

INFLUENCE DU GÉNOTYPE SUR L'EFFICACITÉ NUTRITIONNELLE DES ALIMENTS POUR LE POULET DE CHAIR

I. — RAPPORT OPTIMUM ENTRE L'APPORT ÉNERGÉTIQUE ET AZOTÉ POUR L'ENTRETIEN

Janusz KELLER et Jolanta WAGNER

*Académie Polonaise des Sciences,
Institut de Génétique et d'Élevage animal,
Jastrzebiec, poczta Mroków*

RÉSUMÉ

Au cours de l'expérience effectuée sur 108 poussins, provenant du croisement entre animaux de races *Cornish* et *White Rock* on a constaté que la relation entre le poids vif du Poussin (y) et la ration journalière d'entretien (x) exprimée en énergie métabolisable a , dans certaines limites, un caractère linéaire et s'exprime par l'équation de régression : $y = 8,232 x - 121,5$.

Pour la ration utilisée dans l'expérience, le rapport optimum entre l'énergie métabolisable et les matières azotées dans la ration d'entretien du poulet de chair est de 23 kcal/g de matières azotées.

Le coût énergétique de la synthèse protéique chez un Poulet en croissance est variable et dépend de la rétention journalière d'azote et de la composition chimique des rations distribuées.

INTRODUCTION

Dans un travail précédent (KELLER, 1970), on a constaté que le rapport optimum entre les glucides et les lipides d'une part, et les matières azotées d'autre part, dépend du niveau d'alimentation des poussins et qu'il s'accroît sensiblement avec l'abaissement de ce niveau.

Ayant l'intention d'étudier ultérieurement les différences génétiques dans les besoins d'entretien des poussins en croissance, les auteurs ont décidé de déterminer

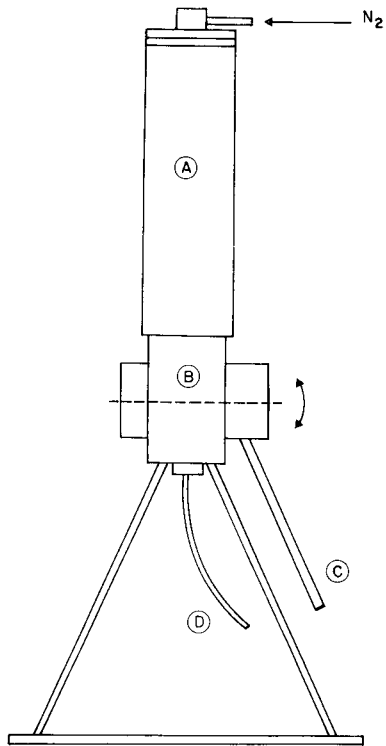


FIG. 1. — A Réservoir
 B Doseur
 C Manette de retournement doseur rotatif
 D Sonde en caoutchouc introduite dans l'œsophage.

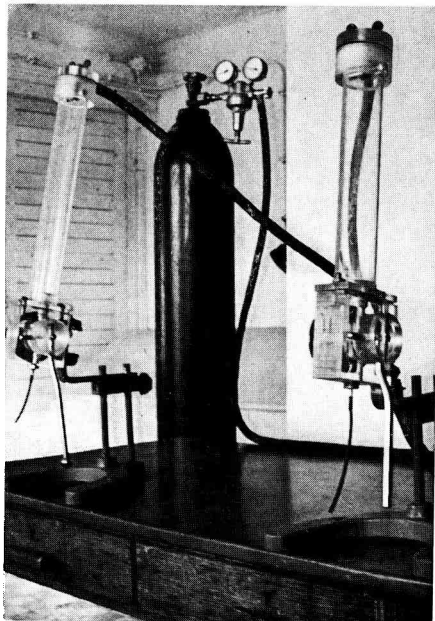


PHOTO 1. — La photographie montre le montage permettant d'utiliser deux appareils simultanément.

