

# 異常高温が生き残り昆虫個体及び其の子孫の生理・生態 的性質に及ぼす影響に関する実験的研究

清 久 正 夫

Experimental Studies on the Influence of an Abnormally High Temperature  
upon Some Biological Characters in Insects Survived  
the Heat-treatment and Those in Their Offsprings.

Masao KIYOKU

The writer has dealt with the influence of an abnormally high temperature upon biological characters in insects survived the heat-treatment and those in offsprings descended from the survivors. The biological characters described above are number of deposited egg per a female, sex ratio, duration in the growing period from egg stage to emergence, survival rate during the growing period, longevity in adults, body weight of adults and heat-tolerance. Insects used as experimental materials are Azuki-bean weevils, *Callosobruchus chinensis*, and they has been reared in the incubator of 30°C. constant from a single pair of parents. They, when 16 hours pass from their emergences, are treated with a high temperature (48°C.). Surviving weevils are held 2 additional days, untill all mortality resulting from heat-treatment has occurred, are then allowed to mate. Parent survived the heat-treatment and untreated one are reared from parent-generation to their F<sub>2</sub>-generation, and examined. The experimental results obtained are as follows.

1. Number of deposited egg per a female weevil survived a high temperature treatment is less than the control. However, that in F<sub>1</sub>-generation descended from the survivors greatly exceed the control. Sex-ratio in F<sub>1</sub>-generation is greatly less than 0.5. Duration in the growing period from egg stage to emergence is inclined to increase in F<sub>1</sub>-generation as well as in its F<sub>2</sub>-generation, but the increasing rate is not great.

2. Survival rate during the growing period in F<sub>1</sub>-generation descended from treated parents is high to a small extent, whereas that in F<sub>2</sub>-generation is low. Longevity of adults survived heat-treatment is longer than the control, whereas that in F<sub>1</sub>-generation descended from the parents is shorter.

3. Heat-tolerance in adults survived heat-treatment is higher than the control. That of male weevils in its F<sub>1</sub>-generation is still higher, whereas that of female weevils is lower than the control. There is no significant difference in body weight of weevils.

4. The heat-treatment against parent-generation has frequently influence upon the characters of survival parent and its F<sub>1</sub>-generation, but does not influence upon those of F<sub>2</sub>-generation with exception of one or two cases.

## 緒 言

人為的所置が害虫の勢力をかえつて増大させるという概念は決して新しいものではない。然し特に最近約10年この方各地で殺虫剤の濫用がしばしば抵抗性害虫を発現させ、或はその発生量を増大させるに及んでこの概念が新たに認識された観がある。これに対する対策を考えるに当つて原因を明らかにせねばならないがこれを論ずる為の資料はまことに少ない。現在の害虫をたお

すことは重大な問題であつて研究も少なくないが、それと同程度、時にはそれ以上に残つたものの質に関する研究が重要である。何となればある人為的処置が害虫の量は勿論質をもかえてしまうからである。

高温の問題にしてもそれによる昆虫の致死に関する研究は従来内外共に少なくないが、高温に触れても死ななかつたものの其の後の運命特に代のかわつた場合の質の変化に関して調べた研究は多くはない。筆者は近年高温、低温等の異常な温度や殺虫剤から生き残つた個体の主に繁殖能力（一雌当りの産卵数、性比、発育期間中の発育率）の状態及びそれらの子孫個体の繁殖能力の変動について研究を行つた。その結果その変動に一定の傾向を認めたがこの種類の実験には系統のよくわかる雄雌一対飼育によつた実験成績が望ましいこと、昆虫の重要な性質としては上記の繁殖能力と同様に生活力や外界に対する抵抗力も同時に併せ論ずる必要があるから、今回は一対飼育によつて上記繁殖能力の諸性質の他に発育期間、成虫の寿命、その体重及び高温に対する成虫の抵抗力の7性質を調査の対象として研究を進めた。

### I. 材料及び方法

この実験に用いた材料は 30°C. 定温器内で飼育をつづけた一定系統に属するアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* であつて、これらは高温処理区も対照区も共に雄雌一対の飼育をしたものである。実験した種類及び其の方法は下記のとおりであつた。

a. 高温処理の実験。成虫処理の場合は羽化16時間以内の成虫雄雌 100 頭を恒温水槽内に設置した所定のガラス器内に投入しその容器の温度 48°C. に 1 時間曝露せしめた。高温処理後48時間して生き残つた個体から任意に雄雌15対を選び交配し産卵させ次代 (F<sub>1</sub>) の材料とした。次にこれらの F<sub>1</sub> 世代の個体から任意に雄雌15対を選んで其の次の代 (F<sub>2</sub>) の材料とした。

