

Ⅲ 研究事業報告

第3課題 食品素材の機能的向上に関する研究

(1) ルバーブの生育特性説明 (日長条件と休眠)

成松 次郎 (農業総合研究所)

ルバーブは秋から冬にかけて生長が停止し、休眠に入る。この現象について、温度と日長を変えて栽培を行ったところ、この休眠は短日によって誘導され、低温によって完了することが解明された。このことから逆に、電照によって16時間程度の日長を設定すれば、冬においても休眠を回避し、生長を進めることが可能であり、ルバーブの促成栽培が成立すると思われた。

1 はじめに

ルバーブは永年性作物で、神奈川県における年間の生育状況は次のとおりである。早春に根株から葉が出現 (ほう芽) し、初夏に生長が最も盛んである (収穫期)。梅雨明け以降の夏は高温のため生長は衰える。秋になって草勢はやや持ち直すが、生長は緩慢であり、冬に向かって生長は止まり、12月中旬ごろに地上部は枯れる (休眠)。一方、ほう芽後まもなく花茎の伸長 (抽台) が始まり、5月ごろに開花期を迎える。

この研究は、このような生育相の中で、休眠現象の解明、特に休眠誘導の環境条件を明らかにすることが目的である。そして、この条件を応用して休眠の操作を行えば、ルバーブの収穫期を拡大する新しい栽培方法の開発が期待される。

2 方法

2.1 温度条件が休眠及び抽台に及ぼす影響

1989年8月下旬に品種 'マイヤッツ・ビクトリヤ' の種子を小ポットに播種して育苗した。10月上旬に12号素焼鉢に移植し、実験終了までこの鉢にて1株植えて1区12~14株を栽培した。

1989年11月2日より1990年4月2日までと、1990年11月16日より1991年4月16日までを、5℃、10℃及び15℃の最低温度を保持できる温室へ搬入した。その他の期間と対照区は屋外で栽培した。

調査は、ほう芽状況を1989年11月~1990年5月の各月中旬に、開花を1990年と1991年の春に観察した。

2.2 日長条件が休眠に及ぼす影響

1990年9月上旬に同じ品種の種子を播種して育苗し、11月14日にビニルハウスへ条間90cm、株間60cmの栽植距離で定植した。

長日区は、36株に対して電照用電球 (60W) を地上1.6mに6灯配し4~7時と16~20時に照明して16時間

日長とした。電照期間は定植日より3月29日までで電照による照度は地表面において平均67 lxであった。

自然日長区は、長日区と同じハウスに44株栽培し、自然日長とした。なお、参考に露地での栽培を併せて行った。

調査は、全株を対象に、生長が進み、葉柄長30cm以上に伸長した葉を2~3週間おきに収穫し、収穫本数と葉柄重を測定した。

2.3 日長時間と短日処理が休眠に及ぼす影響

1991年8月下旬に同じ種子を播種して育苗し、11月20日に温室に定植した。栽植方法は条間90cm、株間60cmの2条植えとした。

日長処理方法は、18株に対して電照用電球 (60W) を地上1.6mに3灯配し、この時の照度は地表面において平均37 lxであった。日長時間を自然日長、13時間 (5~8時と16~18時に電照)、16時間 (4~8時と16~20時に電照) 及び24時間 (16時~8時に電照) となるように定植日から3月30日まで電照を行い、さらにそれぞれについて1月28日から3月30日まで8時間日長となる短日処理を追加した区を設け、合計8区の処理を行った。

短日処理法は、光を通さないシルバーフィルムを16時30分より翌朝8時30分までトンネル状に被覆することにより8時間日長を得、これらに対して自然日長及び電照区は透明ビニルフィルムを同時刻にトンネル被覆することによって、処理間に気温差が生じないようにした。

調査個体数は各区12株で、3~4週間おきに生育調査と収穫調査を行った。

3 結果及び考察

3.1 温度条件が休眠及び抽台に及ぼす影響

5、10及び15℃に加温した区は、12月までは全株とも葉が着生していたが、その後、新葉の出現と同時に落葉があって、冬期間の葉数に大きな変動はなかった。しか

し、葉の生長は高温ほど早かった。また、落葉後に新葉が出現（ほう芽）しない株があり、10℃区では5月になっても、ほう芽しない株が多かった。この理由は、生長と休眠の狭間になって根株が消耗したためと推測された。

これらに対して対照区は1月より地上部は全株枯れたが、3月より全株ほう芽を開始した（表1）。対照区は、冬期間は完全に休眠しているが、低温を経過することにより休眠が破れ、春になって一斉にほう芽したと考えられた。

1990年は全区とも抽台はみられず、1991年の春になって対照区のみ抽台し、開花した。抽台条件は低温感応といわれており、5、10及び15℃に加温した区はその低温に遭遇していなかったと思われた。さらに、1990年の対照区の根株は低温に感応する大きさに達していなかったと推測された。このようなことは、露地栽培において、春播きでは翌春に抽台・開花するが、秋播きでは翌年の春になって抽台・開花に至ることと一致していた。

以上のことから、ルバーブの休眠は、加温によって休眠を完全に阻止することはできないため、温度以外の要因も影響していると考えられた。

表1 ほう芽状況（1989～1990年）

試験区	5℃		10℃		15℃		対照	
	ほう芽	葉数	ほう芽	葉数	ほう芽	葉数	ほう芽	葉数
調査月	株率	株数	株率	株数	株率	株数	株率	株数
1月	100	3.5	100	3.2	100	3.7	100	3.0
2月	100	—	100	—	100	—	86	—
3月	83	2.2	83	3.2	75	3.7	0	0
4月	83	2.0	75	3.0	67	3.3	0	0
5月	75	2.3	33	3.8	67	3.9	92	2.3
	75	3.2	33	4.5	75	4.0	100	3.6
	75	5.4	42	4.6	83	3.8	100	4.6

