۴ درصد پروتئین با همان میزان انرژی را برای بلدرچین‌های ۳-۵ هفته پیشنهاد دادند. اوکاک و ارنر (۲۰۰۵) نشان دادند که اگر میزان پروتئین در سن ۱۵ تا ۱۸ روزگی به میزان ۳۰٪ توصیه شده کاهش یابد وزن بدن در ۴۲ روزگی کاهش می‌یابد. تاراسویکز و همکاران (۲۰۰۶)، ۳ گروه پرنده را به ترتیب با خوراک‌های حاوی ۱۷، ۱۹ و ۲۱ درصد پروتئین تغذیه کردند و نشان دادند که سطح پروتئین جیره بر روی رشد پرنده عمدتاً در مرحله‌ی اول زندگی اثر می‌گذارد و در پرندگان مسن با پایان دوره‌ی رشد اسکلت اثر پروتئین جیره بر وزن بدن چشمگیر نیست. سوارس و همکاران (۲۰۰۳) اثر سطوح مختلف پروتئین جیره (۱۸، ۲۰، ۲۲، ۲۴ و ۲۶ درصد) را در دوره‌های پرورشی و تخمگذاری بلدرچین بررسی کردند، نتایج نشان داد که رابطه‌ی وزن بدن با میزان پروتئین جیره جوجه بلدرچین‌ها در سنین ۷ تا ۳۵ روزگی از نوع درجه‌ی دوم بود. هیانکوا و همکاران (۲۰۰۷)، پاسخ رشد، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی ۴ لاین تجاری جوجه بلدرچین‌های گوشتی به سطوح مختلف پروتئین جیره را بررسی و نشان دادند که اثر مثبت پروتئین بالاتر جیره بر وزن

منابع مورد استفاده

- Aggrey SE, 2003. Dynamic of relative growth rate in Japanese quail lines divergently selected for growth and their control. *Growth, Development, and Aging* 67: 47-54.
- Anthony NB, Emmerson DA, Nestor KE, Bacon WL, Siegel PB and Dunnington EB, 1991. Comparison of growth curves of weight selected populations of turkeys, quail, and chickens. *Poultry Science* 70(1): 13-18.

- Beiki H, Pakdel A and Moradi-shahrbabak M, 2011. Effect of divergent selection for 4 week body weight on the shape of growth curve in Japanese quails. *Iranian Journal of Animal Science Research* 3(1): 38-45 (In Persian).
- Beiki H, Pakdel A, Moradi-shahrbabak M and Mehrban H, 2013. Evaluation of growth functions on Japanese quail lines. *Journal of Poultry Science* 50: 20-27.
- Barbato GF, 1991. Genetic architecture of growth curve parameters in chickens. *Theoretical and Applied Genetics* 83: 24-32.
- Brody S, 1945. *Bioenergetics and Growth*. Reinhold Publishing Corp. NY, USA.
- Daren JR and Marks HL, 1988. Divergent selection for growth in Japanese quail under spilt and complete nutritional environments. 1. Genetic and correlated responses to selection. *Poultry Science* 67: 519-529.
- Darmani Kuhl H, Kebreab E, Lopez S and France J, 2003. An evaluation of different growth functions for describing the profile of live weight with time (age) in meat and egg strains of chicken. *Poultry Science* 82: 1536-1543.
- Gebhardt-Henrich SG and Marks HL, 1993. Heritability of growth curve parameters and age-specific expression of genetic variation under two different feeding regimes of Japanese quail (*coturnix coturnix japonica*). *Heredity* 76:45-55
- Gous RET, Moran Jr, Stilborn HR, Bradford GD and Emmans GC, 1999. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poultry Science* 78(6): 812-821.
- France J, Dijkstra J and Dhanoa MS, 1996. Growth functions and their application in animal science. *Annales de Zootechnie*. 45 : 165-174.
- Hancock CE, Bradford GD, Emmans GC and Gous RM, 1995. The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens. *British Poultry Science* 36: 247-264.
- Hyankova L and Novotna B, 2007. Divergent selection for shape of growth curve in Japanese quail. 3. Onset of sexual maturity and basic characteristics of early lay. *British Poultry Science* 48: 551-558.
- Knizetova H, Hyaneck J and Veselsky A, 1994. Analysis of growth curves of fowl. III. Geese. *British Poultry Science* 35(3): 335-344.
- Marcato SM, Sakomura NK, Munari DP, Fernandes JKB, Kawauchi I and Bonato MA, 2008. Growth and body nutrient deposition of two broiler commercial genetic lines. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 10: 117-123.
- Marks HL, 1978. Growth curve changes associated with long-term selection for body weight in Japanese quail. *Growth* 42: 129-140.
- Marks HL, 1991. Divergent selection for growth in Japanese quail under spilt and complete nutritional environments. 8. Progress from generations 18 through 30 following change of selection criterion. *Poultry Science* 70: 1047-1056.
- Mignon-Grasteau S, Piles M, Varona L, de Rochambeau H, Poivey J.P, Blasco A and Beaumont C, 2000. Genetic analysis of growth curve parameters for male and female chickens resulting from selection on shape of growth curve. *Animal Science* 78(10): 2515-2524.
- Michalczuk M, Damaziak K and Goryl A, 2016. Sigmoid models for the growth curve in medium-growing meat type chickens, raised under semi-confined conditions. *Annals of Animal Science* 16(1): 65-77.
- Narinc D, Karaman E, Firat MZ and Aksoy T, 2010. Comparison of non-linear growth models to describe the growth in Japanese quail. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9: 1961-1966.
- National Research Council, 1994. *Nutrient requirements of poultry, 9th revised edition*. Washington, DC.
- N'Dri AL, Mignon-Grasteau S, Sellier N, Tixier-Boichard M and Beaumont C, 2006. Genetic relationships between feed conversion ratio, growth curve and body composition in slow-growing chickens. *British Poultry Science* 47(3): 273-280.
- Ocak N and Erener G, 2005. The effects of restricted feeding and feed form on growth, carcass characteristics and days to first egg of Japanese quail. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 18: 1479-1484.

