

ニワトリヒナの発育に対する飼料中
セニの栄養生理学的研究

木 部 久 衛

NUTRITIONAL AND PHYSIOLOGICAL EFFECTS
OF FIBER ON THE CHICK GROWTH

Kyuei KIBE

目 次

緒 論	32
第1編 セニがヒナの発育におよぼす影響について	34
第1章 材料および方法	34
第2章 実験結果	43
第3章 考 察	49
摘 要	55
第2編 飼料の消化と窒素の出納に対するセニ添加の影響について	56
第1章 材料および方法	56
第2章 実験結果	59
第3章 考 察	71
摘 要	76
第3編 セニ添加が飼料中蛋白質の生物価におよぼす影響について	76
第1章 材料および方法	76
第2章 実験結果	77
第3章 考 察	79
摘 要	80
第4編 セニの生理的効果について	80
第1章 材料および方法	80
第2章 実験結果	84
第3章 考 察	94
摘 要	100
総 括	101
謝 辞	103
引用文献	104
Summary	109

緒 論

家畜を合理的かつ経済的に飼育するために従来数多くの研究がなされ、その結果今日においては家畜に対する蛋白質やエネルギーをはじめとして無機物やビタミンなどの各種栄養素の必要量もほぼ明らかとなつている。

これらを少しく歴史的に眺めてみると Thayer の乾草価説 (1809)⁸⁶⁾ に端を発した飼料の栄養価研究から、可消化養分で表示された実用価値の高い Wolff の標準 (1816)¹³⁾ を経て、近代栄養学のエネルギー理論を取り入れた Kellner の澱粉価説 (1907)⁶²⁾ と発展し、さらに同じ正味エネルギー理論を採用して澱粉価説を一步前進せしめた Armsby の標準 (1917)⁵⁾ が出現するに至つた。やや遅れてニワトリをはじめとする各種家畜に対する米国の N. R. C. の標準 (1944~1950)⁷¹⁾ が発表され訂正されつつ今日に及び、我が国においてもこの標準が広く採用されている。なおニワトリの場合にはこのほかに Wheeler の標準⁵⁶⁾、Fraps の生産エネルギー理論による標準 (1946)¹⁰⁾ や最近では Combs のカロリー・蛋白質比率説 (1955)²⁴⁾ などがある。

これらの飼養標準や理論にはいずれも家畜家禽が必要とする乾物量、蛋白質量ならびにエネルギー量などが主に示されており、近年に至つてはようやく無機物やビタミン量までが規定されるようになった。

飼料の栄養素にはそれらが消化吸収されて生産や維持に直接利用されるもの (可消化有効成分) と、消化吸収はされないがしかし生理的に有用なもの (不消化有効成分) とがあるが、後者に属する最も重要なものとしては不消化有機物がある。不消化有機物の中には、不消化の蛋白質あるいは脂肪なども含まれるが通常は不消化の粗セシイがその大部分を占めている。

Maynard (1956)⁶¹⁾ によれば飼料には一定の容積が必要であり、この容積は粗セシイの含量に支配されるが、飼料の容積が過大となつた場合には栄養素の濃度が低下するために家畜の生産に悪影響があり、また一方容積が過小の場合には不消化を起し食欲が減退する結果となることを述べている。たとえば粗セシイの少ない濃厚飼料は胃中においてパン粉様の塊を形成するために消化作用を受け難くするとしている。

飼料中の不消化有機物の意義を最初に提案したのは Lehmann⁸⁶⁾ であるが、その後 Kellner⁶²⁾ もこれを取り上げている。なお我が国においては、海塩は、鶏における飼料の生産エネルギーの決定は、粗セシイのみによらず不消化有機物によつて行なうべきことの妥当性を明らかにしている。Kellner の澱粉価説では、給与したセシイが消化管を通過するためにエネルギーが消費されるので、飼料中のセシイ含量によりエネルギーの控除がなされている。この控除数は牛において摂取した粗セシイ 1 グラム当り約 1.4 カロリーで、たとえばモミガラや鋸クズなど粗セシイ含量の高いものを多給した場合は、飼料の正味エネルギーがきわめて低くなる。しかしセシイには腸運動 (蠕動) の促進作用がみられるほか、飼料に適度な容積を与える作用もあるので、反芻動物の消化生理上特にその重要性がみとめられている。⁶⁰⁾⁶³⁾⁷⁶⁾⁷⁷⁾

一般に、植物セインはセルローズ、ヘミセルローズ、リグニン、ペントサンなどからなっており、しかも植物界においてはこれらがさまざまな割合で存在するため、きわめて複雑な組成を持つものである。そしてまた、セインはいずれも高分子であるために消化作用を受け難いので、家畜にとつてはセイン以外の炭水化物よりも栄養的価値は一般に低い。

反芻動物をはじめとした草食家畜は主として粗飼料を摂取するため消化器管の容積や機能も鳥類とは全くその趣を異にしている。通常家畜の分泌する消化液中には、セインを消化する酵素は存在しないが、反芻動物や草食動物の消化器中には、セインを分解する細菌が存在しているので、間接的にセインを消化利用できるものである。すなわち草食家畜では消化管内の微生物の作用により飼料の約20%が消化されるために微生物の活力の意義はきわめて大きい。したがって草食家畜にあつては粗飼料の質および量が微生物の種類や活力⁸⁾に大きな影響をおよぼすことは明白である。単胃の家畜である豚においても Breirem⁸⁾によれば、粗セインの消化率はかなり高い値(31~93%)を示している。

これに反して、鳥類はセインをほとんど消化できないとされているが、しかしごく一部のセインは盲腸において消化されるといわれる⁴⁷⁾。このためニワトリにおけるセインの消化率には、セインの種類やニワトリの飼養条件によりかなりの差異がみとめられる²³⁾⁴⁷⁾。しかしこのような差異はいずれも粗セインとして測定した場合の結果であつて、時としては粗セインの定量法による誤差がかなり大きく現われてくることも容易に想像される。

何故ならば、いわゆる粗セインの中には比較的分子量の低いヘミセルローズなどが含まれているため実際の分析においてはこれらが可溶性無窒素物のフラクションの中に含まれる可能性が多分に存在するからである。

ニワトリにおいては、セインはほとんど消化されないので、エネルギー源としては全く無価値であるばかりでなく、これを摂取したために起る熱増加により、逆にエネルギーの損失をきたすのである。さらにセインは飼料中のほかの栄養素、特に蛋白質と可溶性無窒素物の消化率をも低下させる傾向をもっているにもかかわらず、Davis¹⁶⁾ら(1947)¹⁷⁾によれば、セインにはヒナの発育を促進する作用のあることが示されている。すなわちセインとしてセルローズおよび鋸クズを用いているが、その両者においていずれもヒナの発育促進効果のみとめている。またこれより以前に、Morris⁶⁶⁾ら(1932)は、飼料中のセイン含量は、或程度高くともヒナの発育に害作用はないとしており、遅れて Hill⁸⁸⁾ら(1950)⁸⁹⁾、Dansky¹⁴⁾ら(1952)は、セインとして燕麦殻をかなり大量に与えてもヒナの発育に悪影響はなかつたと報告している。これらの実験結果から発育効果を有するセインは、セルローズであるカリグニンであるか、あるいはそれ以外のセイン質であるかという点に興味を持たれる。

飼料中にセインが全くない場合には生理的に障害が起り、また過多の場合でも栄養上の欠陥を生ずるようになるが、しかし一般的には飼料中のセイン含量が高くなると、飼料の摂取量が増加するために、ヒナの発育がよくなるとの意見に帰せられるようである。しかし Peterson⁷⁴⁾(1950)⁸⁹⁾、Senior⁸⁹⁾ら(1947)はセインの発育促進効果を否定してい

る。

なお一方において、Heuser ら (1945)⁸⁷⁾、Bird ら (1946)⁶⁾、Lillie ら (1951)⁵⁹⁾ はセインは産卵鶏に対してもほとんど悪影響はないとしている。

以上述べたように、ニワトリに対するセインの影響はきわめて複雑であるが、セインの発育効果が観察された時代の飼料の質は今日の飼料の質に比較してかなり劣っていることが容易に想像され、そのためにセインの効果が現われたのではないかとの見方もある。したがって飼料科学が急速なる進歩を遂げつつある今日においては、栄養価値のないセインは一般に軽視される傾向にあり、ややもすればセインの悪影響のみが誇大視され勝ちである。しかしながらセインには生理的栄養的に重大な意義を持つことは上述の諸点からも明らかであるが、それらの内容については未だ解明されていない現状にある。

著者はニワトリに対するセインの生理的栄養的な意義を基礎的な面から追求するとともに、さらにセインの養鶏飼料への実用性をもあわせて検討するために本研究を企画した。

なお本論文は4編より構成され、その第1編においては、セインとして主にセルローズおよびリグニンを用い、それらがヒナの発育におよぼす影響について調査した成績および考察について記述し、第2編においては、セイン自体の消化性とセインの添加によつて起る栄養素の消化率の変化を検討した結果について論述し、第3編においては、セインの添加が飼料中蛋白質の生物価におよぼす影響について記述し、最後に第4編においては、セインの添加が消化管内の飼料通過時間、内臓諸器管の発達、肝臓および血漿中のビタミンA蓄積量および肝臓、腎臓中のキサンチンデヒドロゲナーゼの活性度におよぼす影響について論及した。

第1編 セインがヒナの発育におよぼす影響について

ヒナに対するセインの発育促進効果の機序を解明する手がかりとして、セインの添加とヒナの発育および添加セインの種類とヒナの発育について試験を実施した。

第1章 材料および方法

実験1 セルローズレベルがヒナの発育におよぼす影響

本実験には単冠白色レグホーン種雄初生ピナ (1954.9.6孵化) 135羽を用い、これを1区当り20~30羽の5区に分け、餌付時より10週間にわたり発育試験を行なつた。育雛は各区とも0.9m×0.9m×0.4mの電熱育雛箱(木製)を用い、適温にて飼育を行なつた。試験に用いた飼料は市販飼料初生ピナ用および中雛用で、孵化後6週間までは初生ピナ用飼料を給与し、その後1週間にわたる切替期間を設けた後中雛用飼料に切り替えた。

なお水は自由に与え、またビタミン類および草汁因子を給与する目的で、白クローバーをミキサーで磨細後、布片で濾過した汁液の一定量を飼料とともに煉り与えた。用いたセインは東洋濾紙 No.1 の粉末であり、基礎飼料に対してそれぞれ0, 3.5, 9.5, 16.5, および26.5%の割合でよく混合添加した後給与した。なお試験区分は上記のセインレベルに従い、それぞれA, B, C, D及びE区とした。飼料の給与量は、波多野、

Kentucky 試験場および Lee⁸³⁾らの予定体重表より算出した平均基礎体重表により、Wheeler⁵⁶⁾の標準から計算した。なお基礎飼料ならびに添加したセルローズの組成と給与量、および白クローバー汁液の給与量を示せば第1および2表の通りとなる。本実験のみならず、後述する実験を通じて窒素成分はケルダール法、その他の成分は A. O. A.⁴⁾法により分析した。

各区試験飼料の粗セシイ含量を第1表の組成より計算したところ、第3表の通りとなった。

Table 1. Chemical Composition of basal diets and cellulose powder (%)

	Moisture	Crude Protein	Crude fat	Crude fiber	N. F. E.	Crude ash	
Basal diet	Starter	13.0	18.2	5.2	3.7	51.9	8.0
	Grower	12.1	20.2	5.6	4.5	51.8	5.8
Cellulose powder	8.6	—	—	77.5	13.8	0.1	

Table 2. Feed given per bird per day

		Weeks after hatching									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Basal diet	Starter (g)	7	9	14	18	23	26	16			
	Grower (g)								16	34	39
White clover juice	(cc)	10	12	15	17	19	22	24	26	29	32

Table 3. Crude fiber content of diets (%)

Group	A	B	C	D	E
Starter	3.7	6.4	11.1	16.5	24.2
Grower	4.5	7.2	11.9	17.3	25.0

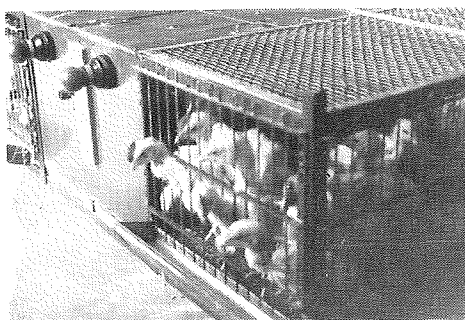


Fig 1. The electrically heated experimental brooder

実験2 ヒナの発育におよぼすセルローズおよび脂肪添加の影響(その1)

交雑種(R. I. ♀ × W. L. ♂)雄初生ピナ(1960.9.14孵化)80羽を同数の4群に別け、それぞれ対照区(A)、セルローズ15%添加区(B)、脂肪20%代替区(C)、セルローズ15%添加、脂肪20%代替区(D)とし、各区をさらに10羽宛の2区制とし、これらを金属製電熱育雛

箱(第1図)において4週間飼育した。なおヒナの体重は毎週1回個体別に測定した。対照区の飼料は第4表に示したトウモロコシ、小麦を主体とする配合飼料で、脂肪区の脂肪にはトウモロコシ油を用い、澱粉と代替して使用した。なおセルローズはパルプセルローズ*を粉砕したものをを用い、これを飼料に添加して給与した。飼料の一般組成は第5表に示した通りである。なお飼料および水は自由に摂取させた。

Table 4. Composition of diets (%)

Group	A	B	C	D
Ground yellow corn	20.0	20.0	20.0	20.0
Corn starch	20.0	20.0	0.0	0.0
Ground wheat	17.0	17.0	17.0	17.0
Wheat bran	5.0	5.0	5.0	5.0
Rice bran	5.0	5.0	5.0	5.0
Soybean oil meal	5.0	5.0	5.0	5.0
Fish meal	15.0	15.0	15.0	15.0
Skim milk	7.0	7.0	7.0	7.0
Alfalfa meal	3.5	3.5	3.5	3.5
Oyster shell	1.996	1.996	1.996	1.996
Choline chloride (25%)	0.120	0.120	0.120	0.120
Methionine	0.024	0.024	0.024	0.024
Antibiotics a)	0.024	0.024	0.024	0.024
Vitamin A & D ₃ supplement b)	0.040	0.040	0.040	0.040
Vitamin B group c)	0.016	0.016	0.016	0.016
Mineral mixture d)	0.016	0.016	0.016	0.016
Nitrofenide	0.024	0.024	0.024	0.024
Common salt	0.240	0.240	0.240	0.240
Cellulose	0.0	15.0	0.0	15.0
Corn oil	0.0	0.0	20.0	20.0
Total	100.0	115.0	100.0	115.0

a) Containing 5 millions units of procaine penicillin per 100 grams.

b) Containing 10,000 I. U. of vitamin A and 1,500 I. C. U. of vitamin D₃ per one gram of supplement.

c) Containing 440mg of riboflavin, 440mg of Ca-pantothenate, 440mg of nicotinic acid, 2,200mg of choline chloride and 13.2mg of folic acid per 100 grams.

d) Containing 0.62g of copper sulfate, 6.02g of iron citrate, 0.02g of zinc chloride, 0.06g of cobalt sulfate and 16.6g of manganese sulfate per 100 grams.

* 興国人絹株式会社製

Table 5. Chemical composition of diets (%)

Group	A	B	C	D
Moisture	14.7	13.5	11.2	11.1
Crude protein	18.9	15.7	18.0	16.0
Crude fat	4.6	3.2	23.6	17.5
Crude fiber	2.6	14.1	2.7	12.5
N.F.E.	53.3	48.4	38.9	38.0
Crude ash	5.9	5.1	5.6	4.9

実験3 ヒナの発育におよぼすセルローズおよび脂肪添加の影響(その2)

交雑種(R. I. ♀×W. L. ♂)雄初生ヒナ(1962.9.23孵化)80羽を同数の8区に別け、セルローズ添加量と脂肪代替量がそれぞれ異なるA(0:0%)区、B(3:3%)区、C(3:6%)区、D(3:9%)区、E(6:3%)区、F(6:6%)区、G(6:9%)区、およびH(0:9%)区となし、これらを金属製電熱育雛箱(第1図)中にて10週間にわたり発育試験を行なった。ヒナの体重は毎週1回個体別に測定した。

なお基礎飼料には黄色トウモロコシおよび小麦を主体とする配合飼料を使用し、脂肪はトウモロコシ油を、飼料中の澱粉と代替して使用した。セルローズは前項において使用したと同一のパルプセルローズ末を飼料に添加して給与した。なお飼料および水は自由に摂取させた。基礎飼料の配合割合、試験区分ならびに各区飼料の一般組成を示すと、それぞれ第6.7.および8表の通りとなる。

Table 6. Composition of basal diet (%)

Ground yellow corn	34.1
Ground wheat	20.9
Wheat bran	5.5
Rice bran (defatted)	5.5
Soybean oil meal	11.0
Fish meal	16.5
Alfalfa meal	3.8
Ca-carbonate	2.2
Vitamin A & D ₃ supplement a)	0.1
Vitamin B group a)	0.1
Mineral mixture b)	0.2
Antibiotics c)	0.08
Nitrofenide	0.02
Total	100.00

a) see table 4.

b) Containing 0.166mg of iron citrate, 0.033mg of copper sulfate, 0.033mg of cobalt sulfate, 0.033mg of zinc chloride, 0.25mg of calcium phosphate, 0.50mg of calcium carbonate and 0.243mg of sodium chloride per one gram.

c) Containing 8mg of chlortetracycline per one gram.

Table 7. Experimental design

Group	No. of birds	Basal diet	Corn starch	Corn oil	Cellulose powder	Total
A	10	91.0%	9.0%	0 %	0 %	100%
B	10	88.4	5.8	2.9	2.9	100
C	10	88.4	2.9	5.8	2.9	100
D	10	88.4	0	8.7	2.9	100
E	10	85.8	5.7	2.8	5.7	100
F	10	85.8	2.8	5.7	5.7	100
G	10	85.8	0	8.5	5.7	100
H	10	91.0	0	9.0	0	100

Table 8. Chemical composition of diets (%)

Group	Moisture	Crude Protein	Crude fat	Crude fiber	N. F. E.	Crude ash
A	13.0	18.9	4.3	3.9	51.5	8.4
B	12.3	18.3	7.6	6.6	48.0	7.2
C	12.1	18.3	10.8	6.6	45.4	6.8
D	11.0	18.3	14.1	6.6	42.1	7.9
E	12.0	17.8	7.5	10.4	45.3	7.0
F	11.5	17.8	11.0	10.4	42.2	7.1
G	10.8	17.8	13.8	10.4	39.7	7.5
H	11.4	18.9	13.6	3.9	45.3	6.9

実験4 セルローズおよびリグニンがヒナの発育におよぼす影響 (その1)

単冠白色レグホーン種雄初生ヒナ(1958. 11. 7孵化)90羽を同数の3群に別け、対照区、セルローズ区およびリグニン区とした。各区ともそれぞれ金属製電熱育雛箱に入れて餌付より6週間にわたり発育試験を行なった。ヒナの体重は毎週1回個体別に測定した。対照区には第9表に示した配合飼料を給与し、セルローズ区およびリグニン区にはこの飼料にバルブセルローズ末およびモミガラより調製した粗リグニン末を各々10%余分に添加給与した。粗リグニン末はモミガラを酸化銅アンモニア法により処理して得たものである。処理方法を簡単に述べれば、まずモミガラを粉砕した後アルコール・ベンゾール等容混液で48時間宛2回処理し、さらに多量の水、稀酢酸、水で順次洗滌してヘミセルローズを除き、残渣は1%硫酸を加えて3~4時間煮沸した後、濾過、水洗、乾燥した。

このようにして得た試料を振盪器内にとり、試料がおおわれる量の酸化銅アンモニア溶液を加えて12時間振盪し、ついで遠心分離して上澄液を除き、沈澱を酸化銅アンモニア溶液、濃アンモニア水で洗滌した後、水中に投じ稀塩酸で酸性にして濾過し再度水洗した。なお前記の1%硫酸による処理以下の操作を2~3回反覆した後乾燥した。このようにして得られた粗リグニン末にはリグニンおよびセルローズ (α , β , γ を含む) がそれぞれ45.8%, および32.1%含まれ、相当量のセルローズが含有されていたが、一応粗リグニンとして以下の実験に供した。なおセルローズ末の方は大部分(87.9%)が α セルローズであつた。

Table 9. Composition of basal diets (%)

	Starter	Grower
Ground yellow corn	35	30
Ground wheat	22	20
Soybean oil meal	10	7
Rice bran (defatted)	10	12
Barley bran	0	10
Fish meal (white)	12	10
Dried skim milk	5	5
Alfalfa meal	3.7	3
Ground lime stone	1.7	2
Common salt	0.5	1
Vitamin A&D ₃ supplement a)	0.1	0.1
	100.0	100.1

a) See table 4.

飼料の給与量は、前実験と同様に Wheeler の標準⁵⁶⁾に従い、水は自由に与えた。なお餌付より4週間は初生ピナ用配合飼料を給与し、その後は徐々に中雛用飼料に切り換えた。飼料の分析結果は第10表に示した通りである。本試験における体重は前試験の場合と異なり群平均体重として毎週1回調査した。なお、飼料にセルローズおよびリグニンを添加することにより、消化管内の不消化物が増加し、そのために体重に若干の差が現われることを考慮して、体重の測定は飼料の給与前（午前8時）に行なつた。

別に羽毛の伸長度を調査する目的で、試験開始時に各区より任意に10羽宛を選んで翼帯を附し、第1主翼羽の羽軸根の末端から羽軸の先端までの長さを各ヒナについて毎週測定した。

Table 10. Chemical composition of basal diets, cellulose powder and crude lignin (%)

	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	N. F. E.	Crude ash
Starter	12.3	19.2	5.5	3.9	51.1	8.0
Grower	12.4	15.5	4.8	3.9	57.6	5.8
Cellulose powder	8.7	0.0	0.0	77.7	13.5	0.1
Crude lignin	9.7	2.3	0.4	67.7	18.6	1.3

実験5 セルローズおよびリグニンがヒナの発育におよぼす影響（その2）

単冠白色レグホーン種雄初生ピナ（1959.5.27孵化）30羽を同数の3群に別け、それぞれ対照区、セルローズ区、リグニン区とした。対照区には第11表に示した半合成飼料のみを給与し、セルローズ区およびリグニン区には前試験に用いたと同一のパルプセルローズ末および粗リグニン末を給与飼料の10%宛それぞれ添加増給した。ヒナは各区とも金属製電熱育雛箱に入れ適温にて4週間発育試験を行なつた。飼料の給与量は Wheeler の標準⁵⁶⁾に準じ、飲水は自由に与えた。なお飼料の組成を示せば第12表の通り

となる。

Table 11. Composition of basal diet (%)

Alpha starch	47.50
Cane sugar	5.00
Fish meal	35.00
Corn oil	3.00
Cellulose powder	4.00
Mineral mixture a)	5.00
Vitamin mixture b)	0.15
Vitamin A & D ₃ supplement c)	0.15
Choline chloride (25%)	0.20
Total	100.00

- a) Fisher and Johnson, '56²²⁾ Composition of this mixture, CaCO₃ 5.6%, Ca₃(PO₄)₂ 52.4%, K₂HPO₄ 16.8%, MgSO₄·7H₂O 4.7% Fe (C₆H₅O₇)₂·6H₂O 2.6%, ZnCl₂ 0.05%, KI 0.07%, CuSO₄·5H₂O 0.05%, H₃BO₃ 0.02%, CoSO₄·7H₂O 0.002%, MnSO₄ 1.2%, NaCl 16.5%.
- b) Containing 2,500 I. U. of vitamin A, 1.0mg of thiamine mononitrate, 10mg of nicotin amide, 0.15mg of folic acid, 1 γ of vitamin B₁₂, 1mg of vitamin E, 250 I. U. of vitamin D₂, 1.5mg of riboflavin, 1.5mg of pyridoxine HCl, 2.5mg of Ca-pantothenate, 37.5mg of ascorbic acid and 0.1mg of vitamin K per one gram.
- c) See table 4.

Table 12. Chemical composition of diets (%)

	Control diet	Cellulose diet	Lignin diet
Moisture	6.1	7.9	6.1
Crude protein	27.8	24.7	24.6
Crude fat	4.6	4.0	4.0
Crude fiber	3.5	12.1	10.4
N.F.E.	46.6	41.4	44.3
Crude ash	11.4	9.9	10.6

実験6 セルローズおよびリグニンがヒナの発育におよぼす影響 (その3)

単冠白色レグホン種雄初生ピナ (1960.1.20孵化) 90羽を同数の3群に別け、対照区、セルローズ区およびリグニン区とした。対照区には第13および14表に示したごとくカゼインを単一の蛋白質源とした基礎飼料のみを与え、セルローズおよびリグニン区には前報において使用したと同一のセルローズ末およびモミガラより調製した粗リグニン末をそれぞれ10%添加して給与した。ヒナは各区とも金属製電熱育雛箱⁶⁶⁾に入れ、適温にて4週間発育試験を行なった。なお飼料の給与量は Wheeler の標準に準じて行ない、水は自由に与えた。

Table 13. Composition of basal diet (%)

Corn starch	30.00
Potato alpha starch	22.55
Milk casein	30.00
Cane sugar	5.00
Corn oil	3.00
Cellulose powder	4.00
Mineral mixture a)	5.00
Choline chloride (25%)	0.20
Vitamin mixture a)	0.15
Vitamin A&D ₃ supplement b)	0.10
Total	100.00

a) See table 11.

b) See table 4.

Table 14. Chemical composition of basal diet (%)

Moisture	9.24
Crude protein	23.54
Crude fat	2.32
Crude fiber	3.40
N.F.E.	56.66
Crude ash	4.84
	100.00

実験7 セルローズおよびリグニンがヒナの発育におよぼす影響 (その4)

単冠白色レグホーン種雄初生ヒナ (1960.4.27孵化) 45羽を同数の3群に別け、それぞれ金属製電熱育雛箱に入れ適温にて4週間にわたり発育試験を行なった。すなわち対照区、セルローズ区およびリグニン区の3区を設け、対照区には第15表に示した飼料を給与し、セルローズ区およびリグニン区にはこの飼料にそれぞれセルローズ末および前に述べたリグニン末を10%宛添加して給与した。なおこの場合の対照区の飼料は無セソイ飼料である。つぎに飼料およびセルローズ、リグニンの一般組成は第16および17表に示した通りである。また飼料の給与量は大体 Wheeler の標準⁵⁶⁾に従い、飲水は自由に与えた。

Table 15. Composition of basal diet (%)

Corn starch	51.55
Fish meal	35.00
Cane sugar	5.00
Corn oil	3.00
Mineral mixture a)	5.00
Choline chloride (25%)	0.20
Vitamin mixture a)	0.15
Vitamin A&D ₃ supplement b)	0.10

Total	100.00
a) See table 11.	
b) See table 4.	