注) 1. ほう芽とは、葉の出現後葉柄が観察された状態を示す。
2. 葉数は1株平均の葉数を示す。

3.2 日長条件が休眠に及ぼす影響

冬期間においても、長日区の地上部は枯れることなく生長を続けた。ハウスは無加温のため、1991年1月上旬～2月下旬には-4～-5℃まで低下する日があり、この時、葉に寒害を受けて葉柄が折れることもあった（図1）。

自然日長区は、12月上旬から生長が劣り、12月下旬には生長が止まり、約半数の株の地上部が枯れた。その後、これらの株は3月上旬にほう芽が始まった。

長日区は、3月下旬より収穫が行われ、その後、7月上旬までに飛躍的に収量が上がった。

自然日長区は、5月下旬より収穫ができたが、7月上旬までで長日区の約70%の収量であった（図2）。休眠は低温期間を経て覚醒するので、休眠株は、ハウス内、

露地にかかわらず、ほぼ同時期にほう芽を開始した。しかし、ハウス内の自然日長区の気温は、露地より高いことから、ほう芽後の生長は速やかであった。

以上のように、長日条件では低温下にあっても休眠しないが、短日条件にある自然日長区で休眠したことから、ルバーブの休眠誘導には日長が深く関与しており、短日の影響が明らかであった。

なお、自然日長区では、約半数の株の地上部が枯れずに残ったが、種子繁殖したルバーブは、形態的にも個体差があるので、このことは日長に対する生態反応の個体差と考えられた。

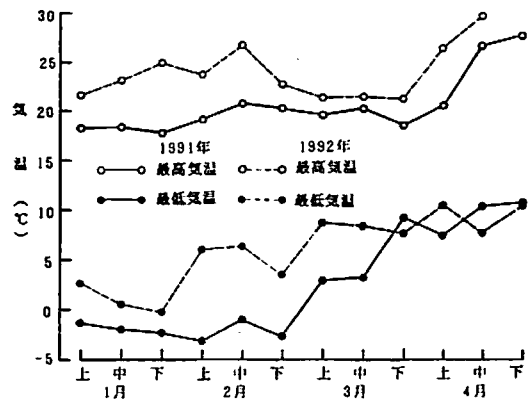


図1 旬別の生育気温（1991年と1992年）

注. 自然日長区を測定。

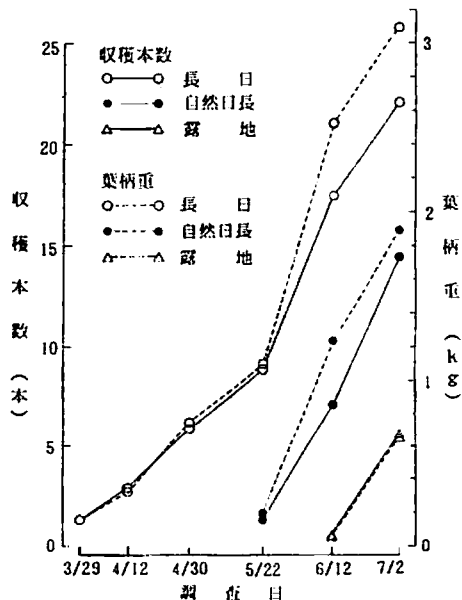


図2 日長条件が生長に及ぼす影響（1991年）

注. 数値は1株当たりの累積を示す。

3.3 日長時間と短日処理が休眠に及ぼす影響

1992年のトンネル期間中はトンネルによる保温性が認められ、氷点下になる日はなかった(図1)。また、短日処理中に処理間の気温差は小さかった。

生育状況をみると、1月27日までに、16時間と24時間は自然日長と13時間に比べて著しく生長が進んでいた。その後、電照終了の3月30日までの傾向が示された。この時、24時間は16時間より葉長、葉柄長は長いが、葉柄は細く徒長的な草姿であり、一方、自然日長と13時間はともにわい化した草姿で両者に生育差は認められなかった(表2)。このことから、16時間以上の日長が生長促進に対して効果があり、13時間以下では日長の影響は小さいと考えられた。

1990~1991年の日長条件と休眠に関する実験では、無加温ビニルハウスを用いたために温室と異なって保温力が小さく、最低気温は低かった。そのため、自然日長は生長の停止と同時に半数の株の地上部は枯れて、1991~1992年の実験と生育状況は異なった。すなわち、13時間

以下の短日条件だけでは不完全な休眠(わい化状態)だが、これに低温が加わって完全な休眠に入るものと推測された。

自然日長→短日、13時間→短日は短日処理の影響は小さいが、16時間→短日、24時間→短日では、その処理によって生長が抑制された。この短日処理による生長の抑制現象は、露地栽培の秋に生長が緩慢となることを説明できた。

収量性をみると、2月17日から5月28日までの収穫期では、24時間について16時間が早期から収量が上がり、24時間→短日と16時間→短日が後期に収量が伸びた。長日処理によって早期収量が上がったものの、株疲れを起こし最終的には多収性を示さなかった。また、自然日長と13時間及びその後の短日処理は、生長に影響が少ないことから、収穫期と収量について差は認められなかった(図3)。しかし、生長を促進させて早期収穫を目的とする促成栽培のための電照時間は、収量性と収穫物の形状からみて16時間程度が適切と考えられた。