FIG. 1 et PHOTO 1. — Appareil de distribution des rations

d'abord un rapport entre les apports énergétiques et les apports azotés dans les rations d'entretien pour lequel l'azote serait utilisé surtout dans le métabolisme azoté et que son oxydation à des fins énergétiques serait minimum.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

On a utilisé pour l'expérience, 108 poussins (mâles et femelles) d'un jour provenant du croisement entre *Cornish* et *White Rock*. Tous les poussins pendant la période expérimentale étaient nourris par gavage, en utilisant un appareil construit spécialement à cet effet par M. S. WIDAJEWICZ, Ingénieur à l'Institut de Génétique et d'Élevage animal P. A. N. à Jastrzebiec. Cet appareil (fig. 1 et photo 1) se compose du réservoir (A), d'un doseur (B) muni d'une sonde en caoutchouc (D), d'une bouteille contenant de l'azote comprimé (N₂).

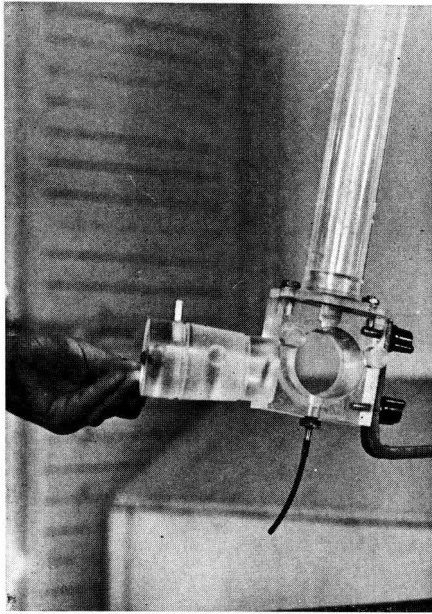


PHOTO 2. — *Détail du doseur rotatif*

Le réservoir contient de l'aliment en farine et de l'eau ajoutée en proportion pondérale déterminée. Le doseur (photo 2) comporte un élément rotatif (C) sous forme d'un tronc de cône, possédant un orifice percé transversalement. Un petit disque-bouchon, épousant cet orifice, peut s'y déplacer librement. Le dit cône logé dans un corps de soutien, effectue un mouvement rotatif. Le corps de soutien comporte dans son axe vertical deux canaux : l'un communiquant avec le réservoir, l'autre avec la sonde. Le diamètre de ces canaux est légèrement inférieur à celui de l'orifice percé dans l'élément rotatif (le cône). L'aliment contenu dans le réservoir est soumis constamment à 5 atm. environ de pression, créée par l'azote fourni par la bouteille et réglé au moyen d'un dispositif approprié. Sous l'influence de cette pression, la pâtée du réservoir passe à travers le canal du corps fixe vers l'élément rotatif dont l'orifice se trouve à ce moment dans la position verticale. La farine pénétrant dans cet orifice repousse le petit disque-bouchon mobile vers sa position inférieure déterminée par une butée. Après un demi-tour (180°) de l'élément rotatif, le disque-bouchon va se trouver dans sa position supérieure d'où il descendra sous la pression de l'aliment sortant du réservoir en repoussant à son tour la pâtée se trouvant dans

TABLEAU I

La composition du régime de base

	%
Lait écrémé en poudre.....	30
Tourteau de soja d'extraction	15
Farine de blé	23
Farine d'herbes	10
Levures sèches	6
Farine de poisson	12
Mélange minéral Mikro DK	4

TABLEAU 2

Rations journalières
(en g de matière sèche d'aliment)

Période expérimentale	Groupe de poussins	Régime de base	Farine de blé	Huile de soja
I	Tous les poussins (groupe 0)	7,00	—	—
II	I	7,00	2,96	—
	II	7,00	5,92	—
	III	7,00	8,87	—
	IV	7,00	11,83	—
	V	7,00	14,79	—
	VI	7,00	2,96	3,83