Table 16. Chemical composition of diets (%)

	Control diet	Cellulose diet	Lignin diet
Moisture	10.57	10.35	10.68
Crude protein	20.11	18.28	18.49
Crude fat	6.16	5.60	5.63
Crude fiber	0.00	7.11	6.01
N.F.E.	50.72	47.35	47.76
Crude ash	12.44	11.31	11.43

Table 17. Chemical composition of cellulose powder and crude lignin (%)

	Cellulose	Lignin
Moisture	8.14	11.83
Crude protein	0.00	2.25
Crude fat	0.00	0.38
Crude fiber	78.17	66.14
N.F.E.	13.64	18.05
Crude ash	0.05	1.30

実験8 カルボキシメチルセルローズがヒナの発育におよぼす影響

交雑種 (B. P. ♂ × W. L. ♀) 雌初生ヒナ (1962. 7. 16) 40羽を同数の2群に別け、対照区、およびカルボキシメチルセルローズ(以下C. M. C. と記す) 区となし、金属製電熱育雛箱にて10週間にわたり発育試験を行なった。対照区には第18表に示すごとき配合飼料を給与し、C. M. C. 区にはセロゲンW. S—C*, (1000~2000 C. P. S. **) を0.1% 宛飼料に添加して給与した。なお飼料および飲水は自由に摂取させた。

Table 18. Composition of diet (%)

Yellow corn	50
Wheat	5
Wheat bran	5
Rice bran	5
Soybean oil meal	10
Sesame oil meal	3
Fish meal	16
Alfalfa meal	3
Common salt	0.5
Calcium carbonate	2.2
Mineral mixture a)	0.1
Vitamin B group b)	0.08

* 第一工業製薬株式会社製 **粘度の単位 Centipoise の略

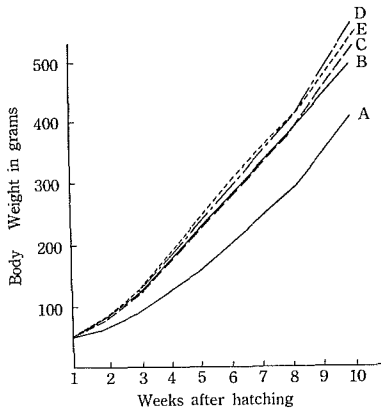
Vitamin A&D ₃ supplement c)	0.1
Nitrofenide	0.02

100.00

a), b), c) See table 4.

第2章 実験結果

まず実験1におけるヒナの発育曲線を示せば第2図の通りとなる。



第2図をみても明らかなように、B区、C区、D区およびE区の発育は途中若干の変動があるにしてもA区に比較して終始顕著な体重増加を示し、また統計処理の結果は $0.001 < P < 0.01$ でいずれも有意差をみとめた。

つぎに採食量、平均体重、斃死率および飼料効率などを一括して示すと第19表の如くなる。

Fig. 2. Effect of added cellulose on growth rate of chicks (Trial 1)

- A. Added cellulose, 0 %
- B. Added cellulose, 3.5%
- C. Added cellulose, 9.5%
- D. Added cellulose, 16.5%
- E. Added cellulose, 26.5%

Table 19. Feed intake, body weight, mortality and feed conversion rate (Trial 1)

Group	Added cellulose	Initial body weight	Final body weight	Ratios of final body weight as compared with group A	Ave. feed consumption per bird in whole period		Mortality	Basal feed per gram of gain
					Cellulose	Basal diet		
A	0 %	51.5 g	401 g	100%	0 g	1,734 g	33%	4.96
B	3.5	51.5	482※	120	61	1,734	33	4.03
C	9.5	51.5	510※	127	165	1,734	10	3.78
D	16.5	52.5	538※	134	286	1,734	36	3.61
E	26.5	50.0	520※	130	495	1,734	25	3.69

※ P=0.01

第19表に示したごとく10週後の平均体重について比較してみると、A区を100とした

場合のB, C, DおよびE区の値はそれぞれ120, 127, 134および130となり, セルローズを添加した区は添加しない区に比較していずれも20~34%の体重増加を示している。また斃死率ではC区が最も低く, ついでE区, A区, B区, D区の順となつた。なお今回の斃死率が異常に高かつた点については, 飼育環境が良好でなかつたために, 全般的に発育が悪く, また一部事故雛(尻つつき)などが出たためではないかと考えられる。つぎに有効飼料要求率(基礎飼料摂取量(g)/増体重(g))はD区が最もよく, ついでE区, C区, B区, A区の順となつたが, なかでもA区の成績は非常に劣つた。

実験2における発育試験の結果は第20表に示した通りである。

Table 20. Body weight and feed conversion rate (Trial 2)

Group	No. of birds	Body weight					Weight gain	Feed consumption	Feed /Gain	
		Weeks after hatching								
		0	1	2	3	4				
		g	g	g	g	g	g	g		
A	1	10	35.7	58.1	94.5	155.9	234.2±5.8	198.5	426.4	2.15
	2	10	35.6	57.7	95.1	155.3	232.8±7.4	197.2	433.1	2.20
	Average		35.7	57.9	94.8	155.6	233.5	197.8	429.8	2.17
B	1	10	35.7	58.4	96.6	155.9	229.4±9.7	193.7	477.9	2.47(2.10)
	2	9	35.7	62.0	93.1	157.6	229.5±9.2	193.8	432.9	2.48(2.11)
	Average		35.7	60.2	94.8	156.8	229.5	193.8	455.4	2.48(2.11)
C	1	10	35.8	61.4	106.7	172.1	240.4±8.0	204.6	402.4	1.97
	2	10	35.8	62.5	106.4	173.8	237.3±7.8	201.5	407.5	2.02
	Average		35.8	61.9	106.6	172.9	238.9	203.1	404.9	2.00
D	1	10	35.8	63.5	111.4	172.2	227.4±8.0	191.6	403.6	2.11(1.79)
	2	10	35.7	63.7	111.8	172.2	219.4±10.2	183.7	398.8	2.17(1.85)
	Average		35.8	63.6	111.6	172.2	223.4	187.6	401.4	2.14(1.82)

A:Control B:Cellulose C: Oil D:Cellulose+oil

Values in parentheses indicate grams of basal feed excluding cellulose per gram of weight gain.

1) Standard error of the mean.

これによれば, いずれの試験区においても発育はほぼ正常であり, 各区の間には統計学上有意な差はみられなかつた。また飼料要求率(飼料摂取量/増体重)では脂肪区がよく, 対照区とセルローズ, 脂肪区はほぼ同一で, セルローズ添加区は最も劣つた。しかし有効飼料要求率(摂取飼料中のセルローズを控除して計算した場合)としてみた場合には各区とも大差はないが, セルローズ, 脂肪区が最もよく, ついで脂肪区, セルローズ区, 対照区の順となつた。これらの結果から脂肪(トウモロコシ油)の添加により飼料効率は高まるが, これにセルローズを添加した場合の有効飼料効率はさらに高まる結果を示すことがみとめられた。

実験3においては, 10週間にわたる各区の発育を調査した結果は第21表に示したごとくである。

Table 21. Chick growth (Trial 3)

Group	Initial No. of birds	Final No. of birds	Weeks after hatching										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	10	9	36.1	67.8	111.6	181.0	263.8	360.0	488.1	615.5	706.3	812.7	938.3±24.2
B	10	9	36.4	63.4	106.8	168.7	244.0	358.6	482.5	597.8	731.6	861.7	1002.2±32.8
C	10	10	36.2	65.4	110.5	171.7	249.6	342.4	448.5	578.0	676.5	798.0	899.0±43.4
D	10	9	36.4	70.6	116.1	170.9	242.9	340.7	449.3	556.7	699.5	825.0	927.8±40.7
E	10	10	36.4	64.4	111.0	171.1	247.7	343.8	447.6	557.0	677.2	792.5	896.5±43.4
F	10	9	35.9	64.2	111.2	172.8	247.0	353.7	461.2	576.7	682.6	833.9	942.7±42.4
G	10	8	37.1	64.2	105.1	162.0	226.0	311.3	410.8	522.5	649.5	788.1	911.3±33.3
H	10	9	36.7	71.1	117.9	170.7	244.8	352.3	466.0	595.0	688.0	847.8	973.9±23.7

1) Standard error of the mean.

この表をみても明らかなごとく各区間の発育には大差がなく、分散分析を行なった結果10週令における各区の発育には有意差 (P=0.05) はみとめられなかつた。

つぎに各区の飼料要求率は第22表に示した如くである。

Table 22. Feed conversion rate (Trial 3)

Group	Feed consumption	Body weight gain	Feed /Gain
	g	g	
A	26,586	8,120	3.27
B	27,745	8,693	3.19(3.10)
C	29,865	8,628	3.46(3.36)
D	26,375	8,022	3.29(3.19)
E	30,340	8,602	3.53(3.33)
F	27,959	8,162	3.43(3.23)
G	21,865	6,993	3.13(2.95)
H	26,178	8,435	3.10

Values in parentheses indicate grams of basal feed excluding cellulose per gram of weight gain.

これによれば飼料要求率ではH区が最もよく、ついでG区、B区の順となり、これら3区は対照区よりも成績がよかつた。また有効飼料要求率(摂取飼料中よりセルローズを控除して計算した場合)ではG区が最もよい成績を示した。このことは飼料に油だけを加えた場合の効率よりも、それにセルローズを加えた場合の効率がさらによくなることを示しており、セルローズと脂肪の相乗効果が現われたものと考えられる。

実験4における発育試験の結果は第3図に示すごとく各区間に有意な差はなかつた。なお試験期間を通じて対照区およびグニン区に各1羽の斃死があつたが、いずれも体内の卵黄不消化が原因であり、飼料による差とは考えられなかつた。

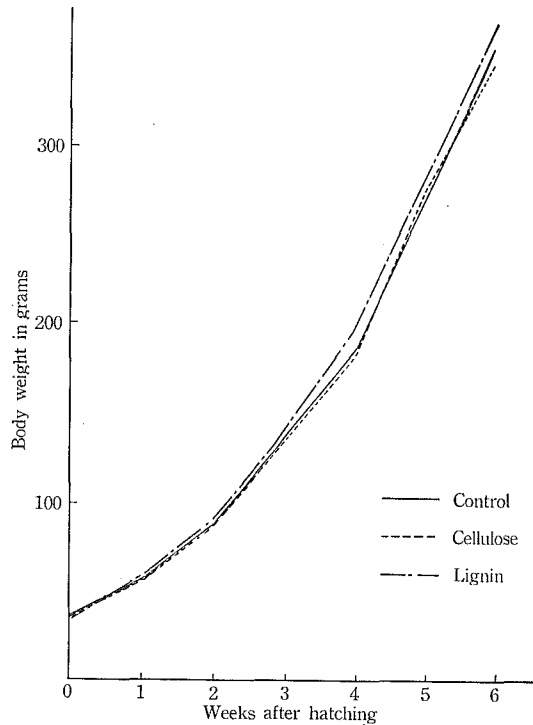


Fig. 3. Effect of added cellulose and lignin on growth rate of chicks (Trial 4)

つぎに飼料の摂取状況についてみると、セルローズ区は特に飼料の飛散が多かつたので、各区とも水でかために煉つて与えた。各区とも残食はほとんどなく、床にこぼれた飼料もできるだけ回収して給与した。なお試験期間中の基礎飼料の給与量は3区とも同一で、1羽当り 0.89kg であつた。

つぎに第1主翼羽の長さを測定した結果は第23表に示したごとく、リグニン区は対照区に比較して第1主翼羽の伸びがよく、その間には有意な差 ($P=0.05$) がみられたが、セルローズ区との間には有意な差はみられなかつた。

Table 23. Length of the primaries in average of 10 birds (Trial 4)

group	Weeks after hatching						
	0	1	2	3	4	5	6
Control	2.0	5.2	6.8	8.0	9.2	10.2	10.9
Cellulose	1.9	5.1	6.9	8.1	9.3	10.3	11.2
Lignin	2.0	5.2	7.0	8.2	9.6	10.4	11.3※

※ $P=0.05$

実験5における発育試験の成績は第4図に示した通りである。

この結果をみるに对照区とセルローズ区の発育は4週令までほとんど大差はないが、リグニン区は2週令頃より漸次発育が劣り4週令においては極端な減退を示した。なおこの場合の体重は個体別ではなく1群をまとめて測定したので、統計処理は行なわなかつた。

実験6における発育試験の結果は第24表に示した通りである。

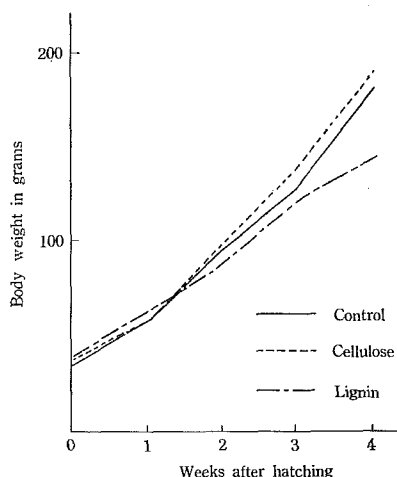


Fig 4. Effect of added cellulose and lignin on growth rate of chicks (Trial 5)

Table 24. Chick growth and feed conversion rate (Trial 6)

group	No. of birds		Body weight (g)		Feed consumption for 4 weeks per bird (g)			Basal feed Gain
	Initial	Final	Initial	Final	Basal	Cellulose	Lignin	
Control	20	18	36.0	98.5	273	—	—	4.37
Cellulose	20	16	35.5	97.0	273	27.3	—	4.44
Lignin	20	18	35.8	90.8	273	—	27.3	4.96

今回の試験の結果は各区とも発育が極めて悪く、従つて飼料要求率も正常な発育の場合に比して著るしく低下している。なかでもリグニン区は对照区、セルローズ区に比し特に悪く、実験5（第4図）の結果と同一の傾向を示している。なお今回の体重も個体別ではなく、1群をまとめて測定した。

実験4（第3図）の結果からあきらかなごとく、通常の配合飼料を用いた場合には、リグニン添加による発育の低下が全くみられなかつたのに反し、実験5（第4図）、および実験6（第24表）の成績では、いずれもリグニン添加による発育の減退を示している。この原因について後者は、栄養的な欠陥があり、その影響がリグニンにより一層増大したものと考えられる。

実験7において試験開始後4週間にわたりヒナの発育を調査した結果は第5図に示した通りである。

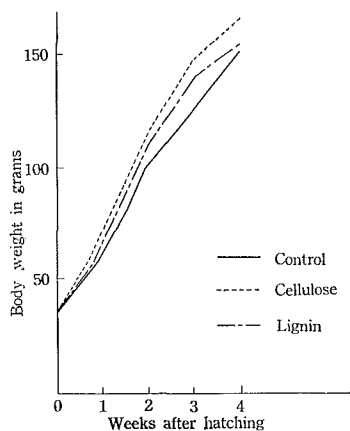


Fig. 5. Effect of added cellulose and lignin on growth rate of chicks (Trial 7)

第5図をみても明らかなようにヒナの発育はセルローズ添加区が最もよく、リグニン添加区がこれにつき、対照区の発育はかなり劣つた。つぎに鶏冠の伸びや色もセルローズ添加区が最もよく、ついでリグニン添加区がよく、対照区はかなり劣つた。

なお対照区の糞は下痢状を呈していた。リグニン添加区の体重増加割合は3週を過ぎる頃より漸減の傾向を示したが、これは飼料の摂取量が低下したことに起因するものと考えられる。なお各区とも4週令における体重について分散分析を行なつた結果は第25表に示した通りであるが、これをみても明らかなごとく、セルローズ区の発育は対照区の発育に比してよく、この間には有意な差がみられたが、リグニン区と対照区との間には有意差はなかつた。

Table 25. Statistical analysis (F test)

Group	Sum of Squares (S.S.)	Degree of freedom (N)	S.S. / N.	F	P
Control and cellulose	2152	1	2152	4.82	0.05~0.01
	15509	14	1108		
	6242	14	446		
Control and lignin	172	1	172	0.33	0.20<
	13049	14	932		
	7183	14	513		
Cellulose and lignin	1009	1	1009	1.82	0.20~0.05
	6640	14	474		
	7754	14	554		

実験 8 における 10 週間の発育試験の結果は第 6 図に示した通りである。

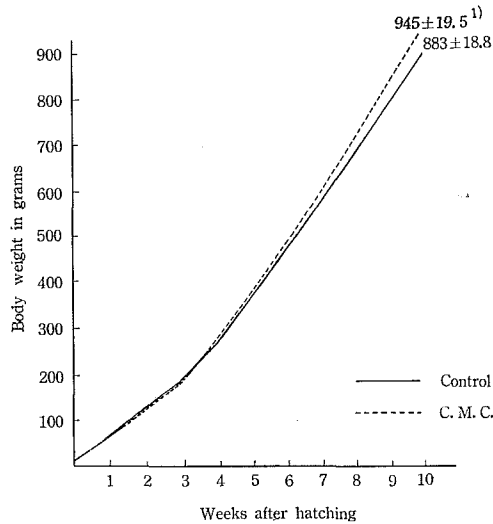


Fig 6. Effect of added carboxymethyl cellulose (C.M.C.) on growth rate of chicks (Trial 8)

1) Standard error of the mean.

※ P=0.05

これによれば発育は両区とも良好であつたが、対照区に比較して C.M.C. 区の発育がよく、両区間には有意差 (P=0.05) がみられた。

つぎに飼料要求率を計算したところ第 26 表に示すとおりとなつた。

Table 26. Feed conversion rate (Trial 8)

Group	No. of birds	Average weight gain	Average feed consumption	Feed/Gain
Control	20	851 ^g	2845 ^g	3.34
C.M.C.	18	912	2929	3.21

すなわち飼料要求率においては、両区とも大差はなかつたが、C.M.C.の方が幾分よい成績を示した。

第 3 章 考 察

セノイはヒナにとって消化利用されないばかりでなく、これを多給した場合には発育の減退が起るが、Fraps (1946)³⁴⁾, Peterson (1950)⁷⁴⁾らによれば、これはセノイの増加によりエネルギーの摂取量が低下するためだとしている。このような意見に対して、Davis and Briggs (1947)¹⁶⁾, (1948)¹⁷⁾ はヒナの発育に対してセノイ添加の効果があることをみとめ、さらにこの効果についての機序は不明であるが恐らく加えたセノイ自体の作用によるものか、あるいはセノイの分解産物の特殊な作用によるものではないかと考えてい

る。また、Heuser ら (1945)³⁷⁾、Bird and whitson (1946)⁶⁾ は、産卵に対してもセイイは悪影響をおよぼさないとしており、さらに Lillie ら (1951)⁵⁹⁾ は、大量の燕麦殻を用いれば産卵率の低下は起らないが飼料効率が悪くなると述べている。Hill and Dansky ら (1950)³⁸⁾、(1951)³⁹⁾ は、燕麦殻を添加して飼料のエネルギー価を低下させた場合でもヒナの成長はかなり良好であつたことをみとめている。なお Mraz ら (1956)⁶⁸⁾ は、ヒナの発育に対して飼料中のセイイ含量よりもエネルギー含量の方が大きく影響することをみとめ、また Rand ら (1956)⁷⁹⁾ は、飼料中の蛋白質が不足する場合にはセイイの発育促進効果が現われると述べている。Peterson ら (1954)⁷⁶⁾ によれば、飼料中のセイイ含量の増加により、飼料の摂取量、ヒナの発育ともに増大するが、セイイ代替量が極端に高く (36~48%) なつた場合には逆に飼料の摂取量および発育は低下し、また体脂肪の蓄積も低下する。さらに Morris ら (1932)⁶⁶⁾ によれば、飼料中のセイイ含量が或程度高い (9%) 場合でも、ヒナの成長率、斃死率、飼料摂取量に全く害作用がみられず、Dansky (1952)¹⁴⁾、Hill ら (1951)³⁹⁾ によれば、燕麦殻のセイイはかなり大量 (40%)²¹⁾ に用いても発育には悪影響のないことを報告している。また Ewing (1951)²¹⁾ は燕麦殻のセイイは発育に対して害作用はないばかりでなく、これを用いることによりビオチンやビタミン B₁ の体内合成を助ける傾向があると述べている。

以上述べたようにセイイの添加がヒナの発育上効果を有するという成績は多いが、逆にこれらに対する反対意見もみられる (Peterson 1950)⁷⁴⁾、Senior ら 1942)⁸⁹⁾。または吉田は育雛用精製飼料にセルローズまたはセルローズ源としてアルファアルファミールを添加してもヒナの増体量および窒素蓄積率において特別の効果はなかつたと報告している。

そこで著者は本実験において得られたセイイとヒナの発育との関係について以下論議することにする。

まずセルローズレベルがヒナの発育におよぼす影響については前掲の第2図および第19表をみても明らかなごとく、基礎飼料にセルローズ末を種々なレベルで添加給与した区の発育は、セルローズを添加しない区の発育に比較していずれもよく、それらの間には有意な差があり、また有効飼料効率においてもセルローズ添加区の方がよかつた。

各区の基礎飼料摂取量は同一であり、しかも第32表からも明らかなように添加したセルローズはほとんど消化されないので、摂取エネルギーはいずれの区も大差はないものと思われる。しかも飼料養分の消化率はセルローズの添加によりむしろ低下する傾向にあるため、セルローズ添加区は無添加区の場合に比較して必ずしも栄養素の利用性が良好であるとは考えられない。それにもかかわらず、セルローズを添加した区のヒナは無添加区のヒナに比較して発育が良好な結果を示したことは注目すべきものとする。すなわち Davis and Briggs (1947)¹⁹⁾、Hill and Dansky (1951)³⁹⁾ にも述べているごとく、セルローズには生理的にヒナの発育を促進する特殊な作用があるものと考えざるを得ない。ただ実験1においては、飼料を制限給与したことや、環境条件が良好でなかつたことなどのために、発育が全般的に劣つていたのでその影響が加わつていることも考えられる。以上のことから、ヒナの発育が良好な場合にはセルローズ添加の効果が現われませんが、逆に発育が悪い場合にはセルローズ添加の効果が現われてくることも予想される。

ヒナに対するセイの発育促進効果について Peterson⁷⁵⁾ら (1954), Hill⁸⁹⁾ら (1951) Rand⁷⁹⁾ら (1956) は、飼料中のセイ含量が高まるにつれて飼料摂取量が増加することにその理由をもとめている。しかしながら実験 1 においてはいずれの区も栄養素の摂取量がほぼ同一であるにもかかわらず、セイ添加区に発育促進効果がみられた点が従来と異なつた知見である。すなわちこの実験から推測できることは、セイには飼料中の蛋白質、あるいは栄養素の節約作用 (Sparing action) があるのではなからうかということである。

近年プロイラーの生産が盛んになるにつれて飼料のエネルギー問題に考慮が払われるようになった。すなわち飼料のエネルギー含量は飼料中のセイや脂肪含量により大きな影響を受けるので、プロイラー用飼料を配合するに当つては発育や飼料効率に好成績をもたらすようなセイ含量とエネルギー含量の調整がなされている。通常セイと脂肪はエネルギー的には拮抗関係にあるため両者の量的な関係は極めて複雑となつている。

Combs¹⁰⁾ら (1955) は家禽飼料においては、飼料中のエネルギー含量と蛋白質含量とは一種の平衡関係にあることが必要であつて、この比率を新しい見地からカロリー・蛋白質比率(C/P ratio)とした。Scott⁸⁷⁾ら (1947) Sunde⁹²⁾ら (1956) は一般に高エネルギー・高蛋白質飼料は低エネルギー飼料にくらべてヒナの発育もよく、また飼料の効率も高くなると述べている。Hill⁴⁰⁾ら (1954) によればヒナの飼料摂取量は飼料のエネルギー含量によつて影響されると述べている。また Griminger³⁰⁾ら (1957), Peterson⁷⁵⁾ら (1954) によれば低エネルギー・低蛋白質の飼料を与えた場合は本能的に飼料摂取量を高めることによつてその必要量をみたすが、Hill³⁸⁾ら (1950) によれば高エネルギー・低蛋白質飼料では逆に飼料摂取量が減退し、ヒナの発育も悪くなるのである。そこで飼料のエネルギーの面からは全く対照的であるセルローズと脂肪の添加がヒナの発育におよぼす影響について 2, 3 の検討を加えた。すなわち第20表の結果においては、対照区に対してセルローズ区、脂肪区、セルローズ、脂肪区ともに発育には有意な差はみられなかつた。また有効飼料効率 (第20表) においても大差はないが、セルローズ、脂肪区が最も良く、ついで脂肪区、セルローズ区、対照区の順となつた。なおセルローズ添加区の飼料は対照区の飼料に比較して当然低蛋白・低エネルギーであるが、しかしセルローズ区の場合は飼料の摂取量が増大するために発育も低下しない結果となつている。従来からもいわれているように飼料にセイを添加した場合には必然的に飼料の摂取量が増加するものと考えられる。つぎに飼料に脂肪を添加した場合には一般に低蛋白・高エネルギー飼料となるが、その場合には飼料の摂取量が減少するといわれており、この実験の場合にもその傾向がみられた。

つぎにセイ、脂肪区の場合の有効飼料要求率がかなりよかつた点については、セルローズは或程度の量までは飼料の蛋白質の利用性を高める傾向があり、この効果が有効飼料要求率の面に反映したものと考える。

本実験結果 (第20表) からはセルローズの発育促進効果はみとめられなかつたが、これは前項の実験の場合 (第19表) に比較して飼育環境がよかつたことと、第4表からも

わかるように飼料の組成がかなりよかつたことなどがその原因であるように思われる。

なおセルローズの添加量を一応15%とし、また脂肪の代替量を20%としたが、本実験ではこれらの含量をいずれもヒナに対する最高許容量と考えたためである。これらの含量は通常では最も極端な例であるために、さらに低含量の場合についてのセルローズと脂肪含量の相互関係についても検討を加えた。すなわち実験3においてはセルローズの添加レベルを0, 3, 6%の3段階、脂肪代替量を3, 6, 9%の3段階としてこの両者を種々に組み合わせた場合と対照区とを比較検討したものである(第7表)。これらの結果は第21および22表においてみられるごとく、発育には大差はなく各区とも有意な差はみとめられなかつた。ただ有効飼料要求率においてはG区すなわちセルローズ6%添加、脂肪9%代替区の場合が最もよかつた。このことは前項の実験2の場合においてもみられたごとく、セルローズと脂肪の相乗効果が現われたものと考えられる。なお本実験においては、セルローズ単用区を設けなかつたためにセルローズの発育効果を直接に論議することはできないが、セルローズと脂肪の少量区すなわちB区の場合の結果が、発育においてもまた飼料要求率においてもかなりよかつたことから、プロイラー用配合飼料の場合にセルローズと脂肪の少量使用は必ずしも発育その他に悪影響をおよぼさないことが明らかとなつた。