表2 日長時間と短日処理の影響

試験区	測定項目	調査日 (1992年)				
		1月27日	2月17日	3月9日	3月30日	4月28日
自然日長	葉数(枚)	4.2	4.8	5.8	6.9	7.8
	葉長(cm)	23.6	23.7	38.3	46.4	52.2
	葉柄長(cm)	7.7	6.7	9.5	12.6	14.1
自然日長→短日	葉数(枚)	--	5.3	6.2	7.5	8.5
	葉長(cm)	--	29.3	41.9	49.3	68.6
	葉柄長(cm)	--	7.8	9.7	12.7	20.3
13時間	葉数(枚)	3.6	4.2	5.3	6.8	7.9
	葉長(cm)	24.0	24.8	39.5	45.2	51.6
	葉柄数(cm)	8.3	8.3	10.5	13.0	14.5
13時間→短日	葉数(枚)	--	4.0	5.3	6.5	8.6
	葉長(cm)	--	27.0	37.8	47.1	67.9
	葉柄長(cm)	--	7.3	9.0	11.0	19.4
16時間	葉数(枚)	6.0	6.8	7.3	7.8	7.5
	葉長(cm)	44.8	61.7	74.1	79.3	72.0
	葉柄長(cm)	19.4	26.4	29.6	31.8	26.2
16時間→短日	葉数(枚)	--	6.4	6.0	6.3	7.3
	葉長(cm)	--	58.8	62.4	61.0	55.4
	葉柄長(cm)	--	20.3	19.9	18.7	17.0
24時間	葉数(枚)	6.6	7.2	5.4	4.8	5.4
	葉長(cm)	54.6	72.7	77.3	72.6	58.2
	葉柄長(cm)	27.0	35.8	34.7	33.1	23.2
24時間→短日	葉数(枚)	--	7.8	5.6	6.3	7.4
	葉長(cm)	--	60.0	61.3	62.1	61.5
	葉柄長(cm)	--	25.6	22.4	20.6	21.0

注。調査後に収量調査がなされている。

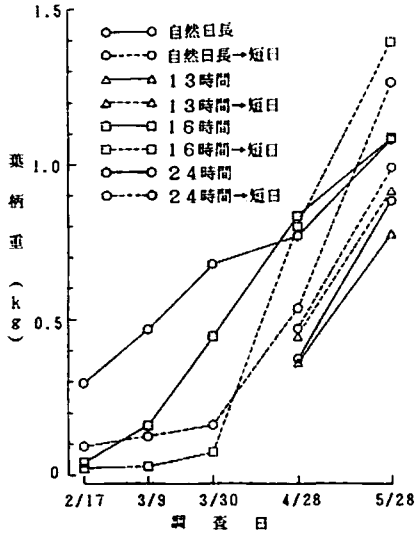


図3 日長時間が生長に及ぼす影響（1992年）

注. 数字は1株当たりの累積を示す。

4 むすび

園芸作物のイチゴやキクなどで、光による形態形成作用と光周性を利用して、収穫期を拡大する電照栽培が行われている。

この研究から、ルバーブの休眠は短日によって生長が抑制され、そして低温で地上部が枯れて完全な休眠に入ることが分かった。そこで電照栽培によって、ルバーブを長日下におけば休眠誘導が妨げられ、さらに寒害を受けない程度の保温または加温を併用することによって、新しい栽培法が成立すると考えられる。すなわち、本県の露地栽培では、5～6月が収穫期であるが、電照栽培によりこれより早い時期からの収穫が可能となる。

電照による日長操作の方法について、この研究では電照電球によって、朝と夕に照明をして16時間日長を得たが、適切な照明時間帯や光の強さなどについて検討の余地があり、今後の研究課題としたい。また、完全な休眠に入るための低温条件の解明が不十分な点も併せて検討する必要がある。

(2) 飼養形態の違いによる卵中の機能性物質の差異について

大島 惟子 (畜産試験場)

稗田 敏治 (畜産試験場)

折原健太郎 (畜産試験場)

岸井 誠男 (畜産試験場)

飼養形態の違いと含有機能性物質の差異を検討するため、国産交雑鶏100羽を用い、開放ケージ (開放)、ウインドウレスケージ (ウインドウレス)、開放平飼い (平飼)、平地放し飼い (野外) の4形態で飼養し、産卵性、卵質を調べるとともに、卵中の一般成分 (水分、蛋白質、脂肪、灰分) 及びミネラルを分析した。

産卵率はウインドウレス飼育が最も高く、野外は冬期に著しく低下した。飼料摂取量は野外の産卵後期が最も多かった。飼料要求率はウインドウレスが最も良かった。卵重は平飼が最も重かった。

ハウユニットは、ウインドウレスの産卵後期に低下が見られた。開放では日齢によるハウユニットの低下は緩やかであった。卵殻強度は野外が最も高く、ウインドウレスでは産卵後期での低下が著しかった。卵殻厚は野外、開放がやや厚かった。

鶏卵中の一般成分は飼養形態による顕著な違いは認められなかったが、ミネラルについては、ウインドウレスの産卵後期にCaが最も低くなり、野外の卵黄中の鉄濃度がやや高く、産卵期が進むにつれて含有量が高くなった。

1 はじめに

鶏の飼養形態はケージ、平飼等種々見られ、最近では放し飼いが漸増の傾向にある。

一方、飼養形態の違いによる鶏卵品質の差異は認められない報告¹⁻³⁾と、卵殻等に差が認められた報告³⁾がある。

他方、この飼養形態の違いは、鶏の運動量の違い、太陽光線の多少、摂取繊維や微量要素等鶏に与える生理や栄養面の違いが考えられる。このことは、卵中に含有される種々の物質の含有量が異なると考えられ、卵中の機能性物質の違いも推測される。

そこで、本試験では飼養形態の違いと含有機能性物質等の差異を検討した。

2 試験方法

国産交雑鶏100羽を用いて、開放ケージ (間口22.5cmケージに1羽飼)、ウインドウレスケージ (間口22.5cmケージに1羽飼)、開放平飼 (3.3㎡当り6羽飼)、平地放し飼 (3.3㎡当り1羽飼) の4飼養形態で試験を実施した。飼料は市販の成鶏用飼料を用い、不断給餌、不断給水とした。