TABLEAU 3

Caractérisation générale des rations alimentaires

Période expérimentale	Groupe des poussins	Énergie métabol. de ration journalière en kcal	MAT de la ration journalière en g	Rapport énergie métabol./MAT en kcal/g
I	0	26,55	2,337	11,36
II	I	39,13	2,594	15,08
	II	51,71	2,851	18,13
	III	64,29	3,108	20,69
	IV	76,87	3,365	22,84
	V	89,45	3,622	24,70
	VI	75,52	2,594	29,11

l'orifice du cône au-dessous vers la sonde et à travers elle en dehors de l'appareil. La quantité d'aliment fournie à un poussin peut être réglée par le choix du diamètre du disque-bouchon et par le nombre de tours du cône rotatif.

Une série d'appareils prototypes, décrits ci-dessus, utilisés dans ces expériences, a fait parfaitement ses preuves permettant une programmation très précise d'alimentation de groupes déterminés de poussins, et une répartition presque parfaite des rations entre les poussins d'un groupe. Ces appareils se sont révélés beaucoup plus efficaces dans la pratique que les seringues du type « Muto » décrites par KIELANOWSKI et KELLER (1962), permettant d'obtenir une cadence d'alimentation trois fois plus rapide, surtout pour les oiseaux d'une taille plus grande, ou dans le cas d'une nourriture comportant deux ou plusieurs aliments différents.

Dès la naissance, tous les poussins ont été nourris avec un mélange de base dont la composition est donnée dans le tableau 1. La composition chimique de ce mélange était : 91 p. 100 de matière sèche ; 30 p. 100 de matières azotées totales ; 23,2 p. 100 de matière azotée digestible ; 46,5 p. 100 d'extractif non azoté ; 2,3 p. 100 d'extrait éthéré 2,2 p. 100 de cellulose brute, et 8,6 p. 100 de cendres. Ce régime, avant la distribution, est mélangé avec de l'eau dans la proportion de 3 kg d'aliment pour 2 kg d'eau.

La quantité distribuée a crû de 0,5 g tous les jours depuis la naissance. Lorsque la ration alimentaire journalière a atteint la valeur de 7 g de matière sèche, la distribution journalière n'a pas été augmentée et la préexpérience s'est prolongée jusqu'au moment où les poussins ont arrêté de prendre du poids vif. Après avoir atteint cet état (groupe o), on a divisé les poussins en 6 lots auxquels on a distribué la ration de base plus de l'huile de soja raffinée et de la farine de blé de composition : 87,3 p. 100 de matière sèche ; 1,21 p. 100 d'azote total ; 1,2 p. 100 d'extrait d'éther ; 0,5 p. 100 de cendres et 78,1 p. 100 d'extrait non azoté.

La caractéristique générale des rations alimentaires utilisées est donnée par le tableau 2. La valeur énergétique a été exprimée en énergie métabolisable calculée selon STURKIE (1965) qui a admis les coefficients suivants : pour les glucides 4,3 kcal/g, pour les lipides 9,5 kcal/g, et pour les protéides 4,2 kcal/g (tabl. 3).

Après une période d'adaptation de 10 jours, les rations quotidiennes d'huile et de farine ont atteint, dans chaque lot, la valeur qui est donnée par le tableau 2 et sont restées à ce niveau jusqu'à la fin de l'expérience. Les poussins ont recommencé à croître à un rythme différent dans chaque groupe. On a considéré comme fin de l'expérience, le moment où les poussins ont de nouveau arrêté leur croissance, considérant chaque oiseau en particulier.

Quand un poussin a cessé d'accroître son poids pendant 5 jours, on l'abat sans pertes de sang 24 heures après le dernier repas et on le stocke dans une chambre froide de température — 5°C environ. Le jour suivant ce poussin est autoclavé dans un bocal en verre pendant 10 heures, sous la pression d'environ 2 atm. et est homogénéisé en utilisant l'homogénéisateur du type 312-my Unipan.