幼虫処理の場合には親世代 (P) の幼虫 (産卵後 30°C. 定温器内で10日を経過したもの) を小豆のまま上記の高温装置の中へ3時間投入し、取り出してから小豆をもとの 30°C. 定温器内に移し内部に侵入した幼虫が羽化するまで飼育を続けた。羽化した成虫から任意に雄雌15対を選び交配産卵させこれを次代 (F<sub>1</sub>) に、又それら F<sub>1</sub> 世代の成虫の内から任意に雄雌15対を選び交配産卵させて (F<sub>2</sub>) 代の材料とした。要するに高温処理をしたのは成虫の場合も幼虫の場合も親世代のみであつて F<sub>1</sub> 代以下の個体には何らの実験的処置をしていない。

高温処理後成虫の調査事項は生残率、生残成虫の寿命、その一雌当り総産卵数、高温処理した幼虫の調査事項は処理後の羽化率、羽化成虫の一雌当り総産卵数、同成虫の寿命、性比、成虫体重及び成虫の熱抵抗指標 (M. L. T) であり、F<sub>1</sub> 世代以下各世代の調査事項は一雌当り総産卵数、卵期より羽化までの発育率及びその期間、性比、成虫寿命、成虫体重、成虫の熱抵抗指標 (M. L. T) であつた。

b. 成虫寿命。成虫を高温処理した後の生残虫の寿命は、高温処理後毎日一回死亡率を調べ累積死亡率を取る。これら累積死亡率から対照区の累積死亡率を参照し ABBOTT の式によつて修正死亡率を求め、修正累積死亡率・日数曲線の Probit 解析によつて中央致死日を推定する。幼虫を高温処理した場合及び F<sub>1</sub> 以下の成虫寿命は羽化直後の成虫を雄雌別に毎日一回死亡率を調査し、累積死亡率・日数曲線を求めこれの Probit 解析によつて中央致死日を推定し、これらを成虫の寿命とした。

c. 一雌当り総産卵数。各世代ともそれぞれ15対のものが産卵を開始してから最後の産卵までの全卵数を計算しこれらの平均値を求めた。

d. 性比。雌/(雄+雌)の比であつて、各世代毎に15対の組の平均値を示した。

e. 成虫の体重. 羽化直後の成虫体重を一頭づつトーションバランスで測定し雌雄各10頭の平均値を示した.

f. 熱抵抗の指標. それぞれ羽化直後の成虫を 48°C. に60分, 45分及び30分曝露し, 各死亡率の累積値を求め, 累積死亡率・時間(分)曲線の Probit 解析によつて中央致死時間 (M. L. T.) を算出した. 但し本文(2)のb項幼虫処理の場合は 48°C. 60分曝露の死亡率の逆数を熱抵抗の指標とした.

g. 発育期間. 累積産卵率・日数曲線の Probit 解析から中央産卵日を求め, 累積羽化率・日数曲線から中央羽化日を求め, 前者と後者の間の日数を発育期間の代表値とした.

h. 発育率. 一世代間における所定卵数に対する羽化成虫数の百分比であつてそれぞれ15組の平均値である. 但し高温処理した親世代では発育途中に高温 48°C. で殺されるものがあるので普通の発育率とは大分趣がことなる. 従つて成虫処理の場合には生残率, 幼虫処理の場合には羽化率という別の言葉を用いた.

これら調査実験区に対する対照区は 30°C. 定温器内で一對連続飼育した系統であるが, 調査区は勿論対照区の諸性質が何代も飼育をつづけるとかなり変動する場合がある. これには色々の原因が考えられるがこの報文には親世代から連続3世代 (P→F<sub>1</sub>→F<sub>2</sub>) までの成績を記載することにした. 尚処理区と対照区との比較を容易ならしめる為に同世代内の成績を重視して同世代内の対照区に対する処理区の比をもつて示した. 但し性比のみは対照区を 0.5 とした時の値である.