調査項目は産卵率、日産卵量、飼料摂取量、飼料要求率、卵重、生存率、卵質 (ハウユニット、卵殻強度、卵殻厚) と内部成分として一般成分 (水分、蛋白質、脂肪、灰分)、ミネラルの分析を実施した。

分析時期は産卵前期 (30週齢)、産卵中期 (50週齢)、

産卵後期 (68週齢) とし、サンプルは採卵後割卵して、卵黄と卵白に分離し、直ちに凍結乾燥した。その後、試料をミキサーで粉末にし、冷凍保存 (-20℃) して分析に供した。

水分の分析は100℃加熱乾燥法、蛋白質はセミ・ミクロケルダール分解法、脂肪はクロロホルム-メタノール混液改良抽出法、灰分は直接灰化法、ミネラルは灰化試料を塩酸溶解しリン以外の無機質は原子吸光光度計により測定し、リンについては塩酸溶解試料をバナドモリブデン酸吸光光度法で測定した⁵⁾。

3 結果及び考察

飼養形態別の産卵性の成績を表1に示した。また、各項目別の日齢による推移を図1~4に示した。産卵率はウインドウレス飼育 (以下ウインドウレス) が全期を通して高く、開放ケージ飼育 (開放)、開放平飼 (平飼)、平地放し飼い (野外) の順であった。図1に見られるように、ウインドウレスは全期間を通して安定した推移を示したが、野外は冬季に著しく低下した。これは日長と気温の影響を受けたと思われる。卵重は平飼が最も重かったが、日卵量は産卵率と同様の傾向であった。

飼料摂取量は平飼が最も多かった。しかし、各飼養形態とも冬期に当たる産卵後期の飼料摂取量が増加したが、中でも野外は増加が顕著に見られた。同様の結果がKeelingら⁶⁾により報告されており、この原因として、冬期の低温の影響があげられているが、本試験ではこの原

因に加えて、前、中期と比較して緑草の採食量が減少したことも考えられる。

飼料要求率はウインドウレスが最も良く、飼料摂取量の多かった平飼と、産卵率が低かった野外は高い値であった。生存率は平飼を除いて90%以上であった。

飼養形態別の卵質検査成績を表2に示した。また、卵質の各項目の日齢による推移を図5～7に示した。ハウユニットは全体的に高く、その中ではウインドウレスがやや低かったが、これは産卵後期に低下が見られたためである。また、図5に見られるように、開放では日齢によるハウユニットの低下は緩やかであった。卵殻強度は野外が最も高く、産卵後期でも高い強度を示したが、ウインドウレスでは産卵後期での低下が著しかった。卵殻厚は野外、開放がやや厚くなった。

このように飼養形態によりやや卵質の変化が見られ、山上ら¹²⁾の報告にみられる飼養形態による卵質の差は認められないと述べているのと異なっている。しかし、藍沢ら⁴⁾が卵形指数、卵殻重比に平飼とケージ飼育に差を認めている報告を支持できる。

特に、産卵後期にウインドウレスのハウユニット、卵殻強度、卵殻厚が他の飼養形態に比べて著しく低い値を示しているが、この時期はウインドウレスが他の飼養形態に比べて産卵が高かったこととの関連が強いと考えられる。このことは産卵後期の日卵量とハウユニット、卵殻強度及び卵殻厚との間に高い負の相関が認められることからもうかがえる。同様に野外の卵殻強度が各期とも他の飼養形態より高い値を示しているが、産卵が他の飼養形態より低いことに起因しているとも考えられる。

飼養形態別の生産卵の一般成分及びミネラルについての分析結果を表3、4に示した。生卵黄100g中の含有量は、水分が約48～49g、蛋白は16～17gで飼養形態による差は見られなかった。脂肪は33～36gで野外がやや多い傾向であった。灰分は3～4gと四訂日本食品標準成分表の値より高い値であった。ミネラルは、全期の平均値では飼養形態によって大きな差は見られなかった。各期で見ると、Caは日齢の経過によって低下が見られ、

後期のウインドウレスは最も低かった。この傾向は卵殻強度、卵殻厚の低下傾向と類似で、卵殻へのCa沈着が悪くなることは絶対量が不足して、卵内部へのCa含有量が低下するものと考えられる。しかし、Ca摂取量から類推すると十分な量でもあり、これはCa吸収能力の低下を示唆するものと推測される。

Kは後期にウインドウレス、野外でやや低くなった。Feは野外がやや多い傾向が見られ、他の区は産卵が進むにつれてFe含有量減少の傾向を示したが、野外は逆に産卵後期の方がFe含量が高くなった。

生卵白100g中の含有量は、水分は約89g、蛋白は10gで飼養形態別の差は見られなかった。灰分は0.8～0.9gで中期のウインドウレスが多かった。ミネラルは全期の平均値で飼養形態別に大差は見られなかった。各期では、Caが中期のウインドウレスでやや多く、Feが前期の開放、平飼で高かった。

このようにミネラルの中のCa、Feが飼養形態の違いによりやや差が見られることは、Voget³⁾が放し飼い、平飼及びケージ飼育の比較で、卵の外部特性や内部成分に差がなかったと報告したのと異なっている。野外で産卵後期に卵黄中のFe含有量が他の飼養形態より増加したのは、土壌中のFeが卵中に移行して、蓄積したことに起因すると推察される。このことは、野外の飼養条件の違いが卵中の含有物質量に影響するものと考えられる。

以上の結果をまとめると、産卵成績では、産卵率、日卵量、飼料要求率はウインドウレスが優れた。野外の場合は、冬季の産卵低下防止のため、光線管理を行う必要があると思われた。卵質はウインドウレスでは産卵後期に低下が見られた。生産卵の分析結果は、一般成分については飼養形態別で差は見られなかった。ミネラルは、ウインドウレスのCaが後期に低下しており、この時期の卵殻質の低下と関連していると思われる。野外のミネラルは、Fe等にやや多い傾向も見られ、産卵後期での差が大きかった。野外の放飼地は緑草が採食されつくされたので、林間放牧など緑草が豊富な場合には、より明確な差が現れると考えられる。