Sur les poussins homogénéisés on a mesuré les teneurs en azote (méthode Kjeldahl), en matière sèche et en cendres ; à partir de ces composants on a calculé pour chaque poussin la quantité de matière grasse corporelle par différence.

RÉSULTATS

Au cours de l'expérience 3 poussins sont morts accidentellement (2 du groupe III et 1 du groupe II) les données manquantes ont été complétées en utilisant la méthode de YATES (selon ELANDT, 1964).

Dans le tableau 4 sont rassemblées les données relatives à la composition chimique des corps des poussins. Ensuite on a calculé les régressions entre le poids vif vide du poussin ou ses composants pris individuellement et la quantité d'énergie métabolisable (x) ingérée correspondant à un gain de poids vif nul. On a obtenu les équations de régression et les coefficients de corrélation linéaire suivants :

$$\begin{aligned}
 y &= 8,118 x - 114,5 & r &= 0,9598 \\
 z &= 2,311 x - 36,2 & r &= 0,9559 \\
 w &= 1,944 x - 2,31 & r &= 0,9446 \\
 u &= 1,635 x - 21,4 & r &= 0,9330
 \end{aligned}$$

où y = le poids vif vide (g)

où z = la matière sèche corporelle (g)

où w = la matière sèche corporelle dégraissée (g)

où u = les protéines corporelles (g).

TABLEAU 4

Composition chimique centésimale du corps des poussins

Groupe de poussins	Matière sèche	Matière azotée	Cendre	Matière grasse	MS dégraissée
I	26,84	20,69	4,55	1,60	25,24
II	26,81	20,58	4,22	2,01	24,80
III	27,87	21,15	4,44	2,28	25,59
IV	28,78	20,64	4,48	3,65	25,13
V	28,94	21,37	4,47	3,70	25,84
VI	28,31	20,75	4,42	3,81	25,10
Moyenne	27,93	20,86	4,42	2,64	25,28

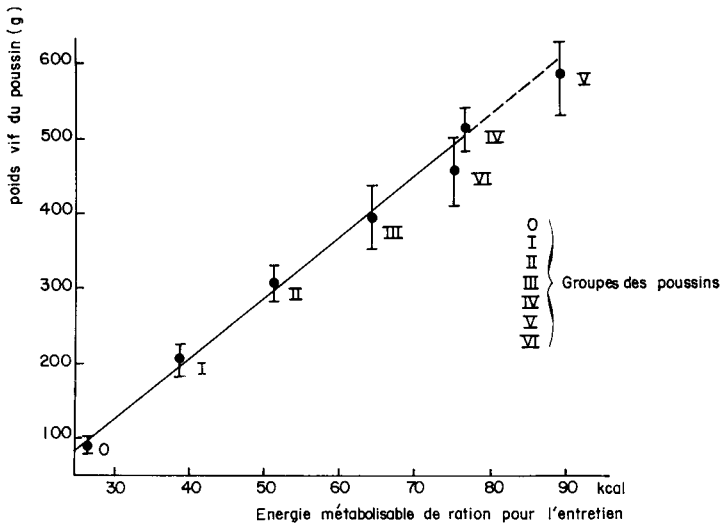


FIG. 2. — Relation entre le poids vif vide des poussins et l'énergie brute de la ration d'entretien
La signification des groupes est donnée au tableau 2

On a présenté sur la figure 2 les relations entre le poids vif vide des poussins et la ration journalière correspondante exprimée en kcal d'énergie métabolisable. On a constaté que les moyennes des groupes 0, I, II, III, IV, s'inscrivent presque exactement le long d'une ligne droite et les moyennes des groupes restants V et VI sont au-dessous de cette droite. On a effectué l'analyse de covariance (ELANDT, 1964) et constaté que les deux séries observées sur la figure sont différentes statistiquement.