- Pesti GM, Miller BR and Hargrave J, 1992. User-Friendly Feed Formulation, Done again (UFFDA). University of Georgia.
- Ricklefs RE, 1985. Modification of growth and development of muscles in poultry. *Poultry Science* 64: 1563–1576.
- Sarabmeet K, Mandal AB, Singh KB and Kadam MM, 2008. The response of Japanese quails (heavy body weight line) to dietary energy levels and graded essential amino acid levels on growth performance and immuno-competence. *Livestock Production Science* 117: 255-262.
- SAS Institute, 1995. SAS-User's Guide: Statistics. Version 6.4 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC., USA.
- Sengul T and Kiraz S, 2005. Non-linear models for growth curves in large white turkeys. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science* 29: 331-337.
- Sezer M. and Tarhan S. 2005. Model parameters of growth curves of three meat-type lines of Japanese quail. *Czech Journal of Animal Science*. 50: 22-30.
- Shrivastava AK and Panda B, 1999. A review of quail nutrition research in India. *World Poultry Science Journal* 55: 73–81.
- Soares R da TRN, Fonseca JB, Santos AS de O dos and Mercandante MB, 2003. Protein requirement of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) during rearing and laying periods. *Brazilian Journal Poultry Science* 5(2): 153-156.
- SPSS (2012). SigmaPlot 5.0 User's Guide. Chicago: SPSS Inc.
- Tarasewicz Z, Szczerbińska D, Ligocki M, Wiercińska M, Majewska D and Romaniszyn K, 2006. The effect of differentiated dietary protein level on the performance of breeder quails. *Animal Science* 24(3): 207-216.
- Thornley JHM and France J, 2007. *Mathematical Models in Agriculture: Quantitative Methods for the Plant, Animal and Ecological Sciences*. CABI Publication, Wallingford, UK.
- Torres VR and Ferket P, 2012. Recent modeling approaches to simulate turkey growth dynamics as affected by genotype, nutrition and environment. XXIV World's Poultry Congress 5 - 9 August –Salvador - Bahia – Brazil.
- Yang Y, Mekki DM, Lv SJ, Wang LY, Yu JH and Wang JY, 2006. Analysis of fitting growth models in Jinghai mixed-sex yellow chicken. *International Journal of Poultry Science* (6): 517-521.
- Zhao R, Muehlbauer E, Decuypere E and Grossmann R, 2004. Effect of genotype–nutrition interaction on growth and somatotropic gene expression in the chicken. *General and Comparative Endocrinology* 136: 2-11.