表1 飼養形態別の産卵性

項目	産卵率 (%)				日卵量 (g)			
	開放	平飼	ウィンドウレス	野外	開放	平飼	ウィンドウレス	野外
産卵前期	73.5	77.4	83.0	71.4	40.8	43.7	48.6	40.1
中期	67.2	65.9	84.7	57.3	41.6	42.5	51.1	34.9
後期	66.4	54.3	74.0	53.0	44.7	36.7	49.2	34.9
全期	69.0	65.8	80.6	60.5	42.4	41.0	49.7	36.4

項目	飼料摂取量(1日1羽当たり) (g)				飼料要求率			
	開放	平飼	ウィンドウレス	野外	開放	平飼	ウィンドウレス	野外
産卵前期	89.5	127.9	106.6	101.8	2.20	2.96	2.21	2.57
中期	101.9	112.9	109.8	98.6	2.46	2.67	2.16	2.90
後期	122.6	123.5	122.3	125.0	2.80	3.60	2.50	3.70
全期	104.7	121.4	112.9	108.5	2.50	3.10	2.30	3.10

項目	卵重 (g)				生存率 (%)			
	開放	平飼	ウィンドウレス	野外	開放	平飼	ウィンドウレス	野外
産卵前期	55.4	56.3	57.7	58.1				
中期	62.0	64.6	60.5	61.2				
後期	67.8	67.6	66.0	65.8				
全期	61.7	62.8	61.4	61.0	95.0	75.0	91.7	91.7

*産卵期は前期(22~38週齢)、中期(39~55週齢)、後期(56~72週齢)区分とした。

*飼養形態 開放——開放鶏舎ケージ 平飼——開放鶏舎平飼
ウィンドウレス——ウィンドウレス鶏舎ケージ 野外——平地放し飼い

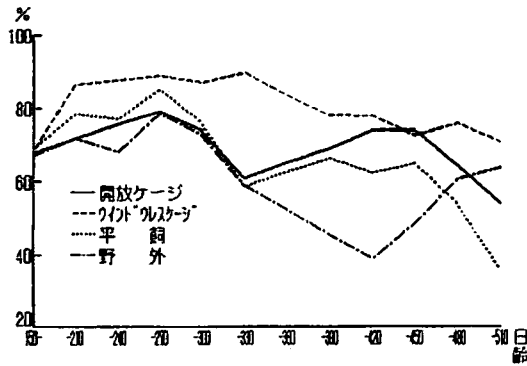


図1 飼養形態別産卵推移

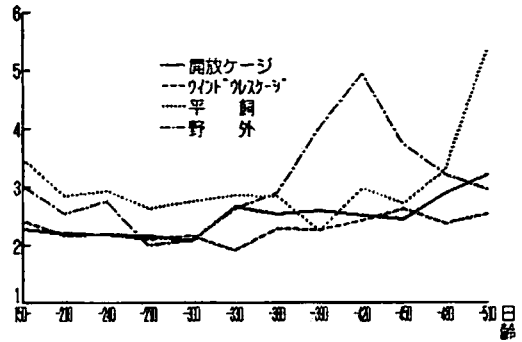


図3 飼養形態別飼料要求率の推移

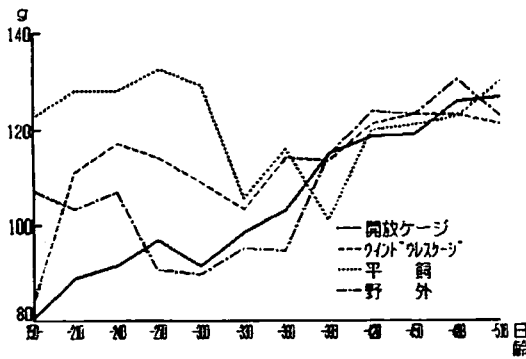


図2 飼養形態別飼料消費量の推移

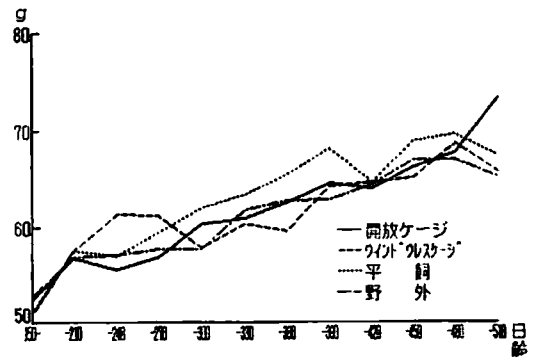


図4 飼養形態別卵重推移

表2 飼養形態別の卵質

項目	卵重 (g)				ハウユニット			
	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	55.4	56.1	57.7	56.1	94.85	92.89	94.54	92.98
中期	62.1	64.6	60.0	61.5	92.03	89.88	87.30	89.94
後期	67.8	67.6	66.4	64.5	85.19	82.64	62.12	83.57
全期	61.8	62.9	60.9	60.8	90.79	88.58	81.78	88.91

項目	卵殻強度 (kg)				卵殻厚 (mm)			
	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	3.33	3.40	3.39	3.44	0.370	0.355	0.357	0.363
中期	2.99	3.24	2.96	3.41	0.357	0.320	0.347	0.359
後期	2.98	3.31	2.36	3.61	0.365	0.370	0.269	0.380
全期	3.09	3.31	2.91	3.48	0.364	0.364	0.326	0.367