C'est pourquoi on a calculé l'équation de régression entre le poids vif vide et la quantité d'énergie métabolisable ingérée par jour en s'appuyant uniquement sur les données des groupes I, II, III, IV. Cette équation se présente ainsi :

$$y = 8,232 x - 121,5 \quad r = 0,98$$

Approfondissant les résultats obtenus on a essayé de calculer approximativement le coût énergétique de la synthèse des protéines dans l'organisme des poussins de chaque groupe alimentaire. Dans ce but on a calculé statistiquement l'accroissement de poids vif des poussins en fonction de leur âge (fig. 3). Les équations étaient les suivantes :

$$\text{groupe I} : y = 102,2 + 4,186 t - 0,04261 t^2$$

$$\text{groupe II} : y = 101,5 + 6,266 t - 0,04533 t^2$$

$$\text{groupe III} : y = 89,96 + 8,159 t - 0,05283 t^2$$

$$\text{groupe IV} : y = 86,17 + 9,616 t - 0,05203 t^2$$

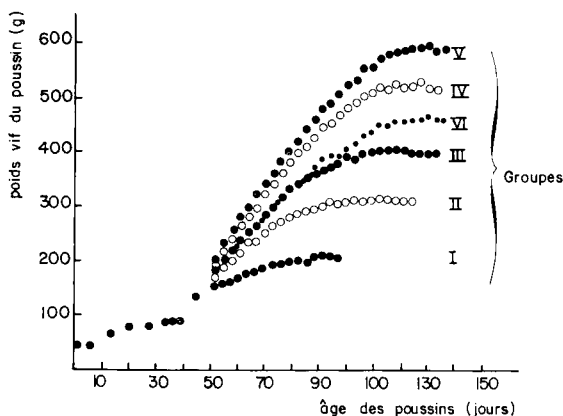


FIG. 3. — Évolution de la croissance des poussins en fonction de la ration journalière fixe allouée

A partir de ces équations on a pu calculer dans chaque groupe expérimental, par dérivation, les poids vifs des oiseaux pour lesquels le gain journalier atteignait 3 et 4 g. Ces valeurs ont réellement été observées dans chaque groupe à un moment de la reprise de la croissance.

De l'équation précédente « $y = 8,232 x - 121,5$ » on a calculé la quantité d'énergie métabolisable alimentaire nécessaire aux poussins pour couvrir leurs besoins d'entretien. Ces valeurs ont été soustraites des quantités d'énergies quotidiennes allouées aux différents lots. On en a déduit la quantité d'énergie métabolisable contenue dans la ration journalière disponible pour la croissance des poussins. Compte tenu des résultats obtenus dans d'autres expériences (KELLER, 1969 et 1970) on a admis que la composition du gain de poids vif des poussins dans la période considérée était sensiblement la même que la composition moyenne du corps des poussins entiers en fin d'expérience et on a calculé le coût énergétique de la synthèse des protéines dans l'organisme des oiseaux en croissance appartenant aux divers lots expérimentaux au moment où le gain de poids se situait entre 3 et 4 g par jour. Les données sont rassemblées dans le tableau 5.

TABLEAU 5

Coût énergétique de la synthèse par gramme de protéine dans l'organisme du poussin
(en Kcal d'énergie métabolisable)

Groupe de poussins	Gain journalier de poids vif	
	3 g	4 g
I	9,5	13,1
II	8,7	10,9
III	6,9	11,4
IV	4,8	8,5

DISCUSSION

A. — *La ration alimentaire pour l'entretien*
en fonction du poids vif du poussin

Puisque les rations alimentaires quotidiennes établies pour chaque groupe de poussins ne changeaient pas au cours de l'expérience (à l'exception d'une courte période de transition au début de l'expérience) et que les poussins nourris avec ces rations cessaient de croître à un certain moment, on peut considérer que ces quantités d'aliments du point de vue énergétique correspondaient à la ration d'entretien des poussins du poids vif maximum qui était atteint dans ces conditions (KELLER, 1969).