実験1においては、飼料中にセルローズを添加するとヒナの発育が促進されることをみとめた。鳥類におけるセニの消化および利用性については疑問な点が多いが、一般にニワトリでは、セニはほとんど未消化のまま排泄されるために、エネルギー源としては無価値であるといわれている。すでに述べたように、通常セニといわれるものの中には、種々複雑な形の物質が含まれているが、なかでもセルローズとリグニンが自然界に最も広く分布している。したがつて実験4においては、セニの種類によりヒナの発育促進効果がどのように異なるかを調査するために、まずセルローズ末と粗リグニン末(モミガラより調整)を材料とし、これらを飼料に添加してその発育におよぼす効果を比較検討した。

すなわち第3図をみても明らかのごとく、対照区、セルローズ区、リグニン区とも発育には大差はなく、それらの間には有意な差はみられなかつた。なお実験1においては発育に対するセルローズ添加の効果があり実験4においてはその効果がみとられなかつた点については、おそらく実験4の場合の飼育環境がよかつたために、対照区の発育が実験1の場合の対照区の発育に比較してかなりよく、したがつて対照区とセニ添加区との発育に差が現われなかつたものと考えられる。Davisら(1948)はノコギリクズを合成飼料中の澱粉と代替してヒナの発育を調べた結果、20%まではセルローズと同様な発育効果があることをみとめている。しかしながら実験4の結果においてはリグニンにはヒナの発育を促進する作用はみとめられなかつたが、少なくとも10%程度まではヒナの発育には悪影響をおよぼさないことがわかつた。

つぎに第1主翼羽伸長におよぼすセニの効果については第23表に示したごとくである。すなわちリグニンには羽毛伸長促進作用のあることが明らかとなつたがセルローズにはその作用はみとめられなかつた。

セニイ質が¹⁷⁾羽毛の伸長を助長するという点についてはすでに2, 3の報告がある。Davisら(1948)はノギリクズの使用によりヒナの羽毛の質が良くなったことをみとめているがその効果を適切に表現してはいない。

一般にノギリクズにはリグニンが多量に含まれているので Davisら⁷⁾の得た結果はリグニンによる影響が含まれていることも考えられる。また Branion(1934)⁹⁹⁾, Wilcke(1936)らは飼料中のトウモロコシを小麦, 燕麦, 大麦などで大量に代替した場合は, ヒナの発育や羽毛の伸長を促進することを指摘しており, また Wilcke and Hammond(1940)¹⁰⁰⁾や Thompson(1940)⁹⁸⁾なども燕麦殻や麩の中には発育や羽毛の伸長促進に効果のある物質が存在するとしている。

以上の成績より推察すると, トウモロコシ以外の穀類や, その殻は粗セニイ含量が高いので, この粗セニイが直接羽毛化の促進に効果を示すものか, あるいは他の特殊の因子によるものか問題になるが, その真偽については今のところ不明である。しかし本調査において, モミガラより調製した粗リグニン末は羽毛の促進に効果を示すことがわかり, セルローズにもその傾向(観察)があることをみとめた。今回は第1主翼羽の長さだけの測定結果であるが, ヒナ全体としてみても, リグニンおよびセルローズ添加区は羽毛の伸長がよく, また光沢もあるようにみうけられた。なおヒナの発育が貧弱で羽毛の生成も不良な場合には, クレアチン, グリシンあるいはアルギニンなどを給与すると羽毛の生成がよくなるといわれている。このことから飼料中のリグニンあるいはセルローズがヒナのアルギニンおよびグリシン代謝に何らかの作用をおよぼすことになり, 間接的にこれらを節約する作用を示すのではないかと想像される。しかし反面においてリグニンは飼料蛋白質(半合成飼料の場合)の生物価を著しく低下させる場合(後述)もあるので, ヒナの発育に対しては生理的栄養的に非常に複雑な影響をおよぼすものと考えられる。実験1における成績によれば, 通常の配合飼料にセルローズ末を3.5~26.5%添加した区は, 無添加区に比較していずれもヒナの発育が促進されている。しかし実験4では, 配合飼料にセルローズおよびリグニン末をそれぞれ10%添加した場合のヒナに対する発育効果を比較したのであるが, 明らかな発育促進効果のみとめることができなかった。この点に関してはすでに実験4で考察したごとく, 対照区の発育は実験1の対照区の発育に比較してかなりよかつたためにセニイ添加区との差が現われなかつたものと考えられる。

すなわち基礎飼料の質や飼育環境がわるく, したがって対照区の発育があまりよくないような場合には飼料にセルローズを添加することによつてヒナの発育は増大することが予想される。このようにヒナの発育に対するセルローズの効果は飼料の組成や飼育環境などによつて種々異なつてくることが考えられるので, 実験5においては魚粉を単一蛋白質源とした半合成飼料を用い, その場合におけるセルローズおよびリグニン添加の効果を比較した。それらの結果は第4図においてみられるごとく, 4週令までの対照区とセルローズ区の発育には大差はなかつたが, リグニン区の発育は2週令頃より漸次劣り, 4週令においては極端な減退を示した。

すなわち本試験におけるリグニン添加の効果は実験4の結果(第3図)と全く異なる

結果が得られたが、この点については添加レベルが前と同一であることからおそらく飼料の質的な相異が大きな原因であろうと考えられる。したがって実験5に使用したごとき半合成飼料(第11表)の組成では飼料にリグニンを添加することによつてヒナの発育に悪影響をおよぼすことが明らかとなつた。実験1では飼料を制限給与したことによりヒナに対するセルローズの発育促進効果がみとめられたが、実験4では飼育環境や飼料条件が実験1の場合に比較して改善されたために、セルローズ添加による効果はみとめられなかつた。また実験5の半合成飼料(第11表)の場合には、リグニン添加によりヒナの発育が逆に減退することが明らかとなつた。このような実験結果をさらに検討するために、実験6においてはミルクカゼインを単用したアミノ酸不均衡の半合成飼料にセルローズおよびリグニンを添加した場合におけるヒナの発育を調査した。その結果(第24表)では各区とも発育が極めて悪く、従つて飼料効率も正常な発育の場合に比して著しく低下している。なかでもリグニン区は対照区、セルローズ区に比較して特に悪く、実験5の場合(第4図)と同一の傾向を示している。実験1で明らかのごとく、通常の配合飼料を用いた場合にはリグニン添加による発育の低下が全くみられなかつたのに反し、実験5(第4図)および6(第24表)の成績では、いずれもリグニン添加による発育の減退を示している。この原因については、後者は飼料に何か栄養的な欠陥があり、その影響がリグニンにより一層増大したものと考えられる。

Almquist (1957) によるとヒナの体内においてはアルギニン、グリシンおよびグルタミン酸を合成しないので、これらのアミノ酸が飼料中に不足するとヒナは充分に発育することができないと述べ、また Hogan ら (1957)⁴²⁾ はカゼイン中にはアルギニンが不足しているので、これを単用するとヒナの発育が悪くなると述べている。さらに O'Dell ら (1957)⁷²⁾ や Krautmann ら (1957)⁶⁴⁾ によれば、カゼイン中のアルギニンの利用効率は極めて低く、また O'Dell ら (1957)⁷²⁾ によればカゼインのみを蛋白質源とした飼料を与えた場合には、通常の倍量のアルギニンを必要とするという。

上述のごとく、ミルクカゼインには一般にアルギニンおよびグリシンが不足するので、これを単用するとヒナの発育が悪くなるわけであるが、飼料中にリグニンを添加することにより飼料中のアルギニンおよびグリシンの利用効率が低下し、そのために一層発育が減退するものと考えられる。またリグニンは飼料中のアルギニン、およびグリシン以外のアミノ酸の利用効率にも悪影響をおよぼすことも考えられる。このことは後述する蛋白質の生物価の項においてもみられるごとく、リグニン添加が蛋白質の生物価を著しく低下させる傾向を有することからも容易に想像できる。

実験5および実験6の半合成飼料の場合にみられたリグニンの発育減退作用についてさらに検討を試みるために、実験7においては再び一般にアミノ酸組成が良好といわれる魚粉を用いた半合成飼料に、セルローズおよびリグニン末を添加してその発育効果を比較した。なおすでに飼料中にセニイが全くない場合にはヒナに生理的な障害が起ると述べたが、この点についても実験7において併せて検討した。すなわち対照区には無セニイ飼料を与え、その結果をセルローズおよびリグニン添加区の結果と比較調査した。

結果は第5図および第25表に示した通りであるが、これによればセルローズ添加区の

発育が最もよく、リグニン添加区がこれにつぎ、対照区（無セニイ区）の発育はかなり劣った。なお統計処理の結果は、対照区に比較してセルローズ区は有意な差を示したが、リグニン区と対照区およびセルローズ区との間には有意な差はみられなかつた。このことから、従来いわれているヒナに対する無セニイ飼料の悪影響は明らかとなつた。なお対照区のヒナの糞は下痢状を呈しており、またヒナは全般的に不健康な状態がみうけられた。

リグニン区の発育が3週を過ぎる頃よりかなり悪くなつたが、これは直接には飼料の摂取量が低下したことによるものと考えられるが、この傾向は実験5（第4図）および実験6（第24表）の場合と全く同一である。なお今回のセルローズ区の発育は対照区の発育に比較して有意な差がみられたが、この場合の対照区は通常の対照区ではなくて、無セニイ飼料区であるために、セルローズの発育促進作用とはみることができない。

実験4から実験7までは、セニイの種類としてセルローズおよびリグニンを主として取り上げたが、実験8においてはセルローズの誘導体であるC. M. C.の微量添加がヒナの発育におよぼす効果を比較した。C. M. C.はパルプから作られる白色、無味、無臭の安定な粉末であるが、冷水に易溶で粘度の極めて高い電解性高分子化合物である。したがって産業面では合成糊剤、食品添加剤として広く利用されている。しかしながらC. M. C.はセルローズと同様に不消化性の物質であるため、栄養素としての直接的作用はないものと考えられる。

第6図の結果においてみられるごとく、C. M. C.区の発育が対照区の発育よりもよかつた点については、セルローズの添加効果の場合と同様に、食欲の向上による飼料摂取量の増大（第26表）がその原因と考えられるが、C. M. C.の栄養的效果についてはさらに今後の研究を必要とする。

摘 要

(1) セルローズの添加がヒナの発育におよぼす影響を調査した。単冠白色レグホーン種においては、飼料の質や飼育環境が悪くまた制限給餌の場合には、セルローズにヒナの発育促進効果のあることをみとめた（第2図）。しかし交雑種（R. I. ♀×W. L. ♂）の場合にはセルローズに特別の効果はみられなかつた。本実験を通じてセルローズには本質的にヒナの発育を阻害する作用はないものと想像される。また両鶏種に対するセルローズの添加量は、10～15%程度までは可能であると考えられる（第20表および第3図）。

(2) 単冠白色レグホーン種において、リグニンの添加は、飼料条件が良好な場合には発育に特別な影響は示さない（第3図）が、羽毛の伸びには好影響をおよぼした。しかし第11表および第13表に示すごとき半合成飼料においては、リグニンの添加はヒナの発育を著しく阻害した。

(3) C. M. C.の微量添加は、ヒナの発育に好影響をおよぼすものと考えられるが、C. M. C.の栄養的效果についてはさらに今後の検討を必要とする。

第2編 飼料の消化と窒素の出納に対するセニイ 添加の影響について

ニワトリにおけるセニイの消化性と、飼料にセニイを添加した場合にみられる飼料中の栄養素の消化率の変化について検討するために、以下のごとき実験を行なった。

第1章 材料および方法

実験1 牧草セニイ部の消化性

孵化後13週令の単冠白色レグホーン種雌を1群3羽宛として4群選び、各群の飼料中の粗セニイ含量が、それぞれおおよそ0, 5, 15, および25%, 粗蛋白質含量が12%程度になるように飼料を調製した。

供試セニイはオーチャードグラスのセニイ部である。まず牧草を擂潰器*により、機械的に磨砕、圧搾してセニイ部を分離したのち、乾燥粉末として飼料に添加した。試験飼料は半合成飼料であり、これをチョッパーでペレット状にしてから、再び乾燥したものをを用いた。なお飼料の配合割合は第27表に示した通りである。

Table 27. Composition of diets

Group	Fibrous part of orchard grass a)	Potato starch	Sugar	Soybean oil	Blood powder b)	Casein c)	Salt mixture d)	Vitamin mixture e)
A	0	65	10	5	5	10	5	0.1
B	12.5	53.5	10	5	4	10	5	0.1
C	37.5	30.3	10	5	2.2	10	5	0.1
D	62.5	7.2	10	5	0.3	10	5	0.1

a) Protein content 5.9%, Crude fiber 40.9%

b) " 80.8, " 0.0

c) " 72.9, " 0.0

d) McCollum's salt mixture No. 185: NaCl 0.173, MgSO₄ 0.266, NaHPO₄ 0.374, K₂HPO₄ 0.954, CaH₄(PO₄)₂ 0.540, Ca-lactate 1.300, Fe-citrate 0.118.

e) Containing 2,500 I. U. of vitamin A, 200 I. C. U. of vitamin D, 1.0mg of thiamin mononitrate, 1.5mg of riboflavin, 100mg of nicotin amide, 1.0 mg of pyridoxine HCl, 0.5mg of folic acid, 2.5mg of Ca-pantothenate, 1 γ of vitamin B₁₂, 37.5mg of ascorbic acid, 1.0mg of vitamin E and 0.2mg of vitamin K per one gram.

供試鶏は代謝籠に入れて、試験開始前一週間にわたり、それぞれの配合飼料で予備飼育を行ない、その後4日間にわたり消化試験を行なった。給与量は大体 Wheeler⁶⁶⁾の標準により、水は自由摂取とした。試験期間中は毎日一定時間に糞尿を採取し、低温(55°C)で通風乾燥した後、セルローズ(α , β , γ), リグニンおよび窒素含量を測定した。セルローズの分析は本多⁴³⁾⁴⁴⁾(1940, a, b)の方法によった。

すなわち粗セルローズの定量は漂白粉溶液法を用いたが、これはあらかじめ脱脂した

* 敷島産業株式会社製

試料を亜硫酸ソーダ溶液と酸性漂白粉溶液により交互に処理し、粗セノイ中の非セルロース物質（主としてリグニン質）を溶出して、セルロース（ α , β , γ ）のみを残留せしめる方法である。かくして得られたセルロースを17.5% NaOH で処理し、ここに残ったセルロースを α セルロースとし、また溶解液に10%酢酸を加えて沈澱する部分を β セルロース、さらに粗セルロースから α , および β セルロースを差し引いた残りを γ セルロースとして計算した。またリグニンは酸化銅アンモニア法⁴⁹⁾によつて定量した。本実験においては別に窒素の出納試験も併せて行なつた。

実験2 純セルロースの消化性

供試動物は単冠白色レグホーン種雌（体重1.0~1.4kg）で産卵直前のものを9羽えらび、それぞれ単飼ケージに入れて消化試験を行なつた。供試鶏のうち3羽には、第28表に示した基礎飼料をおのおの50gずつ、また他の6羽には、基礎飼料50gに純セルロース末10gを添加給与し、水は自由に摂取させた。なお残食はいずれの場合にもみられなかつた。

Table 28. Composition of basal diet (%)

Casein	Potato starch	Cane sugar	Soybean oil	Salt mixture ^{a)}	Vitamin ^{a)} mixture
25	50	15	5	5	0.1

a) See table 27.

基礎飼料ならびにセルロース末の一般組成は第29表に示した通りである。

Table 29. Chemical composition of basal diet and cellulose powder (%)

	Moisture	Crude protein	Crude fat	N. F. E.	Crude ash	Total cellulose	α -cellulose	β -cellulose	γ -cellulose
Basal diet	18.5	18.4	5.0	55.3	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Cellulose powder	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	91.5	84.0	4.8	2.7

型のごとく5日間予備飼育をした後、さらに5日間にわたり、消化試験を実施した。排泄物は毎朝一定時間に採取し、直ちに通風乾燥（55°C）を行ない分析に供した。なおセルロースの分析は前述した本多の方法により実施した。

実験3 セルロースの添加レベルが飼料の消化率におよぼす影響

本実験は第1編実験1の発育試験に引きつづいて実施した。すなわち単冠白色レグホーン種雄初生ヒナ135羽を、1区当り20~30羽の5区に別け、これらをそれぞれセルロース0, 3.5, 9.5, 16.5 および26.5%添加区となし、10週間にわたる発育試験を行なつた後、各区より平均体重に近い2羽宛を選び、それぞれ単飼代謝籠に入れて消化試験（7日間の採糞）を行ない、飼料のみかけの消化率ならびに窒素の出納を調査した。

実験4 セルロースおよび脂肪添加が飼料の消化率におよぼす影響（その1）

本実験は第1編実験2の発育試験に引きつづいて実施した。すなわち交雑種（R. I.

♀×W. L. ♂) 雄初生ピナ80羽を同数の4群に別け、それぞれ対照区(A)、セルローズ15%添加区(B)、脂肪20%代替区(C)、セルローズ15%添加、脂肪20%代替区(D)とし、これらをさらに10羽宛の2区制とし、4週間の発育試験を行なった後、飼料のみかけの消化率を測定する目的をもつて、3日間にわたり消化試験を行なった。混合排泄物は採集後直ちに通風乾燥(55°C約20時間)した後分析に供した。なお蛋白質の消化率を算出するに際しては、後述のごとく混合排泄物中の尿酸態、尿素態、アンモニア態、および全クレアチニン態の各窒素を測定して、これらの含量を尿窒素とみなして計算を行なった。

実験5 セルローズおよび脂肪添加が飼料の消化率におよぼす影響(その2)

本実験は第1編実験3の発育試験終了後、飼料のみかけの消化率ならびに窒素の出納を調査する目的で行なった。すなわち交雑種(R. I. ♀×W. L. ♂)雄初生ピナ80羽を同数の8区に別け、セソイ添加量と脂肪代替量がそれぞれ異なる8区となし、10週間にわたる発育試験終了後、1週間にわたり消化試験を行なった。なお予備飼育を5日、本試験は2日とした。混合排泄物は採集後直ちに通風乾燥(55°C約20時間)して、分析に供した。

実験6 セルローズおよびリグニン添加が飼料の消化率におよぼす影響(その1)

本実験は第1編実験4の発育試験に引きつづき実施した。すなわち単冠白色レグホーン種雄初生ピナ90羽を同数の3群に別け、対照区、セルローズ区、およびリグニン区となし、6週間にわたる発育試験終了後、窒素の出納ならびに飼料成分のみかけの消化率を測定するために消化試験を行なった。各区より同程度の発育を示すヒナ10羽ずつを選び、代謝用ケージに入れて5日間一定量の飼料を給与し、最後の3日間は毎日一定時間(午前9時)に排泄物を採集した。排泄物は直ちに通風乾燥器(55°C)によつて乾燥し、分析に供した。

実験7 セルローズおよびリグニン添加が飼料の消化率におよぼす影響(その2)

本実験は第1編実験7の発育試験に引きつづいて実施した。すなわち単冠白色レグホーン種雄初生ピナ45羽を同数の3群に別け、それぞれ対照区(無セソイ区)、セルローズ区およびリグニン区となし、4週間にわたり発育試験を行なった後、対照区より発育不良のもの2羽、リグニン区より3羽を除外し、3区とも各区ごとに5日間一定量の飼料を給与して消化試験を行なった。最初の2日間は予備飼育期間(同質の飼料であるため飼料の質的な影響よりも量的な影響、たとえば排泄固形物量などの変化をできるだけ少なくするため)とし、その後3日間にわたり毎日午前10時に排泄物の採集を行なった。排泄物は直ちに通風乾燥(55°C約20時間)を行ない分析に供した。

実験8 セルローズおよびリグニン添加と飼料中窒素の出納試験

本実験は第1編実験6の発育試験に引きつづいて実施した。すなわち単冠白色レグホーン種雄初生ピナ90羽の同数の3群に別け、対照区、セルローズ区、およびリグニン区となし、4週間にわたり発育試験を行なった後、対照区よりは発育の揃つたヒナ9羽を、セルローズ区よりは7羽を選び、窒素の出納を調査するために、各区ごとに代謝用金属籠に入れ、飼料の一定量を与えて2日間にわたり総排泄物を採取した。総排泄物は直ちに通風乾燥(55°C約20時間)した後分析に供した。なおリグニン区はヒナが非常に衰

弱していたために、窒素の出納試験は中止し、発育試験のみにとどめた。

実験9 セルローズ、リグニンおよびメチルセルローズ添加が飼料の消化率におよぼす影響

単冠白色レグホーン種雄初生ピナ (1961. 1. 7孵化) 40羽を同数の4群に別け、それぞれ対照区、セルローズ区、リグニン区およびメチルセルローズ (以下M. C. と記す) 区となし、金属製電熱育雛箱にて4週間にわたり発育試験を行なった後、窒素の出納ならびに飼料のみかけの消化率を測定するために、1週間にわたり消化試験を実施した。なお供試飼料として、対照区には市販飼料初生ヒナ用 (第30表) を給与し、セルローズ区およびリグニン区には、第1編において述べたセルローズ末および粗リグニン末をそれぞれ飼料に7%宛添加し、M. C. 区にはメチルセルローズ (C. P. S. *4000) を1%宛飼料に添加して給与した。なお飼料および飲水は自由に摂取させた。総排泄物の採集は2日間にわたって行ない、採集後は直ちに通風乾燥 (55°C) して分析に供したなおM. C. の一般的性質は、林 (1960) によれば、パルプから作られる、白色、無味、無臭の安定な粉末であり、冷水に易溶で粘度の極めて高い高分子化合物である。その点はC. M. C. と全くよく類似しているが、M. C. はC. M. C. と違って非電解質である点の特徴となつている。

Table 30. Chemical composition of diets (%)

	Moisture	Crude-protein	Crude-fat	Crude-fiber	N. F. E.	Crude-ash
Basal diet	13.0	20.4	5.7	3.1	52.3	5.5
Cellulose diet	12.1	19.1	5.0	6.8	52.0	5.0
Lignin diet	12.1	19.3	5.4	7.2	51.4	4.6
Methylcellulose diet	12.6	20.4	5.8	3.0	52.6	5.6

実験10 セルローズおよび脂肪添加が飼料中 β カロチンの消化率におよぼす影響

本実験は第1編実験3の発育試験終了後、第2編実験5の消化試験と併行して実施した。すなわち交雑種 (R. I. ♀ × W. L. ♂) 雄初生ピナ80羽をセルローズ添加量と脂肪代替量がそれぞれ異なつた同数の8区に別け、10週間にわたる発育試験を行なった後、7日間にわたる消化試験を行なった。予備試験は5日、本試験は2日とした。混合排泄物は採集後直ちに β カロチンの分析に供した。なお糞中の β カロチンの分析方法はカラムの吸着剤として $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を使用する川口の方法によつた。また飼料中の β カロチン含量は藤田の方法により定量した。

第2章 実験結果

牧草の粗セシイといわれるものの中にはセルローズのほかリグニンやペントサンなどが含まれている。セルローズは化学的、物理的性質により、さらに α, β, γ の3種に別けられる。すなわち α セルローズは全セルローズを17.5% NaOH に浸して溶けないもので重合度が500~2000のもの、 β セルローズは上の処理で溶けた液を10%酢酸で酸性にした時に沈澱するもので重合度が50~500のもの、 γ セルローズは全セルローズから

* 粘度の単位 Centipoise の略

Table 31. The apparent digestibility of alpha, beta, gamma cellulose and lignin (Trial 1)

Group	No.	Intake per day (g)					Output per day (g)					Digestibility (%)				
		α -cellu-lose	β -cellu-lose	γ -cellu-lose	Total cellu-lose	Lignin	α -cellu-lose	β -cellu-lose	γ -cellu-lose	Total cellu-lose	Lignin	α -cellu-lose	β -cellu-lose	γ -cellu-lose	Total cellu-lose	Lignin
A	1	0	0	0	0	0	0.048	0.068	0.068	0.184	1.08	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0.032	0.010	0.010	0.052	1.02	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0.075	0.050	0.050	0.175	0.80	0	0	0	0	0
	Ave.	0	0	0	0	0	0.051	0.043	0.043	0.137	0.97	0	0	0	0	0
B	1	2.90	0.59	0.06	3.55	1.65	2.59	0.27	0.53	3.39	0.75	10.69	54.24	-783	0.45	54.55
	2	2.90	0.59	0.06	3.55	1.65	2.47	0.43	0.45	3.35	0.68	14.83	27.12	-650	0.56	58.79
	3	2.90	0.59	0.06	3.55	1.65	2.45	0.40	0.29	3.14	0.83	15.52	32.20	-383	1.15	49.70
	Ave.	2.90	0.59	0.06	3.55	1.65	2.50	0.37	0.42	3.29	0.75	13.68	37.85	-600	0.72	54.35
C	1	8.96	1.85	0.01	10.82	3.48	8.48	1.54	2.00	12.02	2.89	5.36	16.76	-19900	-11.09	16.95
	2	8.96	1.85	0.01	10.82	3.48	8.52	0.88	2.28	11.68	2.52	4.91	52.43	-22700	-7.95	27.59
	3	8.96	1.85	0.01	10.82	3.48	8.55	1.15	2.11	11.81	2.86	4.58	37.84	-21000	-9.15	17.82
	Ave.	8.96	1.85	0.01	10.82	3.48	8.52	1.19	2.13	11.84	2.76	4.95	35.68	-21500	-9.40	20.79
D	1	14.02	3.03	0.20	17.25	5.48	13.19	1.25	3.67	18.11	4.15	5.92	58.75	-1735	-4.99	24.27
	2	14.02	3.03	0.20	17.25	5.48	13.59	1.59	1.64	16.82	3.99	3.07	47.52	-720	2.49	27.19
	3	14.02	3.03	0.20	17.25	5.48	12.34	2.00	2.37	16.71	4.35	11.98	34.00	-1085	3.13	20.62
	Ave.	14.02	3.03	0.20	17.25	5.48	13.04	1.61	2.56	17.21	4.16	6.99	46.76	-1180	0.21	24.03

α と β セルローズを差し引いて残つた水溶性の部分である。またリグニン⁴⁵⁾は種類が多く複雑な化合物であるが、いずれもフェノール、バニリン、メチルアルコールなどを含んでおり、アルカリに溶けるものと溶けないものがある。多くは濃酸に溶けないので42%塩酸、または75%硫酸でセルローズ類を溶かし去つた後に残つたものをリグニンとしている。

実験1においては牧草としてオーチャードグラスを選び、その粗セシイの中の α , β , γ セルローズとリグニンについてそれぞれ消化性を検討した。

その結果オーチャードグラスセシイ部の各フラクションの消化率を求めたところ第31表の通りとなつた。

本表中A区は無セシイ飼料であるためセルローズの摂取量および排泄量は当然0であるべき筈であるが、3羽とも予期に反して極く少量のセルローズおよびリグニンの排泄をみたのである。これはおそらく前食(予備試験前)のセシイが残留していたためと考えられるので、B、CおよびD区のセルローズおよびリグニンの排泄量はA区の各平均排泄量を差し引いて求めた。

第31表についてみると、牧草セシイ部を添加した区はいずれも α , β セルローズおよびリグニンともかなり消化したようにみうけられるが、一方 γ セルローズにおいては摂取量よりも排泄量の方がはるかに多くなつているため、セルローズ全体としてみた場合にはほとんど消化されていないことがわかつた。