*卵質検査は各期4～5回、全13回行い、数値は平均値を表す。

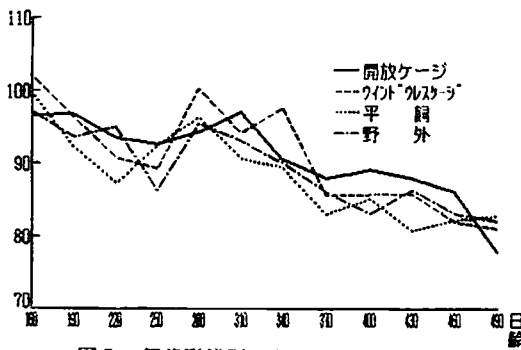


図5 飼養形態別ハウユニットの推移

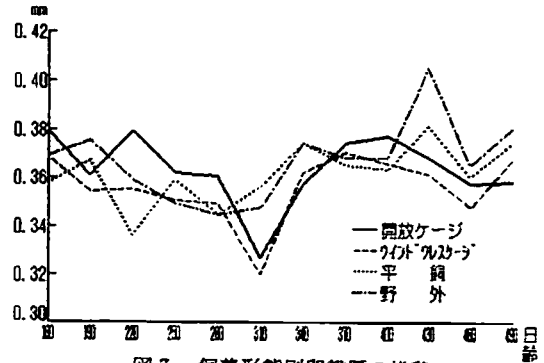


図7 飼養形態別卵殻厚の推移

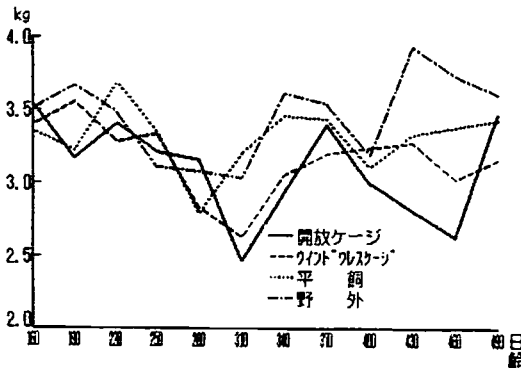


図6 飼養形態別卵殻強度の推移

表3 生卵黄100g中の一般成分及びミネラル含有量

分析項目	水分 (g)				蛋白質 (g)			
	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
飼養形態	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	50.80	52.48	50.15	50.19	16.13	16.22	16.32	16.00
中期	50.08	49.97	49.39	49.91	16.38	16.45	16.55	16.41
後期	47.97	48.29	49.30	48.08	16.64	16.42	16.13	16.76
全期	49.62	50.25	49.61	49.39	16.38	13.36	16.33	16.39

分析項目	脂肪 (g)				灰分 (g)			
	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
飼養形態	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	33.69	32.45	34.78	34.58	3.26	3.27	3.04	3.44
中期	33.61	33.92	34.26	34.47	3.28	3.74	3.20	2.85
後期	35.18	35.82	34.86	36.17	2.96	2.88	4.56	3.69
全期	34.16	34.06	34.63	35.16	3.20	3.30	3.60	3.33

分析項目	Ca (mg)				Na (mg)			
	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
飼養形態	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	141.7	134.2	142.3	147.9	50.5	46.5	55.0	53.8
中期	120.7	120.4	135.5	124.2	49.3	52.9	53.1	53.1
後期	122.7	112.4	97.0	109.6	53.9	53.2	42.2	46.3
全期	128.4	122.3	124.9	127.2	51.2	50.8	50.1	51.1

分析項目	K (mg)				Mg (mg)			
	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
飼養形態	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	101.1	99.6	113.1	106.6	15.9	12.7	14.7	13.6
中期	99.2	98.6	106.8	94.4	13.2	13.2	15.8	14.3
後期	104.9	104.7	75.3	84.7	14.6	13.5	12.5	11.8
全期	104.7	101.0	98.4	95.2	14.6	13.1	14.3	13.3

分析項目	Fe (mg)				Mn (mg)			
	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
飼養形態	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	5.90	4.93	5.67	5.36	1.63	0.74	1.50	1.33
中期	4.73	5.32	5.41	5.56	0.61	0.88	1.30	1.33
後期	4.66	4.4	4.12	6.31	0.83	1.11	0.78	1.22
全期	5.09	4.90	5.07	5.75	1.02	0.91	1.19	1.29

分析項目	Zn (mg)			
	開放	平飼	ウインドレス	野外
飼養形態	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	4.23	3.82	4.79	4.97
中期	4.07	4.61	4.21	4.42
後期	4.20	4.11	3.71	4.01
全期	4.14	4.18	4.24	4.40

表4 生卵白100g中の一般成分及びミネラル含有量

分析項目	水分 (g)				蛋白質 (g)			
	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
飼養形態	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	89.88	88.90	90.57	90.55	10.68	10.93	9.95	10.72
中期	89.53	89.29	89.37	89.57	10.22	10.27	10.37	10.36
全期	89.71	89.10	89.97	90.06	10.45	10.60	10.16	10.54

分析項目	灰分 (g)				Ca (mg)			
	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
飼養形態	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	0.85	0.88	0.82	0.86	10.7	11.0	10.3	10.9
中期	0.87	0.82	0.94	0.86	10.5	9.6	13.1	8.8
全期	0.86	0.85	0.88	0.86	10.6	10.3	11.7	9.9

分析項目	Na (mg)				K (mg)			
	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
飼養形態	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	185.2	180.2	173.5	178.3	127.7	130.2	136.0	132.4
中期	174.5	175.8	168.9	168.1	134.3	134.1	134.8	133.8
全期	179.8	178.0	171.2	173.2	131.0	132.2	135.4	133.1

分析項目	Mg (mg)				Fe (mg)			
	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
飼養形態	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	13.2	12.9	12.5	13.1	0.309	0.530	0.206	0.197
中期	12.5	12.9	12.7	11.8	0.177	0.142	0.176	0.182
全期	12.9	12.9	12.6	12.5	0.243	0.336	0.191	0.190