## II. 実 験 成 績

第1表 成虫を高温処理しその生き残り成虫の諸性質

性	実験区	生 残 率 (%)	寿 命 (日)	1 雌 当 り 産 卵 数
雄	T	83.4	8.81	
	TU	100.0	8.04	
	比	0.834	1,095	
雌	T	87.5	9.20	47.85
	UT	100.0	8.65	79.16
	比	0.875	1.063	0.605

T 処理区 UT 無処理区

第2表 幼虫を高温処理し発育羽化した成虫の諸性質

性	実験区	羽 化 率 (%)	成虫寿命 (日)	性 比	体 重 (mg)	熱 抵 抗 (M. L. T.)	1 雌 当 り 産 卵 数	
雄	T		7.17		4.00	101.5		
	UT		6.91		4.14	82.4		
	比	T	71.92	1.037	0.472	0.966	1.230	
雌	T	UT	89.24		0.503			
		比	0.805	10.48	0.469	5.28	105.1	63.10
	UT		10.15		5.20	97.2	73.00	
	比		1.032		1.015	1.082	0.864	

性比の比率は UT を 0.5 とした場合の比率である

(1) 高温処理した親世代の調査

親世代の成虫を処理した際の成績は第1表, 親世代の幼虫を処理した際の成績は第2表である. 第1表によると成虫を高温で処理した後, 生き残り成虫の寿命は対照に比して雄が9%, 雌が6%長い. 然しそれらの産卵数は約40%少ない. 次に第2表によれば幼虫処理の場合, その後羽化脱出した成虫の寿命もやはり少し長い傾向を示し, その産卵数は14%少ない.

尚これら羽化脱出成虫の性比は雌の割合がかなり少なく(0.469), 熱抵抗はかなり強い. これに対し体重は対照と大差がない様子である. 要するに, 高温で処理し生き残った個体の其の後の運命は寿命は長くなる傾向を示し, 産卵数は決して多くなく寧ろ逆にかなり少ない. 幼虫処理の場合のみであるが高温処理され羽化脱出した成虫の性比は雌の割合が少なく, 高温に対する抵抗力は対照よりかなり強そうである.

(2) 高温処理して生き残り個体より得た子孫世代の調査

成虫及び幼虫時代に高温処理し, その生き残り個体より生ずる子孫 F<sub>1</sub> 世代及び F<sub>2</sub> 世代の個体の一雌当り産卵数, 発育期間, その期間内の発育率, 性比, 成虫寿命, 成虫の体重, 熱抵抗の指標を調べた.

a. 親世代の成虫を処理した子孫の場合. これに関する実験結果は第3表である.

第3表 成虫の高温処理後生き残り虫の子孫 F<sub>1</sub> 及び F<sub>2</sub> 世代の各種性質

性	世代	実験区	1雌当り産卵数	発育期間(日)	発育率(%)		性比	成虫寿命(日)	体重(mg)	熱抵抗の指標(M. L. T)	
雄	F <sub>1</sub>	T		21.72				7.10	3.64	80.0	
		UT		22.56				7.22	3.92	72.5	
		比		0.962				0.983	0.928	1.105	
	F <sub>2</sub>	T		22.82	F <sub>1</sub>	T	78.87	0.446	7.05	4.00	80.0
		UT		21.80		UT	87.10	0.481	7.47	3.78	83.8
		比		1.046		比	0.905	0.463	0.943	1.058	0.954
雌	F <sub>1</sub>	T	84.14	22.23	F <sub>2</sub>	T	82.72	0.519	7.83	4.76	65.1
		UT	69.00	23.15		UT	76.11	0.494	9.05	5.19	74.2
		比	1.204	0.960		比	1.086	0.525	0.865	0.917	0.877
	F <sub>2</sub>	T	72.16	23.48					9.50	5.14	81.6
		UT	74.71	22.26					9.97	5.36	85.5
		比	0.965	1.056					0.952	0.958	0.953

第3表によれば一雌の産卵数は F<sub>1</sub> 代で20%増加, F<sub>2</sub> 代では3.5%減少. 発育期間は雄は F<sub>1</sub> 代で3.8%減少, F<sub>2</sub> 代で4.6%の増加. 雌は F<sub>1</sub> 代で4%の減少, F<sub>2</sub> 代で5.6%増加する. 然しこれらは余り大きい差異ではない. 発育率は F<sub>1</sub> 代で約10%の減少, F<sub>2</sub> 代で8.6%増加. 性比は F<sub>1</sub> 代で雌の割合が少なくて0.463, F<sub>2</sub> 代では逆にやや多くなって0.525である. 成虫寿命は雄も雌も F<sub>1</sub> 代及び F<sub>2</sub> 代において短かい傾向を示すが余り大きい差異ではなさそうである. 成虫の体重は特に F<sub>1</sub> 代で雄も雌も軽い. 即ち前者は7.2%, 後者は8.3%の減少である. 熱抵抗力は F<sub>1</sub> 代で雄が強いが雌は弱い.