なおリグニンの消化率についてみると、C区、D区の場合は21~24%程度であるのに反してB区の場合は54%の高い消化率を示した。これはC区およびD区の場合のリグニンの摂取量と排泄量との割合がほぼ同一であるのに対して、B区の場合は摂取量に対する排泄量の割合が低かつたことによるものである。この原因については不明であるが、おそらくリグニン定量の際の誤差によるものではないかと考えられる。すなわちこの場合のリグニンは精製リグニンではなく、いわゆる植物体粗セシイ中に含まれたものであるために、その組成は複雑であり、したがつてリグニン定量の際にもセルローズ定量の場合に述べたと同様にリグニン複合体の部分的な分解に差を生じたための誤差と推定される。

つぎに窒素の出納について調査した結果は第32表に示した通りである。

Table 32. Nitrogen balance (Trial 1)

Group	No.	Daily feed consumption	Daily dry matter output	Nitrogen intake	Nitrogen output	Nitrogen balance
A	1	60	31.0	1.170	1.097	0.073
	2	60	29.4	1.170	1.214	-0.044
	3	60	31.4	1.170	1.341	-0.171
						-0.047
B	4	60	33.3	1.338	1.132	0.206
	5	60	29.5	1.338	0.971	0.367
	6	60	27.6	1.338	0.977	0.361
						0.311

C	7	60	31.0	1.344	1.225	0.119
	8	60	31.4	1.344	1.099	0.245
	9	60	33.0	1.344	1.350	-0.006
						0.119
D	10	60	41.8	1.458	1.634	-0.176
	11	60	42.1	1.458	1.436	0.022
	12	60	41.1	1.458	1.360	0.098
						-0.019

これによりセニ含量と窒素平衡との関係を見ると、B区すなわち飼料中 6.1%のセニ含量の時に最も窒素の体内蓄積が高く、ついでC区(セニ含量18.4%)、D区(セニ含量29.0%)、A区(セニ含量0%)の順となり、A区、およびD区は窒素平衡の平均値が負の値を示した。

実験1においては牧草中のセルローズおよびリグニンの消化性について検討したが、これらは牧草中にはいわゆる粗セニとして含まれるために、セルローズやリグニンの分析定量に際してはこれ以外のセニ類も関与することが考えられ、その結果は複雑となることが予想される。たとえば γ -セルローズとして増加した量が果して α -セルローズあるいは β -セルローズの分解物に由来するものであるかどうかという疑問が生ずる。そこで α -セルローズあるいは β -セルローズの消化管内における分解量をさらに確認する目的で実験2を行なつたのである。

前述の方法により消化試験を行なつてセルローズの出納を調査した結果は第33表に示した如くである。

Table 33. Daily intake and output of cellulose fractions (Trial 2)

Diet	Bird No.	Intake of cellulose				Output of cellulose				Intake-Output			
		Total	α -	β -	γ -	Total	α -	β -	γ -	Total	α -	β -	γ -
Basal diet alone	1	0	0	0	0	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.01		
	2	0	0	0	0	0.02	0.01	0.01	-0.02	-0.01	-0.01		
	3	0	0	0	0	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.01		
	Ave.	0	0	0	0	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.01		
Basal diet and cellulose powder	1	9.14	8.37	0.52	0.25	9.17	7.37	1.63	0.07	-0.03	1.00	-1.11	0.08
	2	9.14	8.37	0.52	0.25	9.61	7.82	1.35	0.44	-0.47	0.53	-0.83	-0.19
	3	9.14	8.37	0.52	0.25	9.90	7.67	2.05	0.18	-0.76	0.70	-1.53	0.07
	4	9.14	8.37	0.52	0.25	8.19	6.46	1.64	0.10	0.95	1.91	-1.12	0.15
	5	9.14	8.37	0.52	0.25	8.84	6.02	2.74	0.07	0.30	2.35	-2.22	0.18
	6	9.14	8.37	0.52	0.25	8.77	6.31	2.06	0.40	0.37	2.06	-1.54	-0.15
	Ave.	9.14	8.37	0.52	0.25	9.08	6.94	1.91	0.23	0.06	1.43	-1.39	0.02

第33表より明らかなごとく対照区にはセルローズを給与していないにもかかわらず、ごく微量のセルローズが排泄物中にみいだされた。これは実験1(30表)にもみられた

ごとく、予備飼育前に給与した飼料中のセノイが残留したものと考えられるが、非常に微量なため以後の計算からは除外した。なお計算から除外した理由は、今回の全セルローズ排泄量が前報の全セルローズ排泄量の $\frac{1}{10}$ 以下であり、且つ排泄量の個体差がなくほぼ一定していることによるものである。

つぎにセルローズ添加区の方は、摂取セルローズのほとんど全量が排泄物中に出現しているためセルローズ全体としてはほとんど消化吸収されていないことがわかった。しかしながらセルローズを α , β , γ , の3つの部分に分割測定すると、摂取および排泄の量的な関係に著しい変化が現われていることがわかった。すなわち α セルローズは摂取量に比較して排泄量がかなり減少しているため、消化管通過の過程において分解したものと考えられる。また β セルローズは摂取量に比較して排泄量が4倍近くに増加しているため、これは新たに増成されたものと考えざるをえない。一方 γ セルローズは摂取量、排泄量ともにあまり増減が見られなかつた。

つぎにセルローズの添加が飼料成分の消化率におよぼす影響について調査した。

まず実験3により飼料のみかけの消化率ならびに窒素の出納量を測定した結果は第34表に示した通りである。

第34表からも明らかなように、セルローズ含量が増加するにつれて粗脂肪、可溶無窒素物、および有機物の消化率は低下する傾向を示した。しかし粗セノイの消化率は各区とも個体差が大きく、セルローズ含量による影響はみられなかつた。

Table 34. The nitrogen balance and the apparent digestibility of some nutrients (Trial 3)

Group	Added cellulose %	No. of birds	Digestibility (%)				Nitrogen balance 1)
			Crude fat	Crude fiber	N. F. E.	Organic matter	
A	0	1	86.4	-3.7	75.6	61.7	4.44
		2	88.0	1.9	77.8	63.2	
		Ave.	87.2	-0.9	76.7	62.4	
B	3.5	3	84.3	7.3	72.3	59.5	4.86
		4	83.8	1.8	74.8	59.8	
		Ave.	84.5	4.5	73.5	59.6	
C	9.5	5	83.1	2.7	68.5	54.9	5.71
		6	82.9	-1.3	68.6	54.7	
		Ave.	83.0	-0.7	68.5	54.8	
D	16.5	7	85.0	2.1	70.1	52.3	5.05
		8	82.7	3.2	71.5	51.7	
		Ave.	83.8	2.6	70.8	52.0	
E	26.5	9	78.9	5.5	65.8	46.0	3.92
		10	79.6	1.9	66.8	45.8	
		Ave.	79.2	3.7	66.3	45.9	

1) For 7 days per bird.

一方窒素平衡においては各区とも正であつたが、その値はC区 (9.5%セルローズ添加区) が最も高かつた。すなわち育雛飼料中の蛋白質の利用効率は飼料中の粗セニイ含量がほぼ10%程度の時に最も高くなるように考えられる。なお26.5%のセルローズを添加した場合でもヒナの食欲は低下せず、試験期間中はどの区においても残食はみられなかつた。

窒素平衡の最もよかつたC区の斃死率が一番低かつたことは興味のあることで、病気その他に対する抵抗性についても蛋白質栄養が大きく関与していることを示しているものと考えられる。

つぎに実験4において述べた方法により消化試験を行なつた結果、混合排泄物の一般組成、混合排泄物中の尿窒素化合物、飼料成分の消化率および窒素平衡は第35~38表に示した通りである。

Table 35. Chemical composition of excreta (%) (Trial 4)

Group	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	N. F. E.	Crude ash
A	15.0	30.9	2.4	9.8	27.4	14.6
B	12.6	18.5	2.3	24.9	27.4	9.5
C	14.1	29.0	6.0	9.5	26.9	14.6
D	12.0	20.0	4.6	28.0	27.0	9.1

A : Control B : Cellulose C : Oil D : Cellulose+oil

Table 36. Nitrogen fraction of excreta (%) (Trial 4)

Group	Uric acid nitrogen	Urea nitrogen	Ammonia nitrogen	Total creatinine nitrogen	Total nitrogen
A	2.55	0.38	0.82	0.082	3.827
B	1.54	0.28	0.63	0.071	2.506
C	2.34	0.71	0.79	0.099	3.934
D	1.74	0.44	0.67	0.076	2.911

Table 37. Apparent digestibility (Trial 4)

		Group			
		A	B	C	D
No. of birds		20	19	20	20
Feed consumed for 3 days (g)		865	902	593	559
Excreta for 3 days (air dried) (g)		233	328	172	258
Crude protein	Consumed (g)	163	142	107	89
	Excreted (g)	16.1	8.8	7.5	4.5
	Absorbed (g)	146.9	133.2	99.5	84.5
	Digestion coefficient (%) (D.C.)	90.1	93.8	93.0	94.9

Crude fat	Consumed (g)	39.7	28.4	139.6	97.8
	Excreted (g)	5.7	7.4	10.3	11.8
	Absorbed (g)	34.0	21.0	129.3	86.0
	D. C. (%)	85.6	73.9	92.6	87.9
Crude fiber	Consumed (g)	22.6	127.3	16.1	70.0
	Excreted (g)	22.6	97.8	16.3	71.9
	Absorbed (g)	0.0	29.5	-0.2	-1.9
	D. D. (%)	0.0	23.2	1.2	-2.7
N. F. E.	Consumed (g)	461.4	436.1	230.6	212.3
	Excreted (g)	63.8	89.9	46.2	68.1
	Absorbed (g)	397.6	346.2	184.4	144.2
	D. C. (%)	86.2	79.4	80.0	67.9

Table 38. Nitrogen balance (Trial 4)

	A	B	C	D
No. of birds	20	19	20	20
Body weight (g)	234±6.6 ¹⁾	230±9.5	239±7.9	223±9.1
Feed consumed per day	288.5	300.5	197.5	186.0
Excreta per day	77.5	109.3	57.3	85.8
Nitrogen intake	8.700	7.566	5.688	4.750
Nitrogen output	3.828	3.222	2.661	2.740
Nitrogen balance per 100g of body weight per day	0.209	0.200	0.127	0.090

¹⁾ Standard error of the mean.

第37表の飼料成分の消化率についてみると、まず蛋白質の消化率では対照区に比較してセルローズ添加区および脂肪区のいずれもがかなり高い値を示した。すなわち飼料にセルローズや脂肪を加えることにより蛋白質の消化率は若干高くなるが、両者を一緒に用いることにより、セルローズと脂肪の相乗効果が現われたためかさらに消化率が向上する傾向を示した。

脂肪の消化率で注目すべきことは添加したトーモロコシ油の大部分(90%前後)が消化されている点である。しかしセルローズの添加により脂肪の消化率はかなり減退する結果となつた。この傾向は実験3(第34表)の場合と全く同一である。

セソイの消化率ではB区のみが23%もの高い値を示したほかはいずれの区も消化率は極めて低くなつている。B区の場合はヒナによりセソイがはたしてこれだけ消化されたものかどうかは疑問であるが、稀酸と稀アルカリ処理によるセソイの分析方法にも、セソイの消化を不安定にする大きな原因があるように考えられる。

つぎに可溶無窒素物の消化率は対照区の場合が最も高く、セルローズや脂肪を添加することによりいずれもかなり消化率が低下することがわかつた。すなわちセルローズによる可溶無窒素物の消化率の低下は実験3(第34表)の場合と同じ傾向を示した。

以上のごとく、消化率全般についてみると、セルローズの添加は脂肪および可溶無窒素物の消化率を幾分低下させるが、蛋白質の消化率にはほとんど悪影響を示さないことがわかった。

つぎに窒素の出納についてみると、セルローズ添加区の場合の窒素の蓄積量は対照区とほぼ同じであるのに反して、セルローズにさらに脂肪を添加したり、あるいは脂肪だけを与えた場合には、窒素の蓄積量がかなり低下することがわかった。すなわち飼料蛋白質の利用効率に対しては、セルローズの添加は何ら悪影響をおよぼさないことが明らかとなった。

実験5の方法により消化試験を行なった結果、各区の糞の一般成分、消化試験成績、および各成分のみかけの消化率は第39~41表に示した通りである。

Table 39. Chemical composition of excreta (%) (Trial 5)

Group	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	N. F. E.	Crude ash
A	13.7	33.8	2.3	7.8	22.4	20.0
B	12.3	32.8	3.2	13.5	21.2	17.0
C	16.6	33.0	3.1	13.4	17.4	16.5
D	11.8	30.9	4.4	13.7	22.0	17.2
E	14.2	32.1	2.8	17.2	18.3	15.4
F	13.3	31.1	4.8	16.7	18.9	15.2
G	16.5	30.5	3.9	19.4	14.1	15.6
H	16.2	30.6	4.7	8.4	22.9	17.2

Table 40. Body weight, feed intake and the amount of excreta during the digestion trial (Trial 5)

Group	A	B	C	D	E	F	G	H
No. of birds	9	9	10	9	10	9	8	9
Initial body weight(9weeks)	g 813	g 862	g 798	g 825	g 793	g 834	g 788	g 848
Final body weight(10weeks)	938	1,002	899	928	897	943	911	974
Feed consumed	1,260	1,296	1,440	1,200	1,484	1,336	1,200	1,200
Excreta, air dried	441	445	520	455	515	525	462	465

Table 41. Apparent digestibility and nitrogen balance (Trial 5)

	A	B	C	D	E	F	G	H
Dry matter (%)	65.2	65.7	65.7	62.5	66.2	61.5	63.9	63.3
Crude fat (%)	78.8	85.6	89.6	88.2	89.6	82.9	89.1	86.6
Crude fiber (%)	29.9	29.7	26.6	21.7	42.6	45.3	28.2	16.5
Nitrogen balance per bird per day (g)	0.791	0.811	0.736	0.703	0.791	0.663	0.727	0.751

第41表によれば、固形物の消化率では各区とも大差はなくまた一定した傾向もみられなかつた。粗脂肪の消化率では対照区よりもセルローズ添加、脂肪代替区の方がかなり高くなつた。今回の成績はセルローズ単用区がなく、またヒナの年令も異なるために、前試験成績と直接比較することはできない。つぎに各区の窒素平衡には大差がなく、また一定した傾向もみとめられなかつた。

つぎに実験6により消化試験を行なつた結果、飼料のみかけの消化率ならびに窒素平衡は第42および43表に示した通りである。

Table 42. Apparent digestibility of some nutrients (%) (Trial 6)

	Control	Cellulose	Lignin
Crude fat	88.7	82.4	89.3
Crude fiber	23.0	17.1	20.8
N. F. E.	86.5	79.0	82.3

Table 43. Nitrogen balance (Trial 6)

	Control	Cellulose	Lignin
Average body weight	352 ^g	356 ^g	366 ^g
Feed consumed	43.0	47.3	47.3
Nitrogen intake	1.063	1.063	1.079
Excreta air dried	9.8	15.6	14.3
Nitrogen output	0.455	0.454	0.438
Nitrogen balance per 100g of body weight per day	0.173	0.171	0.175

第42表によれば、粗脂肪、粗セニイ、可溶無窒素物の見かけの消化率はセルローズ区が他の2区に比較して幾分劣る傾向がみられた。なお粗セニイの消化率が比較的高かつた点については不明であるが、すでに述べたごとく、分析方法による誤差がかなりあることも充分考えられる。

つぎに第43表の窒素の蓄積量においては、各区ともほとんど差がみられなかつた。

実験7により消化試験を行なつた結果、混合排泄物の組成、各成分の消化率、および窒素平衡は第44～46表の通りとなつた。

Table 44. Chemical composition of excreta (%) (Trial 7)

Group	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	N. F. E.	Crude ash
Control	6.4	58.2	4.3	0.0	26.8	4.3
Cellulose	6.4	25.8	2.6	22.5	7.8	26.9
Lignin	6.8	35.7	3.8	21.5	7.5	34.8

Table 45. Apparent digestibility (%) (Trial 7)

Group	Crude fat	Crude fiber	N. F. E.
Control	87.4	—	89.9
Cellulose	88.2	24.7	95.5
Lignin	87.6	15.5	96.3

Table 46. Body weight change and Nitrogen balance (Trial 7)

	Control	Cellulose	Lignin
No. of birds	13	15	12
Ave. initial body weight	160.9 g	168.7 g	159.6 g
Ave. final body weight	182.2	191.0	184.3
Body weight gain	21.3	22.3	24.7
Feed consumed	690	705	592
Nitrogen intake	22.204	20.621	17.511
Excreta air dried	134	204	145
Nitrogen output	12.486	8.417	8.282
N. balance per bird	0.748	0.814	0.769
N. balance per 100g of body weight per day	0.137	0.142	0.139

第45表によれば飼料成分のみかけの消化率は、粗脂肪ではセルローズ区、対照区、およびリグニン区ともに大差はなかつたが、可溶無窒素物の消化率では、対照区に比較してセルローズおよびリグニン区がかなり高い成績を示した。

なお粗セシイの消化率が15~25%となりかなり高い値を示したが、このことについては既に述べたごとく分析方法による誤差がかなりあることも考えられる。

つぎに窒素平衡は対照区とリグニン区とはほぼ同一であつたが、セルローズ区は対照区に比較して体内窒素の蓄積率がややよかつた。

なお実験8により窒素の出納のみにつき実験を行なつた結果、混合排泄物の一般組成は第47表、また窒素平衡については第48表に示した通りである。

Table 47. Chemical composition of excreta (%) (Trial 8)

	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	N. F. E.	Crude ash
Control	7.64	8.63	0.95	9.41	57.75	15.62
Cellulose	6.92	6.58	0.65	25.64	48.92	11.29

Table 48. Nitrogen balance (Trial 8)

Group	No. of birds	Average body weight	Daily feed consumed	Daily excreta	Nitrogen intake	Nitrogen output	nitrogen balance per bird per day
Control	9	103.3 ^g	130.0 ^g	33 ^g	4.895 ^g	0.455 ^g	0.246 ^g
Cellulose	7	102.9	110.0	36.5	4.143	0.384	0.269

第45表で明らかなごとく窒素の蓄積量については、対照区とセルローズ区との間に大差はみられないが、セルローズ区の方が若干高かった。にもかかわらず発育では対照区の方がセルローズ区よりも幾分上廻つた成績となつてゐるが、これはおそらく対照区の飼料効率がよかつたことから、対照区においては窒素以外の飼料成分の利用性がよかつたことによるものと考えられる。

実験9により消化試験を行なつた結果、混合排泄物の一般組成、成分の消化率および窒素出納は第49～51表の通りとなつた。

Table 49. Chemical composition of excreta (%) (Trial 9)

Group	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	N. F. E.	Crude ash
Control	9.4	38.9	2.7	10.1	24.8	14.2
Cellulose	9.0	29.8	2.6	21.5	27.0	10.1
Lignin	9.3	29.8	2.2	21.8	27.0	9.9
Methylcellulose	8.9	33.9	2.7	10.3	32.5	11.7

Table 50. Apparent digestibility of some nutrients (%) (Trial 9)

Group	Crude fat	Crude fiber	N. F. E.
Control	87.0	10.5	86.9
Cellulose	83.5	-0.7	83.6
Lignin	87.1	3.9	83.3
Methylcellulose	87.4	6.8	83.1

Table 51. Nitrogen balance (Trial 9)

	Control	Cellulose	Lignin	Methyl cellulose
Body weight	335 ^g	318 ^g	309 ^g	341 ^g
Feed consumed (2 days)	63.0	63.5	63.0	63.0
Nitrogen in take (2 days)	2.060	1.943	1.940	2.060
Excreta (2 days)	17.3	20.1	20.0	17.1

Nitrogen output (2 days)	1.075	0.957	0.954	0.927
Nitrogen balance per day	0.493	0.493	0.493	0.566
Nitrogen balance per100g of body weight per day	0.147	0.155	0.160	0.166

第50表によれば、粗脂肪の消化率ではセルローズ区が他の3区に比較してやや劣り、また可溶無窒素物の消化率ではセルローズ区、リグニン区およびM. C. 区ともに対照区より幾分劣る結果となつた。また粗セシイの消化率では、区間の差が大きく一定した値は得られなかつたが、対照区の消化率はかなり高い値となつた。このように粗セシイの消化率が一定にならない原因についてはすでに述べたごとく、セシイの分析方法による誤差があるものと考えられる。

窒素平衡においては各区とも大差はなかつたが、セシイ添加区の方が対照区に比較して幾分好結果となつた。

つぎに実験10により β カロチンのみかけの消化率を測定した結果は第52および53表に示した通りである。

Table 52. β -carotene content of basal diet and fresh excreta (Trial 10)

Basal diet	730	Group							
		A	B	C	D	E	F	G	H
β -carotene	$\gamma/100g$	4.00 γ/g	1.54	1.37	2.00	1.05	1.35	1.03	4.20

Table 53. Calculation of apparent absorbability of β -carotene (Trial 10)

	Group							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Basal diet consumed (g)	621	551	621	517	598	564	505	528
β -carotene intake (γ)	4,533	4,022	4,533	3,774	4,365	4,117	3,690	3,854
Excreta, fresh (g)	620	645	670	635	680	660	730	610
β -carotene output (γ)	2,480	993	918	1,270	714	891	752	1,769
β -carotene absorbed (γ)	2,053	3,029	3,615	2,504	3,651	3,226	2,938	2,085
Absorbability (%)	45.3	75.3	79.7	66.3	83.6	78.4	79.6	54.1

第52表より明らかなごとく、A区およびH区すなわち対照区および脂肪区の排泄物中の β カロチン含量は、B区からG区すなわちセルローズおよび脂肪添加区に比較して2倍から4倍の値を示した。つぎに第53表より各区とも β カロチンの摂取量には大差はないために、対照区および脂肪区の β カロチンのみかけの消化率はセルローズおよび脂肪添加区に比較して著るしく低い結果を示した。

なおB区からG区までの β カロチンのみかけの消化率がともに高くなつた原因につい

では、H区すなわち脂肪区の場合の β カロチンの消化率が極めて悪かつたことから、添加したセルローズの影響によるものとみなしてよいものと考ええる。すなわちセルローズの添加により飼料中 β カロチンのみかけの消化率はかなり向上することが明らかとなつた。しかし本実験の場合も個体別ではなく各区とも試料をまとめて分析を行なつたために統計的検討はできないが、これは今後に残された問題と考える。

第3章 考 察

すでに述べたごとく、ニワトリにおいては反芻動物と異なり粗セニの消化力が極めて弱いといわれている。海塩(1949)⁴⁷⁾によると、粗セニの消化率は飼料の種類により著るしく異なり、また同一の飼料にあつても動物個体による差異がはなはだしく、最低0から最高64%⁶⁹⁾の巾を持つているが、その多くは10~20%の範囲となつている。またMorrisら(1932)も粗セニの消化率を12~18%としており、橋爪(1951)³⁵⁾は糠糲類の粗セニの消化率を1~8%と報告している。しかし本実験の第34表および37表などにもみられるごとく、セニの消化率は場合により負の消化率を示も場合もある。斉藤(1956)⁸²⁾は、ルーサンの粗セニの消化率を0%、またクローバーの消化率を10%としている。しかし高森(1958)⁹⁴⁾は、レンゲ乾草粉末の消化率を3~5%⁹³⁾としている一方、草飼料中の粗セニの消化率が平均37%にも達することを報告している。しかしこの場合に排泄物中の可溶無窒素物の量が飼料中の含量よりも多くなつていることから、セニの消化率と可溶無窒素物の消化率とは密接な関係があり、特にセニの消化率が高いような場合には可溶無窒素物の消化率が逆に低下することが考えられる。なお海塩(1949)⁴⁷⁾の成績をみても粗セニの消化率が高い場合には一般に可溶無窒素物の消化率は低く現われている。このような結果からも粗セニの分析法については充分なる検討を要するものと¹⁹⁾考えられる。なお七面鳥においてはセニはほとんど消化しないようである。

以上述べたごとく著者はニワトリにおける粗セニの消化率が測定者により、または飼料条件により甚だしい差異を示している点についていささかの疑問を持つたので、本実験を行なつた。すなわち天然の状態にある粗セニのヒナにおける消化性と、ほぼ純粹に近いセルローズをヒナに給与した場合の消化性について検討を加えた。

まず実験1により得られた第31表の結果からもみられるように、牧草セニ部中の α 、 β セルローズの消化率は5%から47%の広い範囲を示し、またリグニンの場合も21%から54%の消化率を示した。このように α 、 β セルローズおよびリグニンは、いずれもかなり消化されたようにみうけられるが一方 γ セルローズにおいては摂取量よりも排泄量の方がはるかに多くなり、その消化率は極端なる負の値を示した。したがつてセルローズ全体としてみた場合にはほとんど消化されないことがわかつた。

以上の結果からニワトリにおけるセニの消化性についてはつぎのように推察できるのである。すなわち従来ニワトリにおいてはセニをほとんど消化しないといわれているが、高分子のセルローズが消化管内でしだいに低分子のセルローズ、たとえば γ セルローズのような形となり、それが全く吸収されずに排泄されるため、粗セルローズ全体としてみた場合にはほとんど消化されていない結果となるのではないかと考えられる。

しかしながら消化管内で γ セルローズのごとき低分子の化合物に分解されたものは、いわゆる粗セシイの定量に際しては可溶性となり、その結果可溶無窒素物の分画に入る可能性も充分考えられる。したがってこの場合には粗セシイの消化率が真の消化率よりも高く、逆に可溶無窒素物の消化率が低く現われてくることもある。

つぎに飼料中のセシイ含量と窒素平衡との関係を見るに、B区すなわち飼料中のセシイ含量6%区の窒素の体内蓄積が最も高く、ついでC区すなわちセシイ含量18%区となり、A区およびD区すなわちセシイ含量0%区および29%区はいずれも負の値を示した。第27表からも明らかなように、セシイ添加区は無添加区に比較して、血粉をセシイ部に含まれる蛋白質の量に相当するだけ減少させてあるため、セシイ含量が高くなるほど飼料蛋白質の有効性は低いものと考えられる。何故ならば血粉は消化率が⁶⁷⁾悪く、またヒナに対する生物価も⁸³⁾48%でかなり劣るが、一方大島(1962)は牧草セシイ部の蛋白質の生物価はネズミで12%程度と報告していることからわかるように、牧草のセシイ部に含まれる蛋白質の利用性は、魚粉蛋白質の利用性に比較して著しく低いことが想像される。それにもかかわらず、セシイ無添加区の窒素の体内蓄積量が最も低かつたという事は、セシイに Nitrogen retention を高める何らかの作用があるものと考えられ、従つて飼料中には或程度(少くとも6%程度)のセシイが含まれることが必要であるものとする。