分析項目	Mn (mg)				Zn (mg)			
	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
飼養形態	開放	平飼	ウインドレス	野外	開放	平飼	ウインドレス	野外
産卵前期	Tr	Tr	Tr	Tr	0.09	0.14	0.07	0.15
中期	Tr	Tr	Tr	Tr	0.11	0.08	0.11	0.16
全期	Tr	Tr	Tr	Tr	0.10	0.11	0.09	0.15

4 文献

- 1) 山上善久・飯野雅夫・田家清一・小宮山織朗；家禽会誌，12巻-春季大会号，37（1975）
- 2) 山上善久・飯野雅夫・田家清一・藍沢 敬・徳重英明・北見金治・小宮山織朗；家禽会誌，12巻-秋季大会号，45（1975）
- 3) Vogt, H；Sonderheft, 40, 75-87（1983）
- 4) 藍沢 敬・徳重英明・矢田部憲一・北見金治・毛利重徳；新潟鶏研報，9, 13-28（1977）
- 5) 日本食品工業学会食品分析法編集委員会編；食品分析法，光琳，3-364（1982）
- 6) Keeling, L. J., B. O. Hughes, P. Dun；Farm Buildig Progress, 94, 21-28（1985）

(3) 飼料添加ビタミンA, D, Eの鶏卵への移行に関する検討

折原健太郎 (畜産試験場)

稗田 敏治 (畜産試験場)

大島 惟子 (畜産試験場)

岸井 誠男 (畜産試験場)

ビタミンA, D, Eの飼料から鶏卵への移行の難易及び可能量を検討するため、市販鶏用飼料の給与区を対照区とし、これに市販複合ビタミン剤(A, D, E含有)を0.1, 0.5, 1.0及び2.0%添加し、卵黄中のビタミンA, D, E濃度の変化を12週間観察した。

その結果、試験開始後12週目の対照区とビタミン剤2.0%添加区の卵黄100g中の各ビタミン濃度は、ビタミンAが対照区の1630IUに対し2.0%添加区では5300IU、ビタミンDが対照区の150IUに対し2.0%添加区では2450IU、ビタミンEが対照区の3.0mgに対し2.0%添加区では2.1mgであった。また、卵黄中のビタミンA濃度は、飼料へのビタミン剤添加量に正比例して増加し、試験開始後8日目にはプラトーとなった。

1 はじめに

近年、食品に対する高付加価値化が求められている。特に、鶏卵に対してはその傾向が強く、このような消費者のニーズに応えた高付加価値卵を生産することは卵価の変動に左右されにくい安定した養鶏経営につながる。

鶏において、飼料中の成分の違いにより卵中の成分が変動することはよく知られており、機能性物質を飼料や飲水中から卵中へ移行させることは容易であり、現在そのようにして生産された高付加価値卵が数多く出回り、好評を得ている。しかし、成分によりその移行の難易は異なり、ビタミンについてもいくつかの報告¹⁻³⁾があるが、一致した意見を見ない^{1,3)}。

そこで、本試験ではビタミンA, D及びEの移行の難易と可能量を検討した。

2 方法

国産交雑種(WL×RIR)を用い、市販複合ビタミン剤(A, D及びE混合剤、成分は表1に示した)を表2に示したように、無添加区を対照として0.1%、0.5%、1.0%及び2.0%添加した飼料を給与して5区で試験を実施した。試験期間中は、不断給餌及び不断給水とし、自由摂取させた。

また、生産卵を試験開始前、試験開始後2, 4, 8及び12週目に採取し、放卵後24時間以内に卵黄を凍結乾燥し、分析まで-20℃で保存した。ビタミンの分析は、高速液体クロマトグラフィー法⁴⁾で行ったが、特にビタミンDについては、日本食品分析センターに依頼した。

3 結果

3.1 卵中への移行成分の確認

複合ビタミン剤(以下ビタミン剤とする)の無添加区(対照区)及び2.0%添加区(5区)の試験開始後12週目の卵黄中のビタミンA(以下VAとする)、ビタミンD(以下VDとする)及びビタミンE(以下VEとする)の濃度は表3に示した通りである。

すなわち、VAは、1区が卵黄生100g当り1630IUであったのに対し、5区では5300IUと1区の約3.3倍のVAを含有していた。また、VDについても1区が卵黄生100g当り150IUであったのに対し、5区では2450IUと1区の約16倍のVDを含有しており、VAと共に、飼料中の濃度が高い方が卵黄中の濃度も高かった。

しかし、逆にVEは、1区が卵黄生100g当り3.0mgであったのに対し、5区では2.1mgと1区の約0.7倍のVEしか含有しておらず、VA及びVDとは逆の結果となった。ただし、添加したビタミン剤の成分である α -トコフェロールについては、1区が1.9mgであったのに対し、5区では1.8mgとほとんど変わらなかった。

3.2 ビタミンAの移行

卵黄中VA濃度の飼料中濃度による差及び経時的変化は表4に示した通りであった。

すなわち、試験開始後12週目の卵黄中VA濃度は、1区(0%添加)は1630IU、2区(0.1%添加)は1870IU、3区(0.5%添加)は2440IU、4区(1.0%添加)は3760IU、5区(2.0%添加)は5300IUと、飼料へのビタミン剤添加量に正比例して増加していた(図1)。また、2, 4及び8週目については、2及び3区では多少の逆転も認められたが、ほぼ同様の傾向が見られた。

また、5区について、試験開始前から試験開始後12週目までの経時的变化を見ると、開始前は1410IUであったものが、2週目には4460IUとプラトーの約85%の濃度となり、4週目には3840IUとやや低下し、8週目には5450IUとプラトーに達し、12週目には5300IU安定していた(図2)。しかし、他の試験区では、同様の傾向は得られず、12週目までVA濃度は増加していた。