Evaluation of growth functions in describing the growth of Japanese quails fed diets deferring in nutrients density compared to NRC recommendation

S Ahadi¹, H Darmani kuki^{2*} and N Ghavi Hossein-Zadeh²

Received: April 15, 2017

Accepted: November 4, 2017

¹MSc Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran

²Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran

*Corresponding author: darmani_22000@yahoo.com

Introduction: The Japanese quails are blessed with many desirable characteristics, viz, faster growth, early sexual maturity, high rate of egg production (300 egg/annum), short generation interval (3-4 generations a year), small floor space, less feed requirements (20-25 g/adult bird/day), short incubation period of hatching eggs, less feed cost, and less susceptibility to common chicken diseases (Ernst, 2000). In consequence and due to shortage of available data on nutrient requirements of quails, prediction of biological responses of this type of poultry to nutrients using growth functions seems to be beneficial. Growth modeling are also critical for the understanding and formulation of breeding plans because they shift in response to selection (Marks et al. 1988, Mignon-Grasteau et al. 1999, Aggrey 2003 and Beiki et al. 2011). The representation of biological concepts through the simulation of growth dynamics enables us to better adapt management and nutrition to the requirements of the animals, while taking into account the interaction between genotype, nutrition and environmental conditions [Torres and Ferket 2012]. Eleroğlu et al. (2014) pointed out that the application of mathematical functions to describe the growth of birds was useful in estimating production termination deadline and formulation of appropriate feed mixtures (Michalczyk et al. 2016). Ersoy et al. (2006) claimed the Gompertz and Richards models to be the most appropriate for the characteristics of the growth of chickens, ostriches, turkeys and emus. Conflicting concluding by various authors upon the use of the same functions may result from the use of different genetic groups of birds in experiments. The objective of the present study was 1) to determine the best predictive growth function in describing data from Japanese quails and 2) to investigate the effect of dietary nutrients density on the growth curve parameters estimated by the growth models.

Material and methods: One thousand and fifty one-day-old Japanese quails were randomly divided into 4 dietary treatment groups with 3 replicates of 86 quails in each in order to compare four growth functions (Gompertz, Richards, von Bertalanffy and Lopez) for their predicability in describing growth of Japanese quails. The treatment groups were: 1) group with low dietary nutrient density [95% of nutrients recommended by NRC (1994), -5% NRC], 2) group with medium dietary nutrient density [100% of nutrients recommended by NRC (1994)], 3) group with high dietary nutrient density [105% of nutrients recommended by NRC (1994), +5% NRC] and 4) group with very high dietary nutrient density [110% of nutrients recommended by NRC (1994), +10% NRC]. Body weights of the birds were measured weekly over the 56 day of the experimental period. Evaluation on the goodness of fit for the models were made by R², AIC, BIC, and RMSE criteria.

Results and discussion: Evaluation on the goodness of fit for the models using R², RMSE, AIC, BIC criteria showed advantage for the Richards in describing the growth data of Japanese quails which can be related to the variable point of inflexion in the Richards model and therefore its flexibility. According to the four growth functions considered, estimated final body weights were higher in the high density than the low density diets. The age at point of inflection were earlier in high versus low density diets. As early as 1945, Brody suggested that it was possible to select on the shape of the growth curve. A phenotypic modification of the growth curve was also observed in

previous studies. Marks et al. 1988, Mignon-Grasteau et al. (1999), Aggrey 2003 and Beiki et al. (2011) showed that growth curve parameters were heritable. However, data shortage of the nutritional requirement necessary for quail breeding makes the mathematic simulation methods very useful in estimating the biological answer to the food nutrients contribution. The method of mathematic simulation of growth using growth functions can also provide the response of the growth parameters to nutrition (Daren and Marks 1988; Marks 1991; Gebhardt-Henrich and Marks 1993) which has the potential benefits when used for selection.

Conclusion: In summary, it was concluded that data regarding the growth parameters of quails would be best interpreted with the use of the Richards model. Meanwhile, since almost all the growth parameters estimated by the models were affected by the dietary nutrients density, therefore special attention needed will be given to the nutrition when selecting the quails as parental for the next generation through parameters estimated by mathematical simulation using growth functions.

Keywords: Age, Body weight, Growth curves, Japanese quails, Nutrient density