つぎに純セルローズの消化性については第32表の結果からも明らかなごとく、 α セルローズは摂取量に比較して排泄量がかなり減少しているが、 β セルローズでは排泄量が摂取量の4倍近くに増加している一方 γ セルローズの摂取量、排泄量の方にはあまり増減がみられなかつた。さらに興味あることは、 α セルローズの消失量と β セルローズの増成量はそれぞれ1.43gおよび1.39gとなり、両者が非常によく一致している点である。このことからニワトリにおいては α セルローズは消化管内において一部分分解されるが、それは分子量のやや少ない β セルローズまでであつて、さらに分子量の少ない γ セルローズその他の低分子の化合物にまでは分解しないことが想像される。したがってニワトリにおいてはセルローズを吸収、利用することができないといわれているが、本実験結果からもそのことが認められた。なお前報では結果的には α 、 β セルローズの消失量が逆に γ セルローズの増成量を高めたのに反して、本実験の場合は α セルローズの消失量が β セルローズの増成量を高めた点については、つぎのごとく考えられる。すなわち牧草のセシイ部の場合は、全セルローズ摂取量に対する摂取 α 、 β 、 γ セルローズ含量の割合が約81%、17%、2%であるのに対して今回のセルローズ末を用いた場合は、その割合が約91%、6%、3%の割合となり、前者の場合の β セルローズの割合はるかに高く、 α セルローズよりも低分子である β セルローズは消化管内において一部分分解して γ セルローズフラクションに移行したため前回の場合の γ セルローズの排摂量が増加したものと考えられる。

Frap²³⁾(1928)は、ニワトリにはセシイを多少消化する能力があることを報告しているが、前述したごとく一般に粗セシイの消化率には定量法上かなりの相異が生ずることが考えられ、従つて時には高い消化率を示し、また時には負の消化率を示す場合があ

る。すなわち粗セシイの定量は、通常稀酸および稀アルカリ処理によつているため、ペントサンやヘミセルローズなどの一部は可溶性物質の方に移行するおそれも充分考えられる。

家畜家禽の消化液中には、セルローズ分解酵素は通常存在しないが、反芻動物においては消化管内（特に第1胃内）に棲息する多数の微生物によりセルローズの分解が行われるものである。

Hillerman ら (1953)⁴¹⁾ や第4編実験1（第60表）においても明らかなごとく、ニワトリでは飼料の消化管内通過時間は非常に短かく、わずかに3～4時間となつている。勝木 (1960)⁴⁹⁾ はニワトリの盲腸内にはセルローズを消化する微生物がいるが、食糜が盲腸を通過する分量がわずかに $\frac{1}{16}$ 程度であるため、残りの大部分がセルローズ消化の機会にめぐまれないことから、ニワトリのセルローズあるいは粗セシイの消化が他の家畜に比較して悪いことを述べている。このようにニワトリの消化管内にはセルローズを分解する微生物がいても、セルローズの消化は時間的にみても充分であるとは考えられない。このことについてはさらに検討する余地があるので将来の研究課題であると考えられる。

以上総括して、セルローズはニワトリ消化管内において、或程度の分解を受けることはあるが、これが吸収される段階にまでいたらずに排泄されるために、セルローズを飼料に添加してもエネルギー源には全くなり得ないことが明らかである。したがつてすでに述べたごとく、ヒナに対するセルローズの発育促進効果はエネルギー補給としてではなく他の作用によるものと考えざるを得ない。一般にセシイはそれ自体が不消化性であるばかりでなく、これを多給することにより他の栄養素の利用性をも減退させるといわれているが、Morris ら (1932)⁶⁸⁾ は飼料中10%程度のセシイ含量では他の栄養素の消化率に悪影響をおよぼさないと報告している。

実験3（第34表）の結果によれば粗脂肪、可溶無窒素物、および有機物の消化率はセシイ含量が増加するにつれて低下する傾向がみとめられた。

これに対して Morris ら (1932)⁶⁸⁾ は飼料中のセシイ含量が10%程度までは飼料の消化率を低下させることはないが、それ以上のセシイ含量になると除々に消化率は悪くなると報告している。

また粗セシイの消化率は個体差が大きいために、セシイ含量による影響はみられなかつたがそれらの値は-4～7%の範囲を示した。すなわち本実験結果から粗セシイはほとんど消化利用されなかつたものとみてよいが、粗セシイの消化率に個体差が大きくなつた原因については、前述したごとくおそらく分析定量上の誤差があるものと考えられる。

なお窒素平衡は各区とも正であつたが、窒素の蓄積量はC区が最も高かつた。しかるに体重の増加割合はC区よりもセルローズ添加量の多いD区、E区の方がよく、このことから窒素の蓄積率と体重増加割合とは必ずしも一致しないことが想像される。すなわち体重の増加も成長期においては蛋白質の蓄積がその主体を占めるものと考えられるが、蛋白質以外の体成分である水分、無機物、脂肪含量などの増加割合も体重の増加に大きな影響があるものと考えられる。

なお本実験結果から蛋白質の利用性は飼料中のセイヤ含量が10%程度の時が最もよいものと想像された。

つぎに実験4の結果(第37表)をみても明らかなごとく、飼料中の蛋白質の消化率はセルローズの添加および脂肪の代替により幾分高くなるが、粗脂肪および可溶無窒素物の消化率はセイヤの添加によりかなり低下した。この結果は実験3(第34表)の結果とよく一致した。また粗セイヤの消化率はB区のみ極めて高い結果を示したが、この点についてはすでに実験結果で述べたごとく粗セイヤ定量上の誤差があるものとする。

つぎに脂肪代替の影響についてみると、可溶無窒素物の消化率が幾分低下する以外は、いずれも好結果が得られ、特に用いたトーマロコ油の消化性が高いことは注目すべきものとする。

なお窒素平衡におよぼすセルローズ添加の影響は第38表にみられるごとく、セルローズを15%程度添加しても対照区に比較してほとんど影響がないことが判つた。これに対して飼料中脂肪を代替給与した場合には、窒素の蓄積率がかなり低下することがみとめられた。すなわち脂肪の代替給与により窒素の消化率は高くなる傾向を示すが、反面窒素の歩留りがかなり低下することが明らかとなつた。この理由については、おそらく飼料中の蛋白質含量に対して脂肪の量が多過ぎたために、エネルギー、蛋白質比率が不適当となり、したがって体重増加に対する窒素蓄積量の割合が低下したものとする。

つぎに実験5の結果(第41表)について実験4の結果(第37表)を参考として少しく考察を加えてみると、まず粗脂肪の消化率ではセルローズ添加、脂肪代替区の場合が対照区に比較していずれも良好な結果を示した。実験3(第34表)および実験4(第37表)の結果から、セルローズの添加により粗脂肪の消化率が低下する傾向があるものとするれば、実験5の結果において脂肪の消化率が高くなつた理由は、用いた脂肪の影響によるものと考えられる。

また粗セイヤの消化率は全般的に高く、特にE区およびF区では45%にも達したが、これまでの実験結果からみて、このように高い消化率を示すことは考えられないので、おそらく分析上の誤差が大きく関与したものと想像される。なお窒素の蓄積量は各区とも大差はなかつたが、前項の場合と同様に、脂肪の代替給与により窒素の蓄積量は低下する傾向がみとめられた。なお実験5においては、セルローズ単用区を設けなかつたために、セルローズ添加の影響を直接比較検討することはできない。

実験3(第34表)および実験4(第37表)の結果から、セルローズは粗脂肪や可溶無窒素物の消化率を低下させる傾向を示したが、セイヤにも色々の種類があるために、その影響も同一ではないものと考えられる。

実験6においてはセイヤとしてセルローズおよびリグニンを用いて実験を行なつた。第42表の結果から飼料中の粗脂肪および可溶無窒素物の消化率は、セルローズの添加によつてかなり減少することがわかつたが、この点については従来の結果と同一である。しかしリグニン添加の場合にはあまり顕著な影響はみとめられなかつた。なお窒素の蓄積量(第43表)には各区とも大差はなかつたが、これは各区の発育に有意差がみられなかつたことから推察される。

なお第45表においては、セルローズおよびリグニンの添加は粗脂肪の消化率にはほとんど影響をおよぼさないが、可溶無窒素物の消化率はセルローズおよびリグニンの添加によりかなり向上する結果を示した。これは前述実験6（第42表）の結果と異なっているが、この原因については、実験7（第45表）の対照区が無セニ飼料であるために、かえって消化生理上種々の悪影響が現われたことによるものと考えられる。すなわち無セニ飼料の場合は、飼料にセニを10%添加した場合よりも飼料成分の消化率ならびに窒素の蓄積が悪くなることを示している。

実験8においてはすでに述べたごとくリグニン区の衰弱がはなはだしかつたために、リグニン区については消化試験を行わなかつた。なお対照区とセルローズ区については消化試験を行なつたが窒素の出納のみを比較調査した。その結果対照区とセルローズ区の発育ならびに窒素平衡にはほとんど差はみられなかつた。しかしながら第48表からは、セルローズの添加は窒素の蓄積量を幾分高める傾向を示すことが予想された。

つぎに第50表においては、飼料中の粗脂肪の消化率はセルローズの添加により幾分低下する傾向がみとめられたが、リグニンおよびM. C. 添加の場合にはみとめられなかつた。また可溶無窒素物の場合は、セルローズ、リグニンおよびM. C. 区ともに対照区に比較してやや劣る結果となつた。

すなわちセルローズの添加が、飼料中の粗脂肪ならびに可溶無窒素物の消化率を低下させる傾向を示す点は実験6（第42表）の場合と一致している。

つぎに第51表の窒素平衡（体重100g当り）についてみると、セルローズ区およびリグニン区は対照区に比較していずれも窒素の蓄積量が多くなつているが、平均体重は逆に対照区に比較してやや低くなつている。これは恐らくセルローズ区およびリグニン区のヒナの体内蛋白質の蓄積は多くなつても他の成分たとえば脂肪あるいは骨格成分の蓄積量が減少しているものと解される。なおM. C. 区の窒素の蓄積量は他の3区に比較してややよく、また体重も対照区よりも幾分優れた成績を示した。

なお Fröhlich ら (1957)²⁶⁾ はネズミにM. C. を腹腔内投与した場合に血清アルブミンおよび α 、 β グロブリンが減少し、逆に γ グロブリンが顕著に増加することを見とめており、その結果M. C. が血中蛋白質の生成機構に重要な役割を果すのではないかと考えているが、この点についてはさらに今後の検討を必要とする。

実験9（第51表）の結果からは、ヒナの発育に対しては7%程度のセニ添加は幾分窒素の蓄積を高める傾向はあるが、逆にその他の体成分をかなり低下させるものとみられ、また飼料効率の点などから考えあわせてみるとその傾向はセルローズよりもリグニンにおいて一層強いことが想像される。

つぎに第4編において述べているごとくセニの添加は腸の蠕動を促進するものと考えられるので、ヒナの場合においてもセニの添加がビタミンAあるいはカロチンの吸収率に何らかの影響を与えるものと考えられる。植村 (1956)⁹⁷⁾ は、ビタミンAの吸収障害として腸の蠕動の低下を挙げている。第53表の結果においては、対照区と脂肪区の成績から判断してセルローズの添加が β カロチンの吸収率をかなり向上させたものとみなし得るが、これは上述の原因、すなわちセルローズによる腸の蠕動の促進によるもので

はないかと想像される。

なお植村 (1956)⁹⁷⁾によれば、脂肪の添加はカロチンの吸収率をよくするが、本結果 (第53表)においては、H区すなわち脂肪区の吸収率は、A区すなわち対照区の吸収率と比較して良くはなかつた。この原因は脂肪の添加量の相異によるものではないかと考える。

またセルローズの添加が β カロチンのみかけの消化率を高めた理由については、ほかに β カロチンの吸収速度、腸粘膜におけるビタミンAへの転化速度の抗進、あるいは消化管中における β カロチンの分解促進などの諸点も考えられるが、著者はやはり β カロチンの吸収速度、ならびにビタミンAへの転化速度などが主たる原因であり、これに加えて、ビタミンAの場合と同様、消化器の粘膜組織の代謝機能増進のためのビタミンAもしくは β カロチンの消耗が大きな影響をおよぼしているものとする。

摘 要

(1) 牧草のセンイ部および純セルローズを用いて、単冠白色レグホーン種におけるセンイ消化性について検討した。その結果、セルローズは高分子の α セルローズが、ニワトリの消化管内で次第に低分子の β もしくは γ セルローズに分解移行し、それらが全く吸収されずに排泄されるため、セルローズ全体としては殆んど消化されないことが明らかとなつた (第33, 34表)。なおリグニンは、その構成が複雑なためか消化率に変異が大きかつた (第31表)。

(2) 単冠白色レグホーン種および交雑種 (R. I. ♀ × W. L. ♂)において、セルローズの添加により飼料中粗脂肪および可溶無窒素物の消化率は幾分低下する傾向を示した (第34, 37表)。しかし蛋白質の消化率 (第37表)、および窒素の体内蓄積率 (第32, 34, 46, 48表)は、セルローズの添加により向上した。

(3) 交雑種 (R. I. ♀ × W. L. ♂)においては、セルローズの添加により飼料中 β カロチンの消化率は向上する傾向を示した (第53表)。

第3編 センイ添加が飼料中蛋白質の生物価におよぼす影響について

発育試験および消化試験の結果においてみられるごとく、センイ添加がヒナの発育を促進し、また体内窒素の蓄積を高めることがわかつたので、飼料蛋白質の利用性におよぼすセンイ添加の影響を調査する目的で本試験を行なつた。

第1章 材料および方法

本実験は第1編実験5の発育試験に引きつづいて実施した。すなわち単冠白色レグホーン種雄初生ピナ30羽を同数の3群に別け、それぞれ対照区、セルローズ区、リグニン区となし、4週間にわたる発育試験を行なつた後、対照区については半合成飼料および無

蛋白質飼料を用いた代謝試験を、またセルローズ区、およびリグニン区については半合成飼料による代謝試験を継続実施した。すなわち3区とも最初の3日間には半合成飼料を与えた場合の総排泄物採集を行ない、その後対照区については5日間にわたり無蛋白質飼料(第54および55表)を与えて予備飼育し、さらに3日間の総排泄物を集め、両者の尿酸態、尿素態、アンモニア態および全クレアチニン態の各窒素含量をそれぞれ測定(木部ら⁶¹⁾1960)し、蛋白質の生物価測定の算出基礎とした。なお生物価の測定はMitchell(1924)⁶⁶⁾がネズミで行なった方法、ならびに木部ら(1960)⁶¹⁾が行なっている尿成分測定方法に基づいて実施した。使用した飼料の配合割合および組成は第11および12表に示した通りである。なお本実験においては、個体別の測定を行わずに1区を1群として測定したものである。

Table 54. Composition of protien free diet (%)

Alpha starch	82.50
Cane sugar	5.00
Fish meal	0.00
Corn oil	3.00
Cellulose powder	4.00
Mineral mixture a)	5.00
Vitamin mixture b)	0.15
Vitamin A&D ₃ supplement c)	0.15
Choline chloride d)	0.20
	100.00

a), b), c), d), See table 11.

Table 55. Chemical composition of protein free diet (%)

Moisture	12.9
Crude protein	0.6
Crude fat	2.2
Crude fiber	2.4
N. F. E.	77.8
Crude ash	4.1
	100.0

第2章 実験結果

排泄物中の尿および糞に由来する窒素の量を求めるために、混合排泄物中に含まれる尿酸、尿素、アンモニア、全クレアチニン態の窒素をそれぞれ測定して、これらの合計を尿窒素とみなし、糞中窒素は混合排泄物中の窒素より上記の尿窒素を差し引いて求めた。

なお混合排泄物中の尿酸、尿素、アンモニア、全クレアチニン態の窒素を測定してこれらを尿窒素とみなしたことについては、木部ら(1960)⁶¹⁾は別に約90日令の単冠白色レ

グホーン種雄2羽を用いて基礎実験を行なった。すなわちカニユール法により尿を採取し、上記の尿酸、尿素、アンモニア、全クレアチニン態の窒素を測定した結果は第56表に示した通りとなり、Davis (1927)¹⁵⁾の結果とよく一致した。

Table 56. Nitrogenous compounds of poultry urine (%)

Total nitrogen	Uric acid nitrogen	Urea nitrogen	Total creatinine nitrogen	Ammonia nitrogen	Undetermined nitrogen	Note
100.00	59.53	11.97	7.41	19.94	1.15	Authors (1960)
100.00	62.90	10.40	8.00	17.30	1.40	Davis (1927)

しかし混合排泄物中の窒素フラクションの測定が尿中窒素の量になるかどうかの検討は、勿論人工肛門その他の方法に待たねばならないが、上記の4大窒素成分はいずれもニワトリの代謝産物であつてそれらの排泄は尿に由来し、なおかつこれらの成分は飼料中にはほとんど含まれていないために、この4大窒素成分の含量をもつて尿窒素量とみなしたのである。加うるに第58表の成績から尿中全窒素量と4大成分の窒素量との差がわずか1%程度であるために、上述の方法による誤差は極めて少ないものと考えられる。

なお尿中窒素は第57表に示した通りである。

Table 57. Nitrogenous compounds originated from urine

	Control		Cellulose		Lignin	
	g	%	g	%	g	%
Uric acid N.	0.1316	(58.4)	0.1172	(55.8)	0.1124	(54.3)
Urea N.	0.0497	(22.0)	0.0376	(17.9)	0.0361	(17.4)
Total creatinine N.	0.0081	(3.6)	0.0070	(3.4)	0.0094	(4.6)
Ammonia N.	0.0360	(16.0)	0.0481	(22.9)	0.0491	(23.7)
Total N.	0.2254	(100.0)	0.2099	(100.0)	0.2070	(100.0)

Values in parentheses indicate the percentage of nitrogen of each component in total nitrogen.

また無蛋白質飼料給与試験の結果、代謝性糞窒素(以下M. F. N.と記す)および内因性尿窒素(以下E. U. N.と記す)の量は第58表の如くなつた。

Table 58. Determination of endogenous urinary nitrogen (E. U. N.) and metabolic fecal nitrogen (M. F. N.)

Average body weight	No. of birds	Dry matter intake	U. N. ¹⁾		E. U. N.	M. F. N.
			g	g	100g of body weight	100g of dry matter
178	10	19.2	0.1546	0.0094	0.0869	0.0490

1) Total of the following nitrogenous compounds.

Uric acid N.	0.0362
Urea N.	0.0564
Total creatinine N.	0.0122
Ammonia N.	0.0498
<hr/>	
Total N.	0.1546

2) Nitrogen of excreta minus urinary nitrogen.

つぎに上述の結果から用いた魚粉蛋白質の生物価を計算した結果は第59表に示した通りである。本表からも明らかなように魚粉蛋白質の生物価ならびに消化率は対照区とセルローズ区ではほとんど差がないのに対して、リグニン区は対照区に比較して生物価で約10%、消化率では約5%の低下がみられた。なお前述のごとく本実験は1区をまとめて行なつたために結果はすべて平均値であり、したがって統計的検討は不可能であつた。

Table 59. Biological value of fish meal protein for growing chicken

	Control	Cellulose	Lignin
	g	g	g
Body weight	178.8	187.5	129.0
Feed consumed	22.0	23.0	19.0
Dry matter consumed	20.7	21.2	17.8
Nitrogen intake	0.9803	0.9094	0.7459
Nitrogen output	0.5088	0.4611	0.4544
Urinary nitrogen	0.2254	0.2099	0.2070
Fecal nitrogen	0.2834	0.2512	0.2474
Endogenous Urinary nitrogen	0.1554	0.1629	0.1121
Metabolic fecal nitrogen	0.0101	0.0104	0.0087
Biological value (%)	90.1	93.0	81.3
Digestibility (%)	72.1	73.5	68.0
N. balance per 100g of body weight	0.263	0.239	0.228

第3章 考 察

Halnan (1930)³²⁾によれば、ヒナの発育に対する飼料中のセニイ含量は4~7%が適当であるといわれており、また Davis ら (1947)¹⁶⁾はセニイ添加量は5~15%の間では良好な発育を示したと述べている。なおセニイ含量が15%以上に高まつた場合でも、摂食量の増加によりヒナの発育が促進されたとする報告は多い (Peterson ら 1954)⁷⁶⁾; Hill ら 1954)⁴⁰⁾; Williams ら 1956)¹⁰¹⁾; Griminger ら 1957)³⁰⁾。第1編に示した発育試験によれば通常の配合飼料にセルローズ末を3.5~26.5%添加した区は無添加区に比較していずれもヒナの発育が促進されている。しかしこの試験においては配合飼料の摂取量はセルローズ添加区、無添加区とも同一であつたので、その場合にみられるセルローズの発育促進

作用は、セルローズによつて飼料養分の利用性が高められた結果と解さざるを得ない。また第34, 46および48表においてはセニの添加が体内窒素の蓄積を高める傾向を示した。以上の諸結果より、飼料中に添加したセルローズが蛋白質の利用性に如何なる影響をおよぼすかについて検討することも意義あることと考えたのでセルローズおよびリグニンの添加が飼料中の蛋白質の生物価におよぼす影響を調査した。

第59表の結果からも明らかなように、魚粉蛋白質の生物価ならびに消化率はセルローズの添加によつてほとんど影響を受けないが、リグニンの添加によつて生物価は約10%、消化率では約5%の低下がみられた。

このことから、飼料中のセルローズは蛋白質の利用性に対して悪影響をおよぼさないものと推察される。これに反して飼料中のリグニンは、蛋白質の生物価や消化率をとものに低下させることによつて、ヒナの発育を減退させる作用のあることがみとめられた。

一般にセニ質の多給は澱粉の場合と同じく飼料の消化を減退するといわれているが、セニの中でも精製されたセルローズは10%程度を添加給与しても、飼料蛋白質の消化率減退作用は全くみられず、リグニンにおいてその作用があるものと考えられる。

したがつて第1編の発育試験において、リグニンの添加がヒナの発育を減退した理由として、リグニン添加による蛋白質利用性への悪影響があげられるものとする。

摘 要

単冠白色レグホーン種雄ヒナ(4週令)を用いて、尿成分分析法を応用してセルローズおよびリグニン添加が飼料蛋白質の生物価におよぼす影響を調査した。基礎飼料には魚粉を蛋白質源とした半合成飼料を用い、セルローズおよびリグニン添加量は各10%とした。

その結果、魚粉蛋白質の生物価ならびに消化率は、対照区とセルローズ区の間にはほとんど差がみられないのに対し、リグニン区は対照区およびセルローズ区に比較して生物価で約10%、消化率では約5%の低下を示した。

第4編 セニの生理的効果について

すでに第1編および第2編で述べたごとく、セニの添加がヒナの発育や飼料の消化率ならびに飼料の利用性にかなりの影響をおよぼすことから、ヒナの生理作用に対してもセニの添加が何んらかの影響をおよぼすものとする。そこで以下述べるごとく、ヒナに対するセニの生理的効果についての一端を解明する手がかりとして、セニ添加と消化管内の飼料通過時間、セニの添加が内臓諸器管の発達、体内のビタミンA蓄積量ならびにキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度におよぼす影響その他について実験を行なつた。

第1章 材料および方法

〔I〕 セルローズ添加が消化管内の飼料通過時間におよぼす影響について

本実験は第1編実験1と併行して実施したので、用いたヒナはそれと同一の単冠白色レグホーン種雄初生ヒナである。試験区は10羽宛3区とし、それぞれ生後2週から8週

までの間の各週の終りの一定の期日を選び、Hillermanら⁴¹⁾および斉藤、木部⁸⁴⁾の予備試験結果にもとづき飼料の示標物質として酸化第二鉄を使用して飼料の通過時間を測定した。この実験においては飼料として市販の配合飼料（第1表）を用いた場合とこれに9.5%のセルローズ末を添加した場合および26.5%のセルローズ末を添加した場合の3つの飼料状態を異にするものについて別々に試験を行なつた。なお使用した酸化第二鉄は1区当り0.6gとし、これを配合飼料によく混合し、一時的に投与した後、最初に糞に排泄し始める時間を個体別に測定したものである。

〔II〕 セニ添加が内臓諸器管の発達におよぼす影響について

実験1 セルローズおよびリグニン添加が内臓諸器管の発達におよぼす影響

本実験は第1編実験7の発育試験および第2編実験7の消化試験に引づいて実施した。すなわち単冠白色レグホーン種雄ヒナ45羽を同数の3区に別け、対照区（無セニ区）、セルローズ区およびリグニン区となし、4週間にわたる発育試験と、その後5日間にわたる消化試験を行なつた後、各区とも10羽宛（特に発育の悪いヒナを除く）を選び放血（頸動脈切断）により屠殺し、解体した上で腺胃、筋胃、肝臓、心臓、および脾臓の各重量ならびに腸管の長さをそれぞれ測定した。なおこれらの測定数値は体重100g当りに換算して比較した。また放血ならびにその後の操作は、実験1、2、3を通じてすべて一様になるようにした。

実験2 セルローズおよび脂肪添加が内臓諸器管の発達におよぼす影響（その1）

本実験は第1編実験2の発育試験および第2編実験4の消化試験に引きつづいて実施した。すなわち交雑種（R. I. ♀ × W. L. ♂）雄初生ヒナ80羽を同数の4群に別け、それぞれ対照区、セルローズ15%添加区、脂肪20%区、およびセルローズ15%添加、脂肪20%代替区となし、4週間にわたる発育試験と、その後3日間にわたる消化試験を行なつた後、各群とも屠殺（頸動脈より放血）解体し、腺胃、筋胃、肝臓、心臓、脾臓の各重量ならびに腸管の長さをそれぞれ測定した。

実験3 セルローズおよび脂肪添加が内臓諸器管の発達におよぼす影響（その2）

本実験は第1編実験3の発育試験および第2編実験5の消化試験に引きつづいて実施した。すなわち交雑種（R. I. ♀ × W. L. ♂）雄ヒナ80羽を同数の8区に別け、セルローズ添加量と脂肪代替量がそれぞれ異なる8区（第7表）となし、10週間にわたる発育試験と、その後1週間にわたる消化試験を行なつた後各区より平均体重に近いニワトリを3羽宛選び頸部切断により屠殺し、直ちに腺胃、筋胃、肝臓、脾臓、腎臓、膀胱、甲状腺および腸管の各重量ならびに腸管の長さをそれぞれ測定した。なお甲状腺の重量は左右甲状腺の合計重量をもつて示した。

〔III〕 セニ添加と体内ビタミンA蓄積量との関係について

実験1 セルローズ添加が肝臓中および血漿中のビタミンA含量におよぼす影響

本実験は第1編実験6の発育試験および第2編実験8の消化試験に引きつづき実施した。すなわち単冠白色レグホーン種雄初生ヒナ90羽を同数の3群に別け、対照区、セルローズ区およびリグニン区となし、4週間にわたる発育試験後、対照区よりは9羽、セルローズ区よりは7羽を選び2日間にわたる消化試験を行なつた。その後ヒナを放血によ