3.3 ビタミン剤の過剰投与が産卵成績に及ぼす影響

試験期間中の産卵成績は、表5に示した通りであった。すなわち、産卵率、飼料要求率、日産卵量及び生存率には顕著な差は認められなかった。

表1 複合ビタミン剤の組成(製品1kg当たり)

ビタミン名	含有量
ビタミンA	400万IU
ビタミンD ₃	80万IU
酢酸d- α -トコフェロール (ビタミンEアセテート)	1g

表2 試験区分

区分	添加量 ¹⁾	供試羽数
1	0% (対照)	20羽
2	0.1%	〃
3	0.5%	〃
4	1.0%	〃
5	2.0%	〃

1) 複合ビタミン剤の飼料への添加量

表3 卵黄100g当たりのビタミンA, D及びE濃度

ビタミン名(単位)	対照区	2.0%添加区	成分表 ¹⁾
ビタミンA (IU)	1630	5300	1800
ビタミンD (IU)	150	2450	30
ビタミンE (IU)	3.0	2.1	5.1
α -トコフェール (mg)	1.9	1.8	3.1
β -トコフェール (mg)	ND ²⁾	ND	0.1
γ -トコフェール (mg)	1.1	0.4	1.8
δ -トコフェール (mg)	ND	ND	0.1

1) 四訂日本食品標準成分表(1983)による数値

2) 検出されなかった

表4 卵黄中ビタミンAの飼料添加量による差並びに経時的推移

区分	添加量 ¹⁾	開始前	2週	4週	8週	12週
1	0% (対照)	1680	1320	1310	1360	1630
2	0.1%	1310	1610	1350	1260	1870
3	0.5%	1420	1350	1740	2100	2440
4	1.0%	1350	2190	2440	2590	3760
5	2.0%	1410	4460	3840	5450	5300

1) 複合ビタミン剤の飼料への添加量

2) 単位はIU/100g

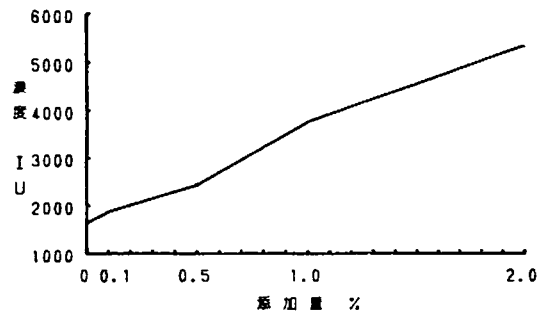


図1 ビタミン剤添加量による卵黄中ビタミンA濃度の違い

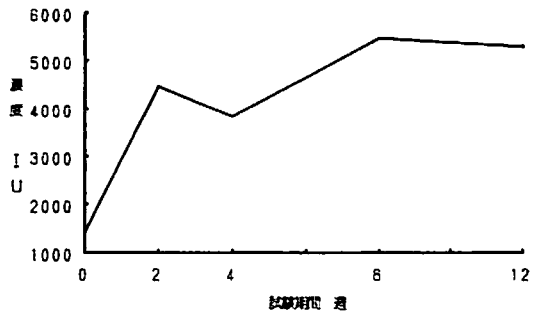


図2 卵黄中ビタミンA濃度の経時的变化

表5 試験期間中の産卵成績

区分	1区	2区	3区	4区	5区
産卵率 %	76.6	73.6	79.0	78.9	77.5
飼料要求率	2.26	2.37	2.28	2.27	2.47
日産卵量 g	52.4	48.7	51.9	53.8	51.1
生存率 %	100	100	95.0	94.7	100

4 考察

今回の試験により、VA及びVDは飼料から卵中へ容易に移行し、VEは移行しなかったという結果が得られた。

VAとVEの移行または吸収の相互作用はいくつかの報告があり、紺野¹⁾の報告では、高VA、VE飼料を給餌した場合VAの移行(吸収)は阻害されたとしており、SKLANらの報告はその反対で、意見の一致をみない。その原因には、投与したVAとVEのバランスや濃度の違いが考えられる。紺野らの飼料中のVAは飼料1kg中4万IU、VEは50mgであったのに対し、SKLANらはVAは120万IU、VEは100mgとVAの割合がかなり多くなっている。本試験のビタミン剤2.0%添加区の飼料1kg中のVA及びVE濃度はそれぞれ8万IU及び20mgであり、SKLANらの結果と同様にVEの移行が認められなかった。このことより、VAとVE比率により移行の割合が異なると考えられる。更に、本試験ではVDも4万IU含まれており、対照区の約16倍も移行していたことから、このこともVEの移行が認められなかったことの原因の一つとも考えられる。

VEについては、鶏種によって卵黄中の濃度及び移行量が違うという報告²⁾があるので、そのことを加味しVA、VD及びVEが同時に移行するような割合の検討が

必要である。

また、VDに関しては、本試験ではD₃の形で投与したが、鶏はD₃しか利用できないのでD₂等の鶏に利用できない形で投与する方が有効な移行方法かも知れない。

試験期間中、ビタミン剤2.0%添加区では、通常の約20倍ものビタミンを給与したことになるが、12週間の試験期間中は産卵成績を含め、特に対照区との違いは認められず、ビタミン過剰により影響はないものと考えられる。

以上のことより、今回試験に用いた市販複合ビタミン剤を飼料に2.0%添加することで容易にビタミンA及びD強化卵を生産することができることがわかった。

5 文献

- 1) 紺野 耕, 浅田忠利, 勝木辰男; 日畜会報, 56, 414-416 (1984)
- 2) 松岡尚二, 新小田修一, 古市信夫, 井上政典, 久木元忠延, 佐々木幸良; 鹿児島鶏試験報, 29, 21-29 (1991)
- 3) SKLAN, D. and S. DONOGHEUE; J. Nutr, 112, 759-765 (1982)
- 4) 衛生試験法・注解1990(日本薬学会編), 金原出版株式会社, 344-356 (1990)