L'équation de régression « $y = 8,232 x - 121,5$ » se caractérise par un très haut coefficient de corrélation $r = 0,98$. Ceci permet de penser que cette fonction linéaire est aussi précise que celle trouvée par KELLER, 1969, où la fonction liant l'aliment d'entretien d'un poussin (z) exprimé en gramme de matière sèche du mélange utilisé dans cette expérience avec la masse corporelle azotée (y) s'écrit :

$$z = 6,394 + 0,6369 y$$

Des relations linéaires semblables ont été établies par ZAUSCH (1967) : $y = 26,94 + 0,062 x$ pour l'énergie brute ; et par PETERSEN (1970) : $\text{kcal/j} = 81,5 W$ en kg pour l'énergie métabolisable avec $r = 0,96$.

Le fait que le poids vif vide d'un poussin est un meilleur critère des processus d'entretien que la matière sèche dégraissée ou la matière azotée du corps dans cette expérience est assez inattendu. Cette conclusion découle de la comparaison des coefficients de corrélation calculés pour les fonctions de régression existant entre les composants du corps nommés plus haut et la ration alimentaire d'entretien leur correspondant et exprimée en énergie métabolisable. Elle provient probablement de la plus grande précision du poids vif vide qui n'est pas entaché des erreurs inhérentes aux analyses chimiques.

B. — *Rapport entre énergie métabolisable et matière azotée dans la ration d'entretien*

L'étude de la figure 3 fait ressortir que la croissance des poussins est fonction, dans certaines limites, de la quantité d'énergie métabolisable contenue dans la ration quotidienne alimentaire. Un élément limitant essentiel de cette dépendance est le rapport entre la teneur en énergie métabolisable et en matières azotées de la ration. Lorsque ce rapport atteint ou dépasse 25 kcal d'énergie métabolisable par gramme de matières azotées totales contenues dans la ration quotidienne, les poussins des groupes V et VI n'ont pas atteint une masse corporelle correspondant à la dépendance établie pour les cinq groupes restants (fig. 2). Il semble qu'on puisse interpréter ce résultat comme étant la conséquence de quantités trop faibles de matières azotées dans la ration quotidienne. Elles fournissent au poussin des acides aminés suffisants pour l'entretien, mais ne comprennent pas d'acides aminés en excédent que le poussin pourrait utiliser à la synthèse de nouvelles structures protidiques. Dans cette situation, une partie des glucides et des lipides contenus dans les aliments absorbés n'est pas brûlée pour fournir l'énergie indispensable au processus de synthèse de protéines au-delà du métabolisme de base, mais reste retenu dans l'organisme sous forme de graisse de réserve. L'analyse chimique des poussins abattus le confirme : les carcasses des poussins des groupes IV et V sont notablement plus grasses. Le rapport optimum entre l'énergie métabolisable et les matières azotées dans la ration du poussin à l'entretien semble donc voisin de 23 kcal/g MAT dans cette expérience. Il est valable uniquement pour les matières azotées utilisées dans les régimes de cette expérience. Il est évident qu'il dépend de la valeur biologique de cette matière azotée.

C. — *Le coût énergétique de synthèse des protéines*

Dans un travail précédent (KELLER, 1969), on a constaté que la rétention d'azote dans le corps des poussins en croissance est fonction de la quantité d'aliment disponible pour la croissance contenue dans la ration quotidienne ; cette relation est une équation du second degré. Le coût énergétique de la synthèse protéique ne diminue donc pas obligatoirement avec le niveau de ces synthèses. En outre, comme le montre le tableau 5, il dépendrait aussi du rapport entre les composants énergétiques et les matières azotées des aliments. De cette façon on peut expliquer, tout au moins partiellement, les différences dans les résultats des travaux effectués à ce sujet par HOHLS (1967) et KIELANOWSKI (1964) pour lesquels le coût énergétique de la synthèse des protéines dans le corps des poussins en croissance s'élève respectivement à 14,6 kcal/g et 7,74 kcal/g.