り屠殺し、肝臓中および血漿中のビタミンA含量を測定した。すなわち肝臓の場合は1羽宛ではなく両区とも全肝臓をよく混合磨砕した上でその一部をとり直ちにビタミンA含量を測定した。また血液の場合も一羽宛ではなく両区ともそれぞれまとめて実施した。すなわち放血に際してはあらかじめヘパリンを加えて血液の凝固を防ぎ、各区共血液をまとめて遠沈にかけて血漿を分離し、その一部をとりビタミンA含量を測定した。なおビタミンAの測定方法については、カロチノイドによる比色の妨害が少ないことと方法の簡便なことからG. D. H. 法²⁷⁾²⁸⁾を採用した。すなわち血漿の場合は3ccを取り、0.1N NaOH 2cc, エタノール 7cc を加えて鹼化(15分間)した後、約10ccのベンゾールを加えて数回抽出(遠沈)した。抽出液は水洗し、さらに減圧、濃縮、乾固したのち、G. D. H. 試薬により発色させて光電管比色計(A. K. A. 型)により吸光度を測定し、あらかじめ求めておいた検量線(第7図)により定量を行なった。肝臓の場合は磨砕した組織3gを取り、0.1N NaOH 7cc を用いて鹼化を行ない、それ以降の操作は血漿の場合に準じた。

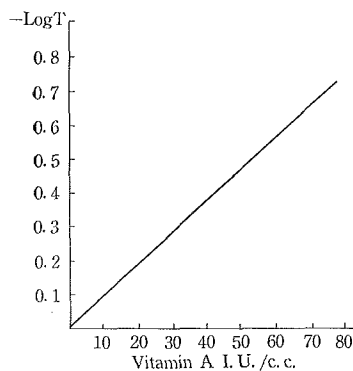


Fig. 7 Calibration curve

実験2 セルローズおよびリグニン添加が肝臓中のビタミンA含量におよぼす影響
本実験は第1編実験7の発育試験および第2編実験7の消化試験に引きつづき実施した。すなわち単冠白色レグホーン種雄初生ビナ45羽を同数の3区に別け、対照区、セルローズ区、およびリグニン区となし、4週間にわたる発育試験を行ない、さらにその後5日間にわたる消化試験を行なった後、各区とも10羽宛(特に発育の悪いものを除く)を選び頸部切断により屠殺し、直ちに肝臓中のビタミンA含量をG. D. H. 法²⁷⁾²⁸⁾により測定した。

実験3 セルローズおよび脂肪添加が肝臓中のビタミンA, β カロチン, キサント

フィル含量ならびに血漿中のビタミンA含量におよぼす影響

本実験は第1編実験2の発育試験および第2編実験4の消化試験終了後に実施した。すなわち交雑種(R. I. ♀ × W. L. ♂)雄初生ビナ80羽を同数の4群に別け、それぞれ対照区、セルローズ15%添加区、脂肪20%区、セルローズ15%添加、脂肪20%代替区とし、4週間にわたる発育試験と、その後3日間にわたる消化試験を行なった後、各群共頸動脈よりの放血により屠殺、解体し、直ちに肝臓中のビタミンA含量、 β カロチン含量、キサントフィル含量と血漿中のビタミンA含量を測定した。なおビタミンA含量はG. D. H. 法²⁷⁾²⁸⁾、 β カロチンおよびキサントフィル含量はカラムクロマトグラム法による比色法⁸⁸⁾により、それぞれ測定を行なった。なお供試肝臓は各区毎にまとめて磨砕混合しその中より一部を取つて分析した。また血漿の場合もこれに準じて分析を行なった。

実験4 セルローズ, リグニンおよびM. C. 添加が肝臓中のビタミンA, β カロチ

ンならびにキサントフィル含量におよぼす影響

本実験は第2編実験9の消化試験に引きつづき実施した。すなわち単冠白色レグホーン種雄初生ピナ40羽を同数の4群に別け、対照区、セルローズ区、リグニン区およびM. C. 区となし、4週間にわたる発育試験と、その後1週間にわたる消化試験を行なった後、ヒナを頸部切断により屠殺、解体して直ちに肝臓中のビタミンA、 β カロチンおよびキサントフィル含量の測定を行なった。すなわちビタミンA含量はG. D. H. 法²⁷⁾²⁸⁾ β カロチンおよびキサントフィル含量はカラムクロマトグラム法による比色法によりそれぞれ測定を行なった。なおビタミンAの含量はカロチンによる補正（紫外線照射によりAを破壊した後再びG. D. H. 法により比色定量を行なった）を同時に行なつて算出した。供試肝臓は区ごとにまとめて磨砕混合した上、その一定量をとつて分析を行なった。

〔IV〕 セノイ添加が肝臓中および血漿中の2, 3の成分含量におよぼす影響について

実験1 セルローズ添加が肝臓中および血漿中の総脂質、総コレステロールならびに血漿中のアミノ態窒素含量におよぼす影響

本実験は第4編〔III〕実験1の試験と併行して実施した。すなわち単冠白色レグホーン種雄ピナ（30日令）を放血により屠殺した後、肝臓および血漿中の窒素含量、総脂質含量、ならびに総コレステロール含量と血漿中のアミノ態窒素含量をそれぞれ測定した。なおこれらの成分の分析は個体別ではなく各区毎にまとめて行なった。肝臓中の総脂質含量は安田法¹⁰²⁾により、また血漿中の場合も安田法¹⁰²⁾によつて分析を行なった。すなわち肝臓中の総脂質含量は、磨砕した新鮮肝臓1gをとり、これにエタノールを加えて30分間加熱抽出を行なった後濾過し、この一定量を蒸発乾燥後、エーテルにて再抽出した後重量法により求めた。つぎに血漿中の総脂質は血漿5ccをとり、アルコール：エーテル混液（3：1）100ccにて加熱抽出（5～10分）、濾過した後、一定量を蒸発乾固し、再びエーテルにて抽出した後重量法により求めた。

肝臓中および血漿中の総コレステロール含量は松村法⁶²⁾により測定をした。すなわち肝臓中の総コレステロールは上記の抽出液の一定量（0.2cc）に0.8ccの氷酢酸を加えた後、無水酢酸（4cc）にて除蛋白（遠沈）し、脱水試薬（濃硫酸・氷酢酸等量混液に等量の氷酢酸を加えたもの）を滴下した後、濃硫酸・氷酢酸等容混液1ccを加えて発色させ、滴下後5分（25°C）で比色定量を行なった（波長620m μ ）。

血漿中の総コレステロール含量も上記抽出液の一部を用い、肝臓の場合と同一の方法により測定した。

血漿中のアミノ態窒素はヴァンスライク法により求めた。

実験2 セルローズおよび脂肪添加が肝臓中の総コレステロールならびに血漿中の総コレステロール含量におよぼす影響

本実験は第4編実験7の試験と併行して実施した。すなわち交雑種（R. I. ♀×W. L. ♂）雄ピナ31日令を頸動脈より放血により屠殺し、肝臓中の総脂質、総コレステロールおよび血漿中の総コレステロール含量を測定した。凝血防止にはヘパリンを使用した。なおこれらの成分の測定は前述の方法に準じた。本実験は個体別にそれぞれ分析を行なった。

実験3 セルローズおよびリグニン添加が血漿中の総コレステロールならびにアミノ態窒素含量におよぼす影響

本実験は第4編〔Ⅲ〕実験2の試験と併行して実施した。すなわち単冠白色レグホン種雄ビナ(33日令)より血液を採取(頸動脈切断)した後、直ちに各区ごとにまとめて混和した上で遠沈により血漿を分離し、総コレステロール含量およびアミノ態窒素含量を測定した。測定方法は前試験の場合に準じた。なお凝血防止にはヘパリンを使用した。

〔V〕セニイ添加が血漿中のカルシウムおよび燐含量におよぼす影響について

本実験は第4編〔Ⅲ〕実験4の試験と併行して実施した。すなわち単冠白色レグホン種雄ビナ(35日令)を頸部切断により採血して血漿を分離した後、カルシウム含量は0.02N過マンガン酸カリ溶液の滴定による容量法⁶⁵⁾、また燐含量はモリブデン酸容量法⁷⁰⁾によつて分析した。なお凝血防止にはヘパリンを使用した。

なお本実験においては、血漿は各区ごとにまとめて分析を行なつた。

〔VI〕セニイ添加が体内のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度におよぼす影響について

本実験は第4編〔Ⅲ〕実験4の試験と併行して実施した。すなわち単冠白色レグホン種雄ビナ(35日令)を頸部切断により屠殺し、直ちに肝臓および腎臓を摘出して分析を行なうまで凍結して貯蔵した。なお分析終了までに約2週間を要したが、貯蔵中における活性度の変化はほとんどなかつた。なおキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度の測定には村松ら(1954)⁶⁹⁾の方法により Manometric に行なつた。すなわち新鮮な肝臓または腎臓1gを取り、5倍量の冷水を加えてホモジナイズ(氷で冷却)した後、その1ccを取り容器の主室に入れ、さらにこれにピロリン酸緩衝液(0.03Mピロリン酸ソーダ25cc+1NHCl 0.16cc, PH8.6)1ccと0.01Mメチレンブルー0.2ccとを加え、側室には0.25%キサンチンを0.8cc、副室には20%KOH 0.2ccをそれぞれとり、直ちに40分間空振りを行なつた後混合し、10分間隔にて40分間酸素の吸収量を測定した。なお酸素の吸収量は30分以降はあまり顕著でないため、30分間における酸素の吸収量をもつてキサンチンデヒドロゲナーゼの活性度とした。なお40分間の空振りによる盲検値は極めて小さい値を示したに過ぎなかつた。

第2章 実験結果

前述〔I〕の方法により飼料の通過時間を測定した結果は第60表に示した如くである。

Table 60. The time required for feed to pass through the alimentary tract (min.)

Group	Weeks after hatching																							
	2			3			4			5			6			7			8					
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
Bird 1	132	146	146	114	120	110	124	121	115	148	110	100	139	126	110	135	145	108	117	129	123			
2	133	147	147	118	124	110	125	122	129	157	111	102	149	127	113	137	152	136	130	144	126			
3	133	147	147	126	131	111	144	123	137	158	121	110	168	133	125	154	157	145	137	151	146			
4	135	148	148	126	133	115	145	134	141	159	123	117	182	138	137	165	157	146	138	154	146			
5	143	150	150	130	146	120	153	144	146	159	125	140	183	139	138	173	158	147	139	158	158			
6	145	152	152	155	151	123	154	144	148	159	128	141	188	141	140	175	163	159	141	159	162			
7	147	155	155	156	156	124	155	154	162	163	133	141	193	146	148	176	170	166	180	161	163			
8	151	159	159	156	157	131	155	155	163	164	145	145	205	167	153	201	187	181	186	161	164			
9	159	164	164	160	164	134	158	164	163	168	156	146	213	183	154	220	192	182	187	167	165			
10	165	166	166	166	171	180	168	172	165	210	159	155	220	184	159	230	192	194	188	183	166			
Ave.	144	153	153	141	146	121	148	143	147	164	131	130	184	148	138	176	167	156	154	157	152			

A : Control B : 9.5% Cellulose C : 26.5% Cellulose

つぎにセルローズ含量の多少による通過時間の差異について有意性を検定した結果は第61表の如くであった。

Table 61. Statistical analysis (F test)

A and B					A and C				
Sum of square (S.S.)	Degree of freedom (N)	S.S. / N	F	P	Sum of square (S.S.)	Degree of freedom (N)	S.S. / N	F	P
1425	1	142.5	8.7	$\begin{pmatrix} 0.05 \\ 0.01 \end{pmatrix}$	1514	1	1514	9.7	$\begin{pmatrix} 0.05 \\ 0.01 \end{pmatrix}$
311	6	51.8	0.32	0.2	1261	5	252	1.62	0.2
982	6	163.7			779	5	156		
Total 2718					3553				

B and C					A : Control	
Sum of square (S.S.)	Degree of freedom (N)	S.S. / N	F	P		
1417	1	1417	28.1	$\begin{pmatrix} 0.01 \\ 0.001 \end{pmatrix}$	A : Control	
192	5	38.4	0.76	0.2	B : 9.5% cellulose	
252	5	50.4			C : 26.5% cellulose	
Total 1861						

上表の結果からも明らかなように、通常の市販飼料にセルロースを添加することにより飼料の通過時間が有意に早くなる傾向がみとめられた。

〔II〕 実験1にのべた方法により内臓諸器管の重量測定ならびに有意性の検定(分散分析)を行なった結果は第62および63表に示した通りである。

Table 62. Weights and lengths of internal organs per 100 grams of body weight (Trial 1)

No. of birds	Control			Cellulose			Lignin		
	10			10			10		
Ave. body weight(g)	172±8.54 ²⁾			183±4.39 ²⁾			167±7.56 ²⁾		
Proventriculus (g)	1.21±0.08			0.96±0.03			1.08±0.04		
Gizzard (g)	4.67±0.46			5.86±0.27			6.30±0.31		
Liver (g)	3.01±0.09			2.75±0.02			3.01±0.12		
Heart (g)	0.81±0.04			0.80±0.03			0.77±0.03		
Spleen (g)	0.15±0.01			0.15±0.01			0.11±0.01		
Intestine ¹⁾ (cm)	53.9 ±2.30			46.7 ±0.65			52.2 ±2.04		
Cecum (cm)	4.3 ±0.19			4.1 ±0.24			4.5 ±0.11		

1) Indicates the length from duodenum to cloaca.

2) Standard error of the mean.

Table 63. Test of significance of weights and lengths of internal organs (Trial 1)

	Control and cellulose	Control and lignin	Cellulose and lignin
Proventriculus	*	—	—
Gizzard	*	*	—
Liver	***	—	***
Heart	—	—	—
Spleen	—	**	*
Intestine	**	—	*
Cecum	—	—	**

* P=0.05 ** P=0.01 *** P=0.001

すなわち第62および63表より明らかなごとく対照区（無セシイ飼料区）とセルローズ区間においては、腺胃、筋胃、肝臓の重量および腸管の長さそれぞれ有意な差がみられ、また対照区とリグニン区との間においては筋胃と脾臓の重量に有意差があり、またセルローズ区とリグニン区との間には、肝臓、脾臓の重量と腸管および盲腸の長さに有意な差がみられた。

つぎに〔II〕実験2に述べた方法により各区ヒナの内臓諸器管の重量を測定した結果は第64表の通りである。

Table 64. Weights and lengths of internal organs per 100 grams of body weight (Trial 2)

	A	B	C	D
No. of birds	20	19	20	19
Ave. body weight (g)	258±5.41 ²⁾	261±8.42 ²⁾	251±6.13 ²⁾	235±7.89 ²⁾
Proventriculus (g)	0.71±0.02	0.80±0.03	0.80±0.03	0.83±0.02
Gizzard (g)	3.10±0.09	4.35±0.15	3.09±0.08	4.64±0.22
Liver (g)	2.96±0.10	2.53±0.06	2.62±0.05	2.74±0.11
Heart (g)	0.75±0.02	0.67±0.02	0.78±0.03	0.84±0.04
Spleen (g)	0.26±0.03	0.20±0.01	0.15±0.01	0.20±0.01
Intestine ¹⁾ (cm)	34.08±0.80	33.61±0.94	34.70±0.71	37.81±1.00
Cecum (cm)	3.74±0.12	3.37±0.11	3.48±0.10	3.62±0.11

1) Length from duodenum to cloaca.

2) Standard error of the mean.

A : Control B : Cellulose C : Oil D : Cellulose+oil

第64表においてA区、B区、C区およびD区について統計処理を行なった結果は、第65表に示す如くである。

これによれば対照区Aとセルローズ区Bの間においては、腺胃、筋胃、肝臓、心臓、

Table 65. Test of significance (t value) of weights of internal organs (Trial 2)

	A and B	A and C	A and D	B and C	B and D	C and D
Proventriculus	**	*	***	—	—	—
Gizzard	***	—	***	***	—	***
Liver	***	**	—	—	—	—
Heart	**	—	*	**	***	—
Spleen	—	**	—	**	—	**
Intestine	—	—	*	—	*	*
Cecum	*	—	—	—	—	—

* P=0.05 ** P=0.01 *** P=0.001

A : Control B : Cellulose C : Oil D : Cellulose+oil

および盲腸の長さにおいてそれぞれ有意差がみられた。また対照区と脂肪区の間においては、腺胃、肝臓、および脾臓重量に有意差がありまた対照区とセルローズおよび脂肪区 (D区) の間においては、腺胃、筋胃心臓の各重量および腸管の長さにおいてそれぞれ有意差がみられた。

つぎに〔II〕実験3における結果は第66表に示した通りである。

Table 66. Weights and lengths of internal organs per 100 grams of body weight (Trial 3)

	A	B	C	D	E	F	G	H
No. of birds	3	3	3	3	3	3	3	3
Ave. body weight(g)	1007	1108	957	1007	1003	1010	906	1073
Proventriculus (g)	0.46	0.42	0.44	0.56	0.43	0.45	0.50	0.53
Gizzard (g)	2.51	2.73	2.48	2.69	2.68	2.65	3.01	2.38
Liver (g)	2.22	2.39	2.52	2.70	3.02	2.27	2.40	2.40
Heart (g)	0.63	0.60	0.67	0.68	0.57	0.60	0.66	0.67
Spleen (g)	0.13	0.12	0.17	0.16	0.14	0.13	0.15	0.17
Pancreas (g)	0.24	0.23	0.27	0.26	0.26	0.24	0.28	0.25
Kidney (g)	0.90	1.00	1.01	1.24	0.99	0.98	1.03	1.33
Thyroid grand (mg)	8.24	7.31	8.05	7.45	8.57	7.72	6.51	7.08
Intestine (g)	4.47	3.70	4.18	4.07	3.69	3.96	4.19	4.01
(cm)	14.10	12.09	14.00	13.31	13.26	13.07	14.68	13.33

本表は各区とも3羽宛の平均値を示すものであるが、統計処理を行なっていないので結論は出せないが、セルローズの添加により筋胃が増大した腸管は短くなり腸管の総重量も軽くなる傾向がみられた。

なお本実験においてはセルローズのみの添加区がないために、これらの効果もセルローズおよび脂肪の相乗的な効果とみななければならない。その他、腎臓においては脂肪の

添加により幾分肥大する結果となつたが、甲状腺は逆に矮少になる傾向を示した。

〔Ⅲ〕 実験1により得られた結果は第67表に示した通りである。

Table 67. Vitamin A content of fresh liver, plasma and basal diet (Trial 1)

		Vitamin A	
Liver	Control	24.6	I. U./g
	Cellulose	12.5	
Plasma	Control	225	I. U./dl.
	Cellulose	216	
Basal diet		1310	I. U./100g

すなわち肝臓新鮮物中のビタミンA蓄積量についてみるとセルローズ区は対照区のおおむね半量であつた。しかし血漿中のビタミンA含量については両区の間には殆んど差異を認めなかつた。なお本実験は前述したごとく、対照区、セルローズ区ともに個体別に測定を行なわなかつたので、結果についての統計的検討はできない。そこでこの結果についてさらに検討を行なうために〔Ⅲ〕実験2を行なつた。その結果、対照区、セルローズ区およびリグニン区のヒナの新鮮肝臓中のビタミンA含量は第8図に示した通りである。

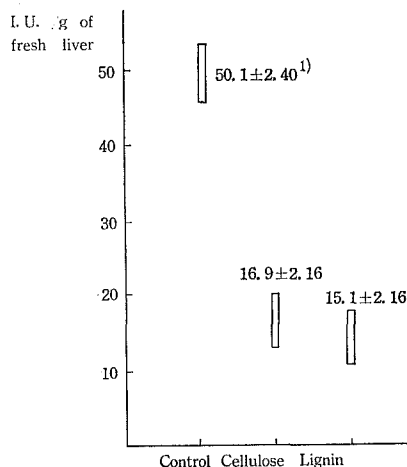


Fig. 8. Vitamin A content of fresh liver (Trial 2)

1) Standard error of the mean.

なおこれらの結果について統計処理 (t 検定) を行なつたところ第68表に示す通りとなつた。

Table 68. Test of significance (t value) of vitamin A content of fresh liver (Trial 2)

	Control and cellulose	Control and lignin	Cellulose and lignin
t value	10.31※	10.87※	0.59

※ P=0.05

すなわち対照区とセルローズおよびリグニン区との間にはいずれも有意な差があり、すなわちセシイの添加により肝臓中のビタミンA含量が $\frac{1}{3}$ 程度に減少することが明らかとなつた。なお本試験に使用した飼料中のビタミンA含量は対照区、セルローズ区およびリグニン区でそれぞれ飼料100g中に1455, 1323, 1323 I. U. であつた。

つぎに〔Ⅲ〕実験3における結果は第69表に示した通りである。

Table 69. Vitamin A and carotenoid content of fresh liver and plasma (Trial 3)

		A		B		C		D	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Vit. A	Liver I. U./g	15.6	18.4	9.9	7.1	9.3	13.9	10.1	3.1
		17.0		8.5		11.6		6.6	
	Plasma I. U./dl	136	155	111	122	22	24	60	89
		146		117		23		74	
β -carotene	Liver γ /g	2.90	2.50	2.80	1.70	1.50	1.80	1.20	0.70
		2.70		2.25		1.65		0.95	
Xanthophyll	Liver γ /g	3.41	2.38	2.35	2.86	2.69	2.38	1.77	0.11
		2.89		2.61		2.53		0.94	

A : Control

B : Cellulose

C : Oil

D : Cellulose+oil

すなわち肝臓中のビタミンA含量は、飼料にセルローズを添加することにより半減することがみとめられた。また血漿中のビタミンA含量においてもセルローズの添加によりかなり減少することがわかつた。つぎに脂肪を添加した場合においても肝臓、血漿中ともに同様にビタミンAの蓄積量がかかなり低下することがわかつた。なお肝臓中の β カロチンおよびキサントフィル含量については、飼料中のセルローズによる影響は顕著ではなく、むしろ脂肪添加の影響の方が大きかつた。

なお本実験に使用した飼料100g中のビタミンA含量はA区、C区では400 I. U. であり、またB区、D区では348 I. U. であつた。つぎに〔Ⅲ〕実験4において得られた結果は第70表に示す如くなつた。

Table 70. Vitamin A and carotenoid content of fresh liver and basal diet (Trial 4)

Group	Vitamin A	β -carotene	Xanthophyll
Control	79.2 I. U./g	6.8 γ /g	4.4 γ /g
Cellulose	30.3	1.3	3.0
Lignin	38.3	1.4	4.7
Methylcellulose	47.5	1.8	4.5
Basal diet	480 I. U./100g	215 γ /100g	1420 γ /100g

これによれば肝臓中のビタミンA含量はセルローズおよびリグニンの添加により半減することが明らかとなった。しかしM. C. 添加の場合にはセルローズやリグニン添加の場合に比べて減少割合が低かった。なお β カロチンの場合もビタミンAの場合と傾向は同一で、セニ添加区は対照区に比較していずれも著しい減少を示した。しかるにキサントフィル含量は各区とも大差はみられず、ほぼ同一であつた。この傾向は〔III〕実験3の結果においてもみとめられた。なお今回の肝臓中のビタミンA含量が前回の場合に比較してかなり高かつた理由は、おそらく品種の差によるものではないかと考える。

以上の4回にわたる実験結果から、肝臓中のビタミンAならびに β カロチン含量はセニの添加によりかなり低下することが明らかとなった。

〔IV〕実験1の方法により得られた結果は第71表に示した通りである。

Table 71. Comparison of total nitrogen, total lipid, total cholesterol and amino acid nitrogen content of fresh liver and plasma (Trial 1)

Group	Total nitrogen	Total lipid	Total cholesterol	Amino acid nitrogen	
Liver	Control	0.31%	6.87%	368 mg/100g	—
	Cellulose	0.33	7.68	275	—
Plasma	Control	571 mg/dl	1895 mg/dl	248 mg/dl	54.2 mg/dl
	Cellulose	584	1835	184	54.2

これによれば新鮮肝臓中の総窒素量は対照区、セルローズ区ではほとんど差はないが、総脂質含量は対照区に比較してセルローズ区が若干高かつた。しかし総コレステロール含量は逆に対照区の方がセルローズ区に比較してかなり高い結果を示した。

つぎに血漿中の総窒素含量、総脂質含量、およびアミノ酸窒素含量については、対照区、セルローズ両区でほとんど差異を異めなかつた。しかし総コレステロール含量については、対照区が248mgであるのに対し、セルローズ区は184mgとなり、前者に比較してかなり低い値を示した。

なお以上の結果は個体別ではなく、各区ごとにまとめて分析を行なつたので、統計的検討はできなかつた。この結果を再検討する目的で〔VI〕実験2を行なつた。その結果は第72表に示した通りである。

Table 72. Total lipid and total cholesterol content of fresh liver and plasma (Trial 2)

	A		B		C		D	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Total lipid Liver (%)	3.10	3.83	4.06	3.77	2.96	4.01	3.51	4.12
	3.47		3.92		3.49		3.82	
Total cholesterol Liver (%)	0.39	0.49	0.41	0.36	0.51	0.41	0.35	0.45
	0.44		0.39		0.46		0.40	
Plasma (mg/dl)	191	195	170	169	223	212	174	224
	193		169		218		199	

A : Control B : Cellulose C : Oil D : Cellulose+oil

第72表においてA区, B区, C区およびD区について統計処理を行なった結果は第73表に示した通りである。

Table 73. Test of significance (t value) of total lipid and total cholesterol content of fresh liver and plasma. (Trial 2)

	A and B	A and C	A and D
Total lipid Liver	2.57 ※	0.01	1.83
Total Liver	1.79	0.74	1.95
cholesterol Plasma	2.66 ※	2.34 ※	0.40

※ P=0.05

これによれば新鮮肝臓中の総脂質含量はセルローズの添加により増加する結果となり, また血漿中の総コレステロール含量はセルローズの添加により減少し, 脂肪の添加によつて増加することが明らかとなつた。つぎに〔Ⅳ〕実験3に述べた方法により得られた結果は第74表に示した通りである。

Table 74. Total cholesterol and amino acid nitrogen content of plasma (Trial 3)

	Control	Cellulose	Lignin
Total cholesterol	220 mg/dl	210 mg/dl	200 ml/dl
Amino acid N	41.78	43.98	45.08

本表においても〔Ⅳ〕実験2 (第72, 73表) の場合と同様にセンイの添加により血漿中の総コレステロール含量は低下する傾向がみられた。なおアミノ態窒素含量においてはあまり変化はみられないがセンイの添加により若干増加する傾向がみられた。本実験は各区ごとにまとめて分析を行なったので有意性の検定はできなかつた。

〔Ⅴ〕において述べた方法により得られた結果は第75表の通りである。

Table 75. Calcium and phosphor content of plasma

	Control	Cellulose	Lignin	Methylcellulose
Ca mg/dl	11.0	11.7	9.0	11.4
P mg/dl	10.9	7.1	4.3	6.5

すなわち血漿中のカルシウム含量はリグニン区が若干少なかつたほかはほとんど変化はなかつた。しかるに燐含量はセニの添加によりかなり低下し、リグニン区の場合には対照区に比較して半量以下にまで減少した。

つぎに〔Ⅵ〕において述べた方法により肝臓および腎臓中のキサンチンデヒドロゲナーゼの活性度を測定した結果は第76表に示した通りである。

Table 76. Xanthine dehydrogenase activity (O_2 uptake) in fresh liver and kidney of chicks

		A	B
Liver	O_2 μ l/30 min/g of liver	582 \pm 24.8 ¹⁾	578 \pm 19.7 ¹⁾
	Total O_2 uptake μ l/30 min.	5132 \pm 186.7	4995 \pm 203.2
	O_2 μ l/100g of body weight	1534 \pm 50.9	1578 \pm 53.8
Kidney	O_2 μ l/30 min/g of kidney	396 \pm 18.6	370 \pm 16.9
	Total O_2 uptake μ l/30 min.	1474 \pm 92.4	1211 \pm 70.9
	O_2 μ l/100g of body weight	438 \pm 18.8	381 \pm 16.2
		C	D
Liver	O_2 μ l/30 min/g of liver	485 \pm 27.8	483 \pm 31.4
	Total O_2 uptake μ l/30 min.	3855 \pm 202.5	3742 \pm 195.6
	O_2 μ l/100g of body weight	1246 \pm 46.2	1108 \pm 65.8
Kidney	O_2 μ l/30 min/g of kidney	345 \pm 17.2	337 \pm 24.7
	Total O_2 uptake μ l/30 min.	1022 \pm 69.3	1189 \pm 87.0
	O_2 μ l/100g of body weight	331 \pm 21.7	352 \pm 28.1

1) Standard error of the mean.

A : Control B : Cellulose C : Lignin D : Methylcellulose

つぎに第76表について統計処理 (t test) を行なつたところ第77表に示す通りとなつた。

Table 77. Test of significance (t value) of xanthine dehydrogenase activity (O_2 uptake) in fresh liver and kidney of chicks

		A and B	A and C	A and D
Liver	O_2 μ l/30 min/100g of body weight	0.59	4.19 ※	5.12 ※
Kidney	O_2 μ l/30 min/100g of body weight	2.30 ※	3.73 ※	2.54 ※

※ P=0.05

第77表をみても明らかなように肝臓 1g 中のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度は平均500 (O_2 消費量 $\mu l/30$ 分) 前後であるが、対照区およびセルローズ区に比較してリグニン区およびM. C. 区の方がかなり低かつた。

また全肝臓中の活性度として表わした場合でも全く同様な結果となり、体重 100g 当りの換算値で有意性を検定したところ、対照区とセルローズ区との間には有意差はみられなかつたが、対照区とリグニン区ならびにM. C. 区との間には有意差がみられた。

つぎに腎臓 1g 中のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度は平均400 (O_2 消費量 $\mu l/30$ 分) 前後であるが、やはり対照区の活性度が最も高くついでセルローズ区、リグニン区およびM. C. 区の順となつた。また全腎臓中の活性度として表わした場合も同様な傾向を示したが、M. C. 区の場合は腎臓重が大きいためにセルローズ区の活性度とほぼ同一の値を示した。なお体重 100g 当りの全腎臓中の活性度について有意性を検定したところ、対照区に比較して各区の活性度はいずれも低く、それらの間には有意な差がみられた。

第3章 考 察

まず第60・61表においてみられるごとく、通常の飼料にセルローズを添加することにより消化管内の飼料の通過時間が早くなる傾向が明らかとなつた。

一般にセシイには腸粘膜を刺戟して腸の蠕動を促進する作用があるといわれている。このような原因から本実験においてもセシイを添加することにより糞の排泄が早かつたものと推察される。Sturkie (1954)⁹¹⁾ は飼料の消化管内通過時間は、飼料の密度、硬さ、水分含量などにより影響を受けると述べている。Procter ら(1927)⁷⁸⁾ はセシイには吸水膨潤性があるために、セシイを添加することにより飼料は消化管内で吸水して bulky となり、これが飼料通過を促進する原因であると述べている。

いずれにしてもセルローズにより飼料の消化管内の通過が早められれば、それだけ消化吸収に要する時間が短縮され、その結果飼料の消化のためには不利になるとも考えられるが、反面セルローズにより発育の促進が起ることからセルローズは腸壁を刺戟して消化液の分泌を促進し、さらに消化液の浸透をよくして代謝作用を促進することも考えられるのである。あるいはまた酵素活力の増加とかビタミンの体内合成などの有利な作用もセルローズの添加によつて起る可能性が考えられるが、これらについては後の実験において考察することにする。つぎにセルローズの添加がヒナの消化管粘膜を刺戟し飼料の通過時間を早める傾向を示すことからセシイの添加が消化器管を主とした内臓諸器管の発達に何らかの影響をおよぼすことが期待される。すなわち第62および63表によれば、セルローズ添加区は対照区に比較して筋胃は重くなつたが逆に腺胃および肝臓は軽くなりまた腸管の長さも短くなつた。これらの間にはいずれも有意な差がみられた。またリグニン添加区は対照区に比較して筋胃は重くなつたが脾臓は軽くなつた。またセルローズ区はリグニン区に比較して、肝臓が軽くなり、腸管ならびに盲腸の長さも短くなつたが脾臓は逆に重くなつた。

以上の結果について少しく考察してみると、まずセルローズおよびリグニンの添加で

共通的な影響としては、セニの添加により筋胃が顕著に発達することである。これはおそらく対照区に比較してセニ添加区の方は不消化物が増大して筋胃の運動が活潑となるために必然的に筋胃が発達したものと考えられる。つぎにセルローズ区とリグニン区との間の盲腸の長さ⁹⁵⁾に有意差がみられた点については、リグニンに盲腸の発達を促すような何らかの因子があるものと考えられる。高森ら(1960)は草飼料と対照飼料の両者につき腸管と盲腸の長さを調査した結果、腸管には有意差はないが盲腸の長さには顕著な有意差があり、草飼料群が長くなることをみとめているが、この場合もおそらく草飼料中のリグニンがその原因ではないかと推察される。

なお同じセニでもセルローズとリグニンで腺胃、肝臓、脾臓の重量および腸管の長さ⁹⁵⁾に異なつた影響をおよぼす原因については、不明であるがおそらく物理化学的な複雑な作用によるものと考えられる。なお第64および65表においても明らかなごとく、セルローズの添加により腺胃、筋胃、肝臓、心臓の各重量および盲腸の長さにおいて、対照区との間に有意な差がみられた。これらの結果と〔Ⅱ〕実験1(第62表)の成績とを比較してみると腺胃の重量が逆になつた以外はほぼ同一の傾向を示している。〔Ⅱ〕実験1(第62表)においては軽かつた腺胃の重量が〔Ⅱ〕実験2(第64表)の調査では逆に重くなつた点については、〔Ⅱ〕実験1(第62表)のセニの添加量が10%であつたのに対して〔Ⅱ〕実験2(第64表)は15%で添加量にかなりの差があつたためではないかとも考えられる。

なお〔Ⅱ〕実験2(第64表)においてもセルローズの添加により筋胃の重量が増大することは明白となつた。つぎに肝臓の重量がセルローズの添加によつて対照区よりも軽くなる理由については不明であるが、少なくともセルローズの添加により肝臓の実質重量のみならず機能においても何らかの影響があるものと推察される。

脂肪を添加した場合の影響については、対照区に比較して肝臓、脾臓重量ともに小さくなる傾向がみとめられた。またセルローズと脂肪とを同時に与えた場合には、両者の影響が複雑に現われてくることが想像される。なお〔Ⅱ〕実験3においては各区とも3羽宛の重量について比較を行ない、またセルローズ単用区を設けなかつたために、セルローズ添加の効果は不明であるが、対照区と脂肪単用区とから比較判断して、B区からG区までの筋胃重量の増加は明らかにセルローズ添加による影響と考えられる。またB区からG区までの腸管の長さ⁹⁵⁾が短かく従つてその重量も軽くなつた結果については、〔Ⅱ〕実験1(第62表)の場合と全く同一の傾向を示したが、この原因はセルローズの添加によるものと考えられる。

つぎにビタミンAは動物の生長を促進するほか種々の眼炎や病原菌の感染を予防するなど、動物体の健康保持上極めて重要なビタミンの1つであつて、これに関する内外の研究は極めて多い。勿論ビタミンAの体内への吸収、貯蔵および補給に対しては飼料の質および量が重要な関係を有しているものと考えられる。Almquistら(1955)²⁾によれば抗生物質、抗酸化剤ならびに脂肪などの添加は、肝臓中のビタミンAやカロチン含量をかなり増加すると報告している。同様に脂肪⁸¹⁾、トコフェロールなどの添加がビタミンAの有効率を高めることが明らかとなつている。またHarmsら(1956)³⁾は、飼料にフ

イッシュソリュブルを添加することにより、ヒナの肝臓中のビタミンAの蓄積量が増大したと述べている。しかし Laughland ら (1956)⁶⁸⁾ はソジウムペントナイトの添加により、ヒナの体内ビタミンAの蓄積量が減少するがこの原因をネズミで調査した結果、ソジウムペントナイトにはビタミンAの破壊作用があることが明らかとなつた。なお Briggs ら (1954)⁹⁾ もヒナにおいてペントナイトが同様な効果を示すと述べている。また肝臓新鮮物中のビタミンA蓄積量については、Erasmus (1960)²⁰⁾ によると、飼料中のビタミンA含量によりかなりの差があり、低含量 176 I. U. と高含量 1762 I. U. の場合 (いずれも飼料100 g 中) について比較すると、ビタミンAの蓄積量は4週令のヒナで前者が2 I. U. 後者が432 I. U. (肝臓新鮮物 1 g 中) となつている。コクシジウムその他の病気により肝臓中のビタミンA蓄積量が低下することもみとめられており、Sellers ら (1949)⁸⁸⁾ によれば、下痢により肝臓中のビタミンA蓄積量は $\frac{1}{3}$ に低下すると報告している。

植村 (1956)⁹⁷⁾ によれば、肝臓は体内におけるビタミンAの唯一の貯蔵所であり、ビタミンAの血中濃度を一定に保つために血中にビタミンAをたえず補給しているので、肝臓中のビタミンA貯蔵量には種々の変動が起ることを述べている。

著者はすでに述べたごとく、センイの添加がヒナの発育にかなりの変動をおよぼすことから、飼料中にセンイを添加することにより肝臓中および血液中のビタミンAならびにカロチノイド含量にどのような変化が起るかを調査する目的で、本実験を行なつた。

すなわち第67表に示したごとく、肝臓中のビタミンAの蓄積量についてみると、セルローズ区は対照区の半量以下となつた。上述したごとく肝臓中のビタミンA蓄積量は、飼料中のビタミンAの含量によりかなり極端な変化を示すことは明らかであるが、本試験における対照区とセルローズ両区の肝臓中のビタミンA蓄積量の相異は、明らかにセルローズの添加によつて起つたものと考えられる。

つぎに血漿100cc 中のビタミンA含量については、対照区、セルローズ両区でほとんど差異をみとめなかつた。このことについては前述したごとくビタミンAの血中濃度は常にほぼ一定の値を示すことから容易に理解できる。なお肝臓中のビタミンA含量は各区毎にまとめて分析を行なつたので統計的検討は行なつていない。なお〔Ⅲ〕実験1 (第67表) においては、単一蛋白質源としてミルクカゼインを使用した半合成飼料にセルローズ末を添加して給与した結果、ヒナの肝臓中のビタミンA蓄積量が低下した。しかしカゼインには一般にグリシンおよびアルギニンが不足するために栄養的な欠陥が大きく原因していることも考えられるので、〔Ⅲ〕実験2においてはミルクカゼインよりも一般にアミノ酸組成が良好な魚粉を用いた半合成飼料に、セルローズおよびリグニン末を添加給与して〔Ⅲ〕実験1 (第67表) の結果を再検討した。その結果は第8図に示した通りであり、またこれらについて統計処理を行なつた結果は第68表に示したごとくである。

これによれば、対照区、セルローズ区およびリグニン区のビタミンA平均蓄積量 (肝臓新鮮物 1 g 中) はそれぞれ 50.1 16.9 15.1 I. U. となり、センイを添加した区はいずれもビタミンA蓄積量が $\frac{1}{3}$ 程度に減少することがみとめられ、対照区とセンイ添加区

の間には有意な差があつた。すなわち〔Ⅲ〕実験1（第67表）の試験結果と全く同一な傾向を示した。

前述したごとく肝臓はビタミンAの主要な Pool であることからすれば、セニイは直接的かあるいは間接的にビタミンAの体内蓄積率を低下させる作用を有するものと考えられる。植村（1956）⁹⁷⁾は肝臓中のビタミンA貯蔵量が減少する理由について、体内におけるビタミンA利用の増加、カロチンよりビタミンA転化への障害、貯蔵能力の減退などをあげている。〔Ⅲ〕実験2（第8図）の場合は第15表に示したごとく半合成飼料であり、したがって飼料中にはカロチンは殆んど存在しないため、カロチンよりビタミンA転化への影響については考慮する必要がないものとする。したがってセニイの添加により肝臓中のビタミンA含量が低下した理由としては、体内におけるビタミンAの利用が増加したためか、あるいは肝臓組織の生化学的な変化によつて貯蔵能力が減退したことによるためのいずれかではないかと考えられる。なおこの場合には血漿中のビタミンA含量についての測定を行なかつた。

つぎにブローラー生産の場合に飼料中のセルローズと脂肪含量の組み合わせが、肝臓新鮮物中および血漿中のビタミンA含量におよぼす影響について調査した結果は第69表に示したごとくであり、肝臓および血漿中のビタミンAおよびカロチノイド含量は、飼料にセルローズや脂肪を添加することにより減少するが、両者を一緒に使用した場合においてはさらに減少する傾向がみとめられた。なおこの場合の飼料中のビタミンA含量は〔Ⅲ〕実験2の場合に比較してかなり低かつたが、これはビタミンAの添加量が少なかつたことに起因している。すなわち〔Ⅲ〕実験2は半合成飼料であつたが、〔Ⅲ〕実験3は通常の配合飼料であることから、ビタミンA源としてβカロチンその他が相当量含まれ、したがってビタミンA添加量を少なくしたものである。このために〔Ⅲ〕実験2の場合に比較して肝臓および血漿中のビタミンA含量がかなり低くなつたのではないかと考えられる。また肝臓中のβカロチン含量についてもビタミンAの場合と大体同様な傾向がみとめられた。なお肝臓中のβカロチン含量が脂肪の添加によりかなり低くなつた理由については不明であるが植村（1956）⁹⁷⁾によれば少量の脂肪添加はβカロチンの吸収を助けると報告していることから、おそらくカロチンの肝臓内におけるビタミンAへの転化が活潑となつたためではないかと考えられる。

なお血漿中のβカロチンおよびキサントフィル含量は微量のため測定できなかつた。さらに〔Ⅲ〕実験4（第70表）においてもみられるごとく、肝臓中のビタミンA含量は、セルローズおよびリグニンの添加により半減することが明らかとなつたが、M. C. 区の場合は、体内におけるビタミンAの消耗がセルローズ区やリグニン区の場合に比較して少ないためか減少割合が低く、対照区の含量の $\frac{2}{3}$ 程度にとどまつた。肝臓中のβカロチンの場合もセニイの添加により著しい減少を示した。しかるにキサントフィル含量においては各区とも大差はみられなかつた。山田（1958）¹⁰⁸⁾によればキサントフィルの吸収率は、産卵鶏においてはβカロチンの吸収率よりも高いことが明らかであり、また甘藷サイレージ飼料におけるキサントフィルの吸収率は甘藷サイレージ飼料の場合のキサントフィルの吸収率と同様に高率であることから、一般に鳥類においてはキサントフィ

ルの吸収率は高率であり、またその吸収率は飼料の内容にはあまり影響を受けないのではないかと推察される。

したがって肝臓中のキサントフィル含量に大差がなかつた理由として、ヒナの成長の場合における肝臓中のキサントフィルの消耗は、卵の生産の場合におけるよりも緩慢であるためではないかと考えられる。

以上の結果を通じて、飼料中センイの添加がヒナの肝臓中のビタミンA蓄積量をかなり低下させることが明らかとなつた。これはセンイが間接的に体内のビタミンAの消耗を促進したためか、あるいはすでに述べたソジウムベントナイトのごとく、センイが直接的に消化管中のビタミンAを破壊分解したために起つたものかは目下のところ不明である。しかし著者は、センイは腸粘膜を刺戟して飼料の通過を促進し、同時に新陳代謝を活潑にする作用を有することから考えて、センイによつて間接的にAの低下が起るものであり、主として消化器の粘膜組織の機能増進や更新のために、ビタミンAの消耗が促進されたものと解したい。したがってセンイ添加による肝臓中のビタミンA蓄積量の低下は、育成時においては生理的あるいは栄養的にみて必ずしも不利な作用であるとは考えられない。

つぎにJohnson⁴⁶⁾らは(1958)は、ヒナにアルギニン欠乏のカゼイン単用飼料を与えた場合には血漿中のコレステロール含量は増加するが、この飼料にアルギニンを添加すると血漿中のコレステロール含量が低下することをみとめている。なおこの場合には飼料中の蛋白質の利用性が高まりヒナの発育はアルギニン無添加の場合に比較して著しく向上している。Kokatnur⁵³⁾らは(1958)は、低蛋白質飼料を与えると血漿中のコレステロール含量が増加するとしている。Common¹¹⁾ら(1947, 1948)は、エストロヂエンの投与はヒナの肝臓中の脂肪ならびに蛋白質を増加すると述べ、Stamler⁹⁰⁾らは(1950)は、ジェチルスチルベストールの投与により、ヒナの血漿ならびに組織中のコレステロールや脂肪酸含量が増加することをみとめている。

Hermann³⁶⁾(1946a)は、ヒナおよび成鶏の血清100cc中の総コレステロール含量は217mgおよび248mgであり、また飼料にコリンを添加した場合にはヒナの血漿中のコレステロール含量は179mgに低下すると報告している。第71表の結果によれば、肝臓中の総コレステロール含量はセンイの添加によつてかなり低下することがわかり、また血漿中のコレステロール含量もセンイの添加により低下する傾向がみとめられた。なお肝臓中の総脂質⁴³⁾含量はセンイの添加により幾分増加するものと考えられる。なおJohnson⁴⁶⁾ら(1958)によれば、ヒナ血漿100cc中のコレステロール含量は、飼料によりかなり変異を示すが、大体200mg前後と考えられる。したがって本実験の場合における対照区とセルローズ区との血漿中のコレステロール含量の差異は、通常のレベルに比較してかなりの変動を示したものと考えられる。

つぎに第72, 73表においてもセルローズの添加により血中のコレステロール⁹¹⁾含量がかなり低下することが統計的にも明らかとなつた。なおSturkie(1954)は、飼料中の脂肪含量は血中の脂質含量にはほとんど影響をおよぼさないしているが、本実験結果においては逆に脂肪の添加により、血中のコレステロール含量は増加した。

セルローズ添加区の肝臓中の総脂質含量が、対照区の場合に比較して増加することがわかった。この傾向は〔Ⅳ〕実験1（第71表）の場合においてもみとめられたが、総脂質には、コレステロールのほか燐脂質、中性脂肪、脂肪酸などが含まれているので、セルローズの添加により体内のコレステロール含量は減少するが、逆に肝臓中においてコレステロール以外の燐脂質、中性脂肪、あるいは脂肪酸などのいずれかが増加するものと考えられる。このことについてはさらに今後の検討を要するものとする。なお第74表においては、血漿100cc中の総コレステロール含量は200mg前後となり、対照区、セルローズ区およびリグニン区の間において大差はみられなかつた。しかしセニの添加により血漿中の総コレステロール含量は幾分低下した。すなわち本試験においても前述〔Ⅳ〕実験1, 2（第71~73表）の2つの実験結果と同一の傾向を示した。

血漿中のアミノ態窒素含量は、血漿100cc中43mg程度となり、セニの添加による血漿中のアミノ態窒素含量の変化については大差はみられなかつた。

Sturkie (1954)⁹¹⁾ は、ニワトリの血清100cc中のCa含量は10~12mgとしているが、本実験（第75表）においても血漿100cc中11mg程度となつた。また燐含量はSturkieによれば血漿100cc中13~15mgであるが、本試験（第75表）においては、セニ添加区の燐含量はこのレベルよりもかなり低く、特にリグニン添加区の燐含量が低下する結果を示した。

なお血中の燐含量が低下する理由としては、燐の吸収阻害、燐の体内消費の増加ならびに燐の尿中への排泄促進などが考えられるが、飼料中リグニンの添加はこの三者のいずれかに影響をおよぼすのではないかと推察される。すでに述べたごとく、リグニン添加による発育の減退は、カルシウムと燐の比率のアンバランスにその一因があるのではないかと考える。

鶏ではヒポキサンチンが肝臓においてキサンチンデヒドロゲナーゼの作用を受けて尿酸に変化するが、同じ鳥類でも鳩では肝臓でヒポキサンチンが生じこれが腎臓でキサンチンデヒドロゲナーゼの作用により尿酸に変わるものと言われている。村松ら (1954)⁶⁹⁾ はラット肝臓中のキサンチンオキシダーゼ活性度は飼料中の蛋白質含量により変化し、無蛋白質食ではその活力は完全に消失するが、蛋白質含量の増加につれて活力は増大し、ついには一定のレベルに達することを明らかにしている。このほかにもWesterfeldら (1950)⁸⁹⁾ は肝臓中のキサンチンオキシダーゼ活性度と飼料中の蛋白質含量とが密接な関係を有することを認めている。

五島、佐藤 (1961)²⁹⁾ はニワトリの飼料にナイトロフランを微量添加することによりヒナ腎臓中のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度が低下したが、肝臓中の活性度にはほとんど変化がなく、同時に発育にも好結果が得られたと報告している。すなわちヒナの発育に対して腎臓中のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度がかなりの影響をおよぼすことを暗示している。

なおニワトリにおいてはこの種の研究報告に乏しく、したがって飼料蛋白質と体内のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度との関係についてはいまだ明確となっていない。

著者はすでに述べた通りリグニンが蛋白質の生物価をかなり低下せしめ、またある場

合においてはセルローズが窒素の蓄積を高める作用を有することなどをみとめた。このようにことからセンイが間接的に蛋白質の代謝に影響をおよぼすのではないかと想像される。なお飼料中にセンイを添加することにより蛋白質含量は低下するが、本試験においては各区飼料とも蛋白質含量の差が僅か1%程度であるため、これがキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度におよぼす影響はほとんどないものと考えた。

試験結果は第76および77表に示したごとく、肝臓中のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度は、対照区に比較してリグニン区およびM. C. 添加区の場合が低くなり、これらの間には有意な差がみられたがセルローズ添加区と対照区の間には有意な差がなかった。

なお腎臓中のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度は、対照区に比較してセンイ添加区はいずれも有意差を示した。また肝臓および腎臓において、リグニン添加区の活性度の低下がかなり著しいが、これはほかのセンイ区の場合よりもより強く体蛋白質の分解を抑えようとしたためか、あるいは蛋白質代謝が衰退した結果によるものか推測し難い。五島、佐藤の結果からすれば、リグニン区あるいはセルローズ区の発育は対照区よりよくなつてしかるべきであるが、対照区に比して発育が劣つた理由はおそらく飼料の摂取量ならびに消化利用性が大きく影響しているものと考えらる。

以上のごとく、センイの添加が如何なる機序のもとにキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度に影響をおよぼすものか、あるいはまたこの活性度の変化が体蛋白質の代謝上どのような意味を有するかはさらに今後の研究に俟たなければならないが、村松ら、および五島らの結果から判断して、センイ添加によるキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度の低下は、第2編において述べたごとく窒素の体内蓄積率を高める一因となることも想像される。

摘 要

(1) ニワトリに対するセンイの生理的効果を解明するために、飼料中セルローズの添加が飼料通過時間、内臓諸器管の発達、ビタミンA蓄積量、および酵素の活性度などにおよぼす影響を調査した。

(2) 単冠白色レグホーン種においては、セルローズの添加により消化管内飼料通過時間が早くなる傾向を示した(第60表)。

(3) 単冠白色レグホーン種および交雑種(R. I. ♀×W. L. ♂)においては、センイ(セルローズおよびリグニン)の添加により、筋胃の重量が明らかに増大した(第62および64表)。なおセルローズの添加により腸管の長さが短くなる傾向がみられた(第62表)。

(4) センイの添加により肝臓および血漿中のビタミンAならびにβカロチンの蓄積量がかかなり低下した(第67, 69, 70表, および第8図)。これはビタミンAの体内消費が増大した結果と考えられる。

(5) セルローズの添加により、肝臓および血漿中の総コレステロール含量は低下する傾向を示した(第72および73表)。なおその生理的意義は今後の検討を要する。

(6) センイ特にリグニンの添加は、血中の磷含量を低下する傾向を有するが、血中の

カルシウム含量には殆んど影響しないものとする（第75表）。第1編において述べたリグニンの発育減退作用は、この磷含量の低下が一因と考えられる。

(7) セインの添加が、肝臓および腎臓中のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度におよぼす影響を調査した。その結果、肝臓においては、リグニンおよびM. C. の添加により、また腎臓においては、セルローズ、リグニンおよびM. C. の添加により、それぞれ活性度は低下した（第76表）。

総 括

本論文は、1) 発育試験 2) 消化試験 3) 蛋白質の生物価試験ならびに 4) 生理的効果試験の四部分より構成されているが、それらの結果を総括すれば以下のごとくである。

1) 慣用の配合飼料や魚粉あるいはミルクカゼインなどを蛋白質源とする半合成飼料に、セルローズを種々なレベルで添加してニワトリヒナの発育に対する影響を調査した結果、セルローズの添加レベルは10%程度までは発育に悪影響があるとは考えられず、またセルローズの添加によつて有効飼料効率（添加セルローズを控除して計算した場合の効率）が高まり、窒素の体内蓄積率も高まる傾向のあることがみとめられた。

なおセインは高分子でありその種類も複雑であるが、今回使用したセルローズ、リグニンおよびC. M. C. についてそれらの栄養的効果を比較した結果、セルローズには第1編において述べたごとく一部（制限給与時あるいは不良環境時）において発育促進作用のあることがわかり、また本質的にヒナの発育を阻害するような傾向はみられなかつたが、リグニンには飼料条件により栄養効果の異なる結果が得られた。すなわち慣用飼料の場合にはリグニンの添加により羽毛の伸びが促進されまた発育に対しては悪影響はないが、本試験に用いたごとく半合成飼料の場合には著しくヒナの発育を阻害する作用を示すことが明らかとなつた。これはおそらく半合成飼料に何か栄養的欠陥がありそれがリグニンにより一層増大したことによるものと考えざるを得ない。なおC. M. C. は発育に好結果をおよぼしたが、その栄養的効果についてはさらに検討を要するものとする。