CONCLUSION

Les calculs présentés comportent certainement beaucoup d'erreurs parce qu'ils ne prennent pas du tout en considération, ni la synthèse journalière des lipides dans le corps des poussins, ni les différences dans les capacités de rétention d'énergie existant entre les poulettes et les coquelets (ZNANIECKA, 1967). Puisque dans cette

expérience les poussins ont été nourris très extensivement, leurs carcasses étaient complètement exemptes de dépôts de graisse ; il semble que dans ce cas le coût énergétique de la synthèse des lipides pouvait être négligé. On a supposé aussi que la distribution des sexes était également répartie entre les lots. Malgré ces réserves les coûts énergétiques de la synthèse des protéines dans le corps des poussins de chaque groupe expérimental se différenciaient tellement qu'on peut se demander s'il existe une valeur unique dans ce domaine.

Reçu pour publication en novembre 1972.

SUMMARY

EFFECT OF THE GENOTYPE ON THE NUTRITIONAL EFFICIENCY OF FEEDS FOR BROILER CHICKENS I. — OPTIMUM ENERGY/PROTEIN RATIO FOR MAINTENANCE

During the course of the experiment carried out on 108 chickens (*Cornish* × *White Rock* crosses), it was noticed that, within certain limits, the relationship between live weight of the Chickens (y) and daily feed ration for maintenance (x) expressed as metabolisable energy had a linear character and could be expressed by the following regression equation: $y = 8.232x - 121.5$.

The optimum ratio between metabolisable energy and nitrogenous matter was 23 kcal/g N in the maintenance ration given to the broiler chickens during the experiment.

The expenditure of energy for protein synthesis in the growing Chicken is variable and depends on daily N retention and on the chemical composition of the diets offered.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ELANDT R., 1964. *Statystyka Matematyczna*, PWN, Warszawa.
- HOHLS H. W., 1967. Eiweissansatz und thermische Energie. *Arch. f. Geflügelk.*, **31**, 349-367.
- KELLER J., 1969. Croissance pondérale des poulets en fonction de la consommation de la ration de croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **9**, 393-404.
- KELLER J., 1970. Investigations upon the Feed Utilization in the Period of Growth. II. Relation of energy to proteins in feed and the feeding level of chicks. *Biuletyn Instytutu Genetyki i Hodowli Zwierząt P. A. N.*, n° 20, 71-86.
- KIELANOWSKI J., 1964. Energy Metabolism of Farm Animals. In: Blaxter K. L., (ed.) *Energy metabolism* Proc. 3rd Symp., Troon-Europ. Ass. animal prod., publ. n° 11, Academic Press, London, 13-21.
- KIELANOWSKI J., KELLER J., 1962. Eine methode quantitativer Einzelfütterung von Küken. *Arch. Tierernähr.*, **12**, 261-267.
- PETERSEN C. B., 1970. Efficiency of Protein and Fat Deposition in Growing Chickens Determined by Respiration Experiments. In: Schürch A. et Wenk C., (ed.), *Energy metabolism of farm animals*. Proc. 5th Symp., Vitznau (Suisse). Europ. Ass. animal Prod., publ. n° 13, Juris Druck Verlag, Zurich, 205-208.
- STURKIE P. D., 1965. *Avian Physiology*. 766 p., 2nd ed., Cornell Univer. Press, London.
- ZAUSCH M., 1967. Experiments on the Total Metabolism of Growing Cockerels by Means of the Simultaneous Difference Trial. In: Blaxter K. L., Thorbek G. Kielanowski, J. (ed.) *Energy metabolism of farm animals*. Proc. 4th Symp., Warsaw, Poland. Europ. Ass. animal. Prod., publ. n° 12, Oriel Press Ltd, Newcastle upon Tyne, 401-406.
- ZNANIECKA G., 1967. *Protein deposition in chicken fed increasing amounts of starch*. Acta Universitatis Agriculturae, Sbornik Vysoke Skoly Zemedelske v Brne/rada B/, Facultas veterinaria, Spisy fakulty veterinarni, Rocnik XXXVI, Spis c. 782, Cislo 3, 424-427.