2) 飼料中セインの消化性について精密に実験を行なつた結果、ニワトリにおいてはセルローズはほとんど消化されないことを知つた。しかしながらセルローズを α 、 β 、および γ セルローズの3割分に別けて別々に測定した結果、 α もしくは β セルローズの一部が消化管内において分解しそれらの減量に等しい量の β もしくは γ セルローズが増加することがみとめられた。なおリグニンの消化性については変異が大きく結論は得られなかつた。この理由として、リグニンの組成が複雑であるためセルローズの場合と同様に、リグニンの部分的な分解に差を生じたための変異と考えられる。つぎにセルローズの添加が飼料中のセイン以外の成分の消化率におよぼす影響を調査した結果、粗脂肪、可溶無窒素物などのエネルギー源の消化率を低下せしめる傾向を有するが、蛋白質の消化利用性には悪影響をおよぼさないことがわかつた。リグニンの添加による影響も

セルローズ添加の場合とほぼ同一の傾向を示したが、飼料条件によつてはかなり複雑な影響を示すものと考えられる。

なお無セイン飼料の場合は明らかに発育や飼料の消化率に悪影響をおよぼすことがわかつた。

3) 飼料中蛋白質の利用性におよぼすセイン添加の影響を調査するため、魚粉を蛋白質源とする半合成飼料を用いて蛋白質の生物価ならびに消化率を測定した。その結果、飼料中リグニンの添加は蛋白質の生物価並びに消化率をいちぢるしく低下せしめるが、セルローズの場合にはそのような悪影響は全くないものと考えられる。

4) ヒナに対するセインの生理的効果について2, 3の検討を加えた。その結果、飼料にセルローズを添加することにより、消化管内の飼料通過時間が促進されることがわかつた。またセイン(セルローズおよびリグニン)の添加により筋胃の増大が著るしかつた。なおセルローズの添加により腸管の長さは短くなる傾向を示し、またリグニンの場合は脾臓が増大することを認めた。

つぎに飼料中セイン(セルローズおよびリグニン)の添加により、肝臓中および血漿中のビタミンA含量ならびに β カロチン含量が低下することが明らかとなつた。しかしながらセインの添加により飼料中の β カロチンの消化率はかなり向上するものであるから、セインの添加は飼料中のビタミンA源の吸収をたかめ、かつ体内でのビタミンAの消費を増大させる作用を有するものと推察される。

肝臓および血漿中の総コレステロール含量はセルローズの添加により低下する傾向がみとめられた。これはセルローズが間接的に脂肪代謝に関係することを意味しているが、その機序ならびにコレステロール含量の低下がヒナの発育生理にどのような影響をおよぼすかは今後の検討を必要とする。

さらに血漿中のカルシウム含量は、セインの添加によりほとんど影響は受けないが、燐含量はセイン(特にリグニン)の添加によりかなり減少した。なおこの原因としては、燐の吸収障害、燐の体内消費の増加、ならびに燐の尿中への排泄促進などが考えられる。したがつてカルシウムと燐含量の不均衡がリグニン添加の場合にみられる発育減退の一因ではないかと想像される。

飼料中セインの添加が肝臓および腎臓中のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度(体重100g当り)におよぼす影響を調査した結果、セルローズは肝臓中のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度には影響をおよぼさないが、腎臓中のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度を低下させた。またリグニンおよびM. C. は、肝臓および腎臓中のキサンチンデヒドロゲナーゼ活性度をともに低下させることが明らかとなつた。なをこれら活性度の低下は今後さらに検討を重ねなければならない。

以上、本実験結果を通じて育雛飼料中のセルローズ含量は或程度高くとも栄養的生理的には悪影響はなく、また条件によつては発育に好結果が期待できるものと考えられる。なおリグニン、C. M. C. およびM. C. の生体におよぼす効果は非常に複雑であるのでさらに今後の検討を必要とする。

謝 辞

本研究は1954年9月から1962年10月に到るまで、その大部分を名古屋大学農学部家畜飼養学教室において行ない、その後一部を信州大学農学部家畜飼養飼料学教室において行なったものである。本研究の実施にあたり、終始懇切なる御指導と御助言とを与えられた日本大学教授齊藤道雄博士（元名古屋大学教授）に対し謹んで感謝の意を表す。また齊藤道雄教授退職後は、現名古屋大学教授田先威和夫博士の御指導のもとに本論文を完成した。あらためて感謝の意を表す。

なお実験上種々有益なる助言と協力を与えられた、後藤孵卵場山田英世氏（元名古屋大学助手）をはじめ、名古屋大学助手大島光昭氏、同元技官小川長桓氏、同元技術員大見健壬氏、同技術員佐々木雅子氏、ならびに家畜飼養学教室専攻学生の諸氏に対し謝意を表す。菱和飼料株式会社五十嵐敬氏、後藤孵卵場橋田晃氏、同荒井晃氏にも実験上種々の助力をいただき、また名古屋大学家畜衛生学教室助手佐藤孝二氏には分析上多くの助言をいただいた。ここに感謝の意を表す。なお信州大学教授兼松満造博士、関川堅助手ならびに当教室の専攻学生諸氏の論文とりまとめに与えられた御厚意と助力に対し感謝の意を表す。供試鶏については後藤孵卵場後藤静一氏ならびに名古屋畜産学研究所、使用したパルプセルローズは興国人絹株式会社、またC. M. C. は第一工業製薬株式会社の御厚意を受けた。付記して謝意を表す。なおこの研究の一部は文部省科学研究費交付金の援助を受けてなされたものである。

引用文献

- 1) Adamstone, F.B. (1947) Arch. Path., 43:301~312. Histologic comparison of the brains of vitamin A deficient and vitamin E deficient chicks.
- 2) Almquist, H.J. and S. Maurer (1955) Archives of Biochemistry and Biophysics, 55:297. The effect of antibiotic, antioxidant, and fat on conversion of carotene to vitamin A in the chicken.
- 3) Almquist, H.J. (1957) Proteins and Amino acids in Animal Nutrition, 3rd edition :5.
- 4) A.O.A.C. (1950) 7th edition, Washington, D.C.
- 5) Armsby, H. P. (1917) The nutrition of farm animals, p.711~714.
- 6) Bird, H.R., and D. Whitson (1946) Poultry sci., 25:210~214. Effect of diet on efficiency of egg production.
- 7) Branion, H.D. (1934) Atti. V. Congresso Mondiale di Pollicoltura, 2:575~580. The role of cereal grains in avian nutrition.
- 8) Breirem, K. (1958) Z. für Tierphysiologie Tierernährung und Futtermittelkunde, Bd. 13, Ht. 3, Seite 129~142. Zellulose als Futter für Schweine.
- 9) Briggs, G.M. and M.R. Spivey (1954) Poultry Sci., 33:1044~1045. Vitamin A deficiency in chicks produced by feeding bentonite in synthetic diets.
- 10) Combs, G.F. and G.L. Romoser (1955) Maryland Agr. Exp. Misc. Pub. No. 226. A new approach to poultry feed formulation.
- 11) Common, R.H., W.A. Rutledge and W. Bolton (1947) J. Endocrinol., 5:121. The influence of gonadal hormones on serum riboflavin and certain other properties of blood and tissues of the domestic fowl.
- 12) Common, R.H., W. Bolton and W.A. Rutledge (1948) J. Endocrinol., 5:263. The influence of gonadal hormones on the composition of the blood and liver of the domestic fowl.
- 13) Crampton, E.W. (1959) Fundamentals of Nutrition, p. 458. San Francisco and London.
- 14) Dansky, L.M. (1952) Thesis, Cornell University. Factors affecting the energy requirement of the growing chick.
- 15) Davis, R.E. (1927) J. Biol. chem., 74:509~513. The nitrogenous constituents of hen urine.
- 16) Davis, F. and G.M. Briggs (1947) J. Nutrition, 34:295~300. The growth promoting action of cellulose in purified diets for chicks.
- 17) Davis, F. and G.M. Briggs (1948) Poultry Sci., 27:117~118. Sawdust in purified chick rations.
- 18) Davies, A.W. (1952) Nature, 170:849. Lowered liver vitamin A reserves in avian coccidiosis.
- 19) Dymza, H., R. V. Boucher and M. G. McCartney (1955) Poultry Sci., 34:240.

- Investigation of crude fiber digestion in 12-week-old turkeys.
- 20) Erasmus, J., M. L. Scott and P.P. Levine (1960) *Poultry Sci.*, 39:565. A relationship between coccidiosis and vitamin A nutrition in chickens.
 - 21) Ewing, W.R. (1951) *Poultry Nutrition*, 87.
 - 22) Fisher, H. and D. Johnson, Jr. (1956) *J. Nutrition*, 60:261. The amino acid requirement of the laying hen. I.
 - 23) Fraps, G.S. (1928) *Texas Agr. Exp. Sta. Bul.*, 372. Digestibility and production coefficients of poultry feeds.
 - 24) Fraps, G.S. (1946) *Texas Agr. Exp. Sta. Bul.*, 678. Composition and productive energy of poultry feeds and rations.
 - 25) Fröhlich, M. M., V. Baláze and S. Benkö (1957) *Nature*, 180:1474~1475. Effect of storage of methylcellulose on blood protein formation in the rat.
 - 26) 藤田秋治 (1948) ビタミンの化学的定量法, 63頁, 東京, 誠文堂新光社
 - 27) 藤田・青山 (1951) ビタミン, 4 : 127, グリセロールヂクロロヒドリンによるビタミンAの比色定量法
 - 28) 藤田・青山 (1952) ビタミン, 5 : 47, 血液および乳汁中のビタミンAおよびカロチンの定量法
 - 29) 五島・佐藤 (1961) 日本獣医学雑誌, 23. 附録452頁, 飼料に添加した Nitrofrans の鶏の血液成分及び肝臓並に腎臓 Xanthine dehydrogenase 活性度におよぼす影響
 - 30) Griminger, P., H. M. Scott and R.M. Forbes (1957) *J. Nutrition*, 62:61~69. Dietary bulk and amino acid requirements.
 - 31) 林 文夫 (1960) *New Food Industry*, 2 (9) :37. メチルセルロースの食品への応用
 - 32) Halnan, E.T. (1930) *Fertiliser, Feedingstuffs and Farm Supplies J.*, 15:559 Role of fiber in poultry feeding.
 - 33) Harms, R.H., A.A. Camp, B.L. Reid, E.L. Grant, B.G. Creech and J.R. Couch (1956) *Poultry Sci.*, 35:285~291. Evidence for a substance in fish soluble which enhances vitamin A storage in chick livers.
 - 34) Harms, R. H., B. L. Reid and J. R. Couch (1956) *Poultry Sci.*, 35:1254—1258. Further studies on a factor obtained from condensed fish solubles which enhances vitamin A storage in chick livers.
 - 35) 橋爪徳三 (1951) 農技研報告, G. 2, 71頁, 鶏による各種飼料の消化試験成績
 - 36) Hermann, G.R. (1946a) *Pro. Soc. Exp. Biol. & Med.*, 61:302. Effect of choline on blood and tissues with especial reference to cholesterol in old hens.
 - 37) Heuser, G.F., L.C. Norris, H. T. Peeler and M.L. Scott (1945) *Poultry Sci.*, 24:142~145. Further studies on the apparent effect of digestibility upon growth, weight maintenance and egg production.
 - 38) Hill, F.W. and L.M. Dansky (1950) *Poultry Sci.*, 29:763. Studies on the protein requirement of chicks and its relation to dietary energy level.
 - 39) Hill, F. W. and L. M. Dansky (1951) *Cornell Nutrition Conference for Feed manufactures, Proc.*, 27~32. Influence of diet on body composition of growing chicks.
 - 40) Hill, F. W. and L. M. Dansky (1954) *Poultry Sci.*, 33:112., Studies of energy

- requirement of chickens. I. The effect of dietary energy level on growth and feed consumption.
- 41) Hillerman, J. P., F. H. Kratzer and W. O. Wilson (1953) *Poultry Sci.*, 32:332~335. Food passage through chickens and turkeys and some regulating factors.
 - 42) Hogan, A.G., R. W. Craghed, J.E. Savage, J.J. Cole and B.L. O' Dell (1957). *J. Nutrition*, 62:97~106. Casein as a source of protein for the chick.
 - 43) 本多真一 (1940. a) 日本農化会誌 16:1045~1056. 植物体の繊維素定量法並に紙料漂白に関する研究 (第3報) 新繊維素定量法の改良に就て
 - 44) 本多真一 (1940. b) 日本農化会誌, 16:1169~1175. 植物体の繊維素定量法並に紙料漂白に関する研究 (第4報) 新繊維素定量法の改良法の応用に就て
 - 45) 岩田久敬 (1949) 飼料学総論, 32~38頁, 東京, 養賢堂
 - 46) Johnson, D., Jr. G.A. Leveille and Hans Fisher (1958) *J. Nutrition*, 66: 367. Influence of amino acid deficiencies and protein level on the plasma cholesterol of the chick.
 - 47) 海塩義男 (1949) 家畜飼養, 45, 480頁, 東京, 共立出版
 - 48) Kaishio, Y. (1954) *Bulletin of the National Institute of Agriculture Sciences*. G, 8, 169~292. Studies on the determination of productive value of feeds in poultry.
 - 49) 勝木辰男 (1960) 畜産の研究, 14: 612頁, 鶏の飼料と飼養の諸問題 [3]
 - 50) 川口露子 (1955) ビタミン, 9: 388~390頁, 糞中カチロンの定量について
 - 51) 木部・河村・田先・斉藤 (1960) 日畜会報, 31: 119. 糞導管による鶏の飼料消化率測定方法に関する研究 (予報)
 - 52) Kellner, O. (1907) *Ernährung landw. Nutztiere*, 9, Auflage, 650~651.
 - 53) Kokatonur, M., R. T. Rand, F.A. Kummerow and H.M. Scott (1958) *J. Nutrition*, 64:177. Effect of dietary protein and fat on changes of serum cholesterol in mature birds.
 - 54) Krautmann, B. A., S.M. Hange, E.T. Mertz and C.W. Carrick (1957) *Poultry Sci.*, 36: 1135. Sources of factor which spares arginine in a casein diet.
 - 55) 久保彰治 (1958) 実験化学講座, 15: 127. 乳中のカルシウムの定量, 東京, 共立出版
 - 56) Lamon, H.M., A.R., Lee (1929) *Poultry Feeds and Feeding*, P. 48より引用
 - 57) Laughland, D.H., and W.E.J. Phillips (1954. b) *J. Biochem. Physiol.*, 32:593~599. The effect of sodium bentonite administration on vitamin A metabolism in the rat.
 - 58) Laughland, D.H., and W.E.J. Phillips (1956) *Poultry Sci.*, 35:1050~1054. The effect of dietary sodium bentonite on the rate of growth of chicks.
 - 59) Lillie, R.J., S.K. Hayness and H.R. Bird (1951) *Poultry Sci.*, 30:922. Effect of fiber in non-pelleted mash upon egg production and feed efficiency.
 - 60) Loosli, J.K., H.L. Lucas and L.A. Maynard (1945) *J. Dairy Sci.*, 28:147~153. The effect of roughage intake on the fat content of milk.
 - 61) Maynard, L.A. and J.K. Loosli (1956) *Animal Nutrition*, p.46~50. McGraw Hill, New York.
 - 62) 松村義寛 (1957) 分析化学講座, 7-D, 臨床化学分析法, 33頁, 東京, 共立出版

- 63) Mead, S.W. and H. Goss (1935) *J. Dairy Sci.* 18 : 163~170.
Ruminant digestion without roughage.
- 64) 右田伸彦 (1956) 木材化学基礎編, 121頁, 東京, 産業図書
- 65) Mitchell, H.H. (1924) *J. Biol. chem.*, 58 : 873~903. A method of determining the biological value of protein.
- 66) Morris, L., R.B. Thompson and V.G. Heller (1932) *Poultry Sci.*, 11 : 219~225.
Crude fiber in chicken rations.
- 67) Morrison, F.B. (1951) *Feeds and Feeding*, p.89. Ithaca, New York.
- 68) Mraz, F.R., R.V. Boucher and M.G. McCartney (1956) *Poultry Sci.*, 35:1335~1340.
The influence of dietary productive energy and fiber on growth response in chickens.
- 69) 村松・矢野・芦田 (1954) 日本農化会誌, 28 : 984, 栄養素組成と体蛋白質の代謝 (第1報)
蛋白質含量と Xanthine Oxidase Activity.
- 70) 永原太郎 (1956) 分析化学講座, 3—C, 42頁, 燐の定量, 東京, 共立出版
- 71) N.R.C. (1957~61) *Nutrient Requirements of Domestic Animals*, No. 1~No.6,
Washington, D.C.
- 72) O' Dell, B.L., O.A. Laerdal, Ana Muniz Jeffay and J.E. Savage (1957) *Poultry Sci.*, 36 : 1145. Arginin metabolism in the growing chick.
- 73) 大島光昭 (1926) 名古屋大学農学部家畜飼養学教室業績, 10頁
牧草中窒素化合物の栄養学的研究
- 74) Peterson, D.W. (1950) *J. Biol. Chem.*, 183 : 647~653. Some properties of a factor in alfalfa meal causing depression of growth in chicks.
- 75) Peterson, D.W., C.B. Grau and N.F. Peek (1954) *J. Nutrition*, 52:241. Growth and food consumption in relation to dietary levels of protein and fibrous bulk.
- 76) Powell, E.B. (1938) *Proc. Am. Soc. Animal Production*, 40~47.
One cause of fat variation in milk.
- 77) Powell, E.B. (1941) *J. Dairy Sci.*, 24 : 504~505.
Progress report on the relation of the ration to the composition of milk.
- 78) Procter, F., and N.C. Wright (1927) *J. Agr. Sci.*, 17:392. Bulk in animal feeding.
- 79) Rand, N.T., H.M. Scott and F.A. Kummerow (1956) *Poultry Sci.*, 35 : 1166.
The relationship of protein, fiber and fat in the diet of the growing chick.
- 80) Rubin, M. and H.R. Bird (1941) *Poultry Sci.*, 20 : 291~297. Some experiments on the physiology of vitamin A in the chick.
- 81) Russell, W.C., M.W. Taylor, H.A. Walker and L.J. Polskin (1942)
J. Nutrition, 24 : 199~211. The absorption and retention of carotene.
- 82) 齊藤道雄 (1956) 畜産の研究, 10 : 125~129. 牧草と野草の養鶏飼料としての利用法
- 83) 齊藤道雄 (1960) 家畜飼育学, 141頁, 478頁, 東京, 養賢堂
- 84) 齊藤・木部 (1956) 日畜会報, 27 : 105~108. 鶏の飼料通過に関する研究
I. Ferric oxide の投与と消化器内における行動について
- 85) 齊藤・山田 (1956) 日畜会報, 27 : 177. 鶏卵の一般構造と組成の研究
II. 白レグ及名古屋種の鶏卵の一般組成並びにカロチノイド, ビタミンA含量について
- 86) Scharrer, K. (1950) *Die Biochemischen Grundlagen der Tierernährungslehre*, Seite

141. 148. Stuttgart.
- 87) Scott, H.M., L.D. Matterson and E.P. Singsen (1947) Poultry Sci., 26:554. Nutritional factors influencing growth and efficiency of feed utilization. 1. The effect of the source of carbohydrate.
- 88) Sellers, K.C., and E. Eden (1949) J. Comp. Path., 59: 205~212. The effect of "white scour" on the absorption of vitamin A by calves.
- 89) Senior, B.J. and W. Kearney (1947) Econ. Proc. Royal Dublin Soc., 3:293. Chick mortality caused by war-grade wheat offals.
- 90) Stamler, J.C., C. Bolene, M. Dudley and E. Levinson (1950) Endocrinol., 46:375. Effect of prolonged exhibition of diethylstilbestrol on plasma and tissue lipids in the chick.
- 91) Sturkie, P.D. (1954) Avian physiology, p.25~225. Ithaca, New York.
- 92) Sunde, M.L. (1956) Poultry Sci., 35: 350~354. A relationship between protein level and energy level in chick rations.
- 93) 高森乙松 (1856) 畜産の研究, 10: 507~511. 雑草活用養鶏法の要点と実施上の考え方
- 94) 高森乙松 (1958) 畜産の研究, 12: 886~888. 草養鶏の飼料とその配合処理法 [2]
- 95) 高森・結城・平岡 (1960) 畜産の研究, 14: 37. 草養鶏に関する研究
草飼料による若雄鶏の肥育について (2報) 屠殺解体成績
- 96) Thompson, J.N. (1940) Unpublished doctor's thesis.
Gizzard erosion and feathering in chicks as influenced by the diet.
- 97) 植村 操 (1956) ビタミン学, 144頁, ビタミンAの吸収貯蔵, 東京, 金原出版
- 98) Westerfeld, W.W. and Dan A. Richert (1950) J.B.C.184: 163.
Dietary factors related to liver xanthine oxidase.
- 99) Wilcke, H.L. (1936) Poultry Sci., 15: 264~269. The influence of single grains on slipped tendons.
- 100) Wilcke, H.L. and J.C. Hammond (1940) J. Agr. Res., 61: 369~380. Feathering, growth, feed consumption and rachitogenesis in chicks as influenced by kind of grain in the diet.
- 101) Williams, M. A. and C.R. Grau (1956. a) J. Nutrition, 50: 255. Energy intake and body composition of chick.
- 102) 安田守雄 (1957) 実験化学講座, 23: 468頁, 東京, 丸善
- 103) 山田・橋田・斉藤 (1958) 日畜会報, 29: 77.
産卵鶏におけるカロチノイド代謝 IV.
- 104) 吉田・星井・森本 (1960) 日畜会報, 31: 251.
雛に対する精製飼料の調製 III. 無機物の配合量およびセルロースの添加効果

Summary

Nutritional and physiological effects of fiber on the chick growth

- Part I. Effect of fiber on the chick growth
- Part II. Digestion of fiber and its effect on the digestibility of feed nutrients and nitrogen balance
- Part III. Effect of fiber on the biological value of dietary protein
- Part IV. Effects of fiber on the feed passage time, development of internal organs, vitamin A storage in the liver and plasma, and xanthine dehydrogenase activity of the liver and kidney

Kyuei KIBE

There are complicated phenomena produced by the effects of fibrous substances in diets on the chick growth. In the past, it was thought that crude fiber would not be well digested by birds. Although several investigators have recognized that appreciable quantities of crude fiber from oat hulls or grains are digested by birds, it is generally approved that feed fiber is only partially utilized by poultry because of its low digestibility. Therefore, it is considered that an excessive level of crude fiber in the poultry diet would reduce feed efficiency and growth rate. On the other hand, Davis and Briggs (1947) proved that the chick growth was promoted to a fairly greater extent by a diet containing fiber than a diet containing no fibrous substances. Furthermore, Hill and Dansky (1950, 1951) reported that, although the addition of oat hulls to a diet decreased the energy content of the diet, chicks fed the diet with such addition grew in a fairly good manner. The growth-inhibiting effect of fiber was considered to be attributable to a reduction in the energy intake (Fraps, 1946; Peterson, 1950). In spite of these findings, Davis and Briggs (1947) concluded that the growth-promoting effect could be produced by the specific action of cellulose itself or some products of cellulose decomposition.

Questions arise as to why the addition of cellulose shows a growth-promoting effect, and whether this effect is attributable to the utilization of cellulose as nutrient or to any other factors.

In the present study, a series of experiments were conducted to investi-

gate the nutritional and physiological effects of fibrous substances added to a diet on the growth of chicks. The results are reported in this paper.

Part I. Effect of fiber on the chick growth

Such fibrous substances as cellulose, lignin and carboxymethyl cellulose were investigated for promoting effect on the chick growth. Wood pulp was used as a source of cellulose. The lignin used had been prepared from rice hulls by Migita's method (1956) with ammoniacal copper solution.

From the results obtained, it was suggested that the addition of cellulose to a diet had essentially no ill-effect on the chick growth. Besides, there was no harmful effect on the chick growth and feather making when lignin was supplemented to a formula feed. Lignin displayed, however, a notable inhibiting effect when supplemented to a semi-synthetic diet. The available feed efficiency (as expressed with grams of basal diet per gram of body weight gain) in the chick growth was found to be increased when cellulose was added to a semi-synthetic diet containing fish meal or milk casein as a sole protein source. As to the effect of carboxymethyl cellulose, the author is to perform further experiments.

Part II. Digestion of fiber and its effect on the digestibility of feed nutrients and nitrogen balance

To determine whether the growth-promoting effect of cellulose is attributable to the utilization of cellulose as a nutrient or to any other factor, two trials on the digestion of cellulose were conducted, so that changes in the type of cellulose might be clarified.

Although some part of alpha- or beta-cellulose was changed quantitatively into beta- or gamma-cellulose in the digestive tract, these cellulose fractions thus produced were not absorbed from the digestive tract. The total amount of cellulose of different types ingested was excreted in the feces.

The digestibility of lignin had a very wide range of variation. So that no definite conclusions were reached from these results.

It was also found that the addition of cellulose to a diet did not interfere with the utilization of crude protein, but depreciated materially the digestibilities of crude fat and nitrogen free extract, both of which are energy sources. From the results obtained, it was presumed that the apparent digestibility of dietary beta-carotene had a tendency to be raised fairly high by the addition of cellulose to the diet.

When cellulose was added to a diet, the nitrogen retention was found to be increased. When chicks were fed a diet containing no fibrous substances at all, growth and feed utilization were remarkably reduced in them.

Part III. Effect of fiber on the biological value of dietary protein

The influence of dietary cellulose and lignin upon the biological value of protein was studied. The results indicate that the biological value and the digestibility of protein contained in a semi-synthetic diet with fish meal as a sole protein source were declined when lignin was added to the diet but were not affected when cellulose was added to the diet.

Part IV. Effects of fiber on the feed passage time, development of internal organs, vitamin A storage in the liver and plasma, and xanthine dehydrogenase activity of the liver and kidney

To clarify the nutritional and physiological effects of fiber on the chick, experiments were conducted on the feed passage time through the digestive tract, development of internal organs, vitamin A storage in the liver and plasma, and the xanthine dehydrogenase activity of the liver and kidney. The results obtained are as follows.

(1) The addition of cellulose to a diet caused an increase in the speed of feed passage.

(2) The addition of fibrous substance (cellulose or lignin) to a diet increased the weight of the gizzard considerably.

(3) When cellulose or lignin was added to a diet, the vitamin A and beta-carotene content in the chick liver decreased to less than half the content of the control.

(4) The addition of cellulose to a diet tended to decrease the total cholesterol of the liver and plasma.

(5) The addition of fibrous substance did not affect the calcium content of the plasma, but that of lignin decreased the phosphorus content of the plasma.

(6) The xanthine dehydrogenase activity of the fresh kidney decreased by the addition of cellulose, and that of the fresh liver and plasma also decreased by the dietary lignin and methylcellulose. Further studies would be needed to clarify the activities of these organs.

From the results mentioned above, it was concluded that the amount of cellulose in a chicken diet could be increased to some extent (addition to the diet at a level of 10%) without producing any ill-effect nutritionally and physiologically, and that the addition of lignin to the diet occasionally caused a harmful effect on the feed efficiency and the growth of chicks.