要するに、この実験からかなり明確な変動と考えられる点を指摘すると、特に  $F_1$  世代において明らかであつて、産卵数が多くなること、発育率が低いこと、性比は雌の割合が少ないこと、体重が雌雄共幾分軽いこと、熱抵抗が雄ではなお強く雌では弱くなつている点であると考える。

b. 親世代の幼虫を処理した子孫の場合。これに関する結果は第4表に示される。

第4表 幼虫の高温処理後発育羽化したものの子孫  $F_1$  及び  $F_2$  世代の各種性質

性	世代	実験区	1雌当り産卵数	発育期間(日)	発育率(%)		性比	成虫寿命(日)	体重(mg)	熱抵抗の指標 <sup>⊗</sup>		
雄	$F_1$	T		21.98				6.63	4.31	69.44		
		UT		20.61				6.83	3.85	48.07		
		比		1.066				0.970	1.119	1.444		
	$F_2$	T		21.42	$F_1$	T	88.90	0.449	8.15	4.57	44.44	
		UT		21.13		UT	88.55		0.474	9.25	3.83	51.81
		比		1.013		比	1.003		0.473	0.881	1.193	0.857
雌	$F_1$	T	77.00	22.42	$F_2$	T	73.54	0.506	10.05	5.22	37.03	
		UT	64.00	21.33		UT	71.82		0.505	9.09	4.94	43.29
		比	1.203	1.051		比	1.023		1.001	1.105	1.055	0.855
	$F_2$	T	75.66	22.03					12.78	5.26	62.89	
		UT	73.66	21.34					11.55	5.15	59.88	
		比	1.027	1.032					1.106	1.021	1.051	

⊗ 48°C. 1時間曝露の平均死亡率の逆数の1000倍。

第4表によれば一雌当り産卵数は  $F_1$  代で20%,  $F_2$  代でも僅か3%増加する。発育期間は  $F_1$  代において雄6.6%, 雌5.1%増加,  $F_2$  代において前者は1.3%, 後者は3.2%何れも増加の傾向を示す。発育率は  $F_1$  代で大差なく,  $F_2$  代でも僅か2.3%の増加である。これらの変動は何れも大きいものではなさそうである。性比は  $F_1$  代で雌の割合が少なく,  $F_2$  代では雌雄殆ど同数となる。成虫寿命は  $F_1$  代において雄3%減少, 雌10.6%増加。体重は  $F_1$  代において雄12%, 雌5.5%の増加,  $F_2$  代において雄19.3%, 雌2.1%の増加が見られる。最後に熱抵抗\*は  $F_1$  代において雄が強く雌は逆に弱いが  $F_2$  代では雄が弱く, 雌が強そうだがその差異は  $F_1$  代に比較してかなり小さい。要するに、この結果から明確な差異を指摘すればやはり  $F_1$  代における差が大きくて、 $F_1$  代の一雌当り産卵数が多いこと、性比は雌の割合が少ないこと、成虫寿命は雄  $F_1$  は余り差がないが  $F_2$  代でかえつて短くなり、雌では  $F_1$  及び  $F_2$  代とも長いこと、成虫体重は雌では  $F_1$  及び  $F_2$  代ともやや重い程度であるが、雄では  $F_1$  及び  $F_2$  代の体重がかなり増大すること、熱抵抗は特に  $F_1$  代の雄がめだつて強いことであると考える。

\* この際時間死亡率曲線が得られなかつたので、48°C に60分曝露して後48時間後の死亡率平均値の逆数を1000倍したものを抵抗の指標とした。

## III. 考察及び一般的結論

筆者は既に前報から異常温度や殺虫剤にて処理された個体の生き残りから生ずる次代の産卵数が増加し、発育期間における発育率が幾分高く、性比は雌の割合が少なく、成虫の体重がやや重いなどの点を指摘したが、これまでの実験では供試昆虫の飼育器内の産卵数が比較的多くなりがちの場合がある為に、そんな実験区では昆虫の生棲密度が上記の諸性質に影響を及ぼしそれ由来する変動があらわれるかも知れないと考えたから、そんな懸念が少ない飼育の方法によって上記の諸事実を確認する為と更にそれらの性質の他にも発育期間、成虫の寿命、成虫の熱抵抗等のような生活力及び抵抗力の指標となる性質をも調べる実験を企てた次第であつた。

今回の実験は高温処理を用いる実験のみであつたが処理された後生きのこり個体から生ずる次代 (F<sub>1</sub>) の産卵数が多くなること、その代の性比は雌の割合の少ないという前報で知つた事実は今回の実験によつてまちがいない事実と考えられたが、F<sub>1</sub> 代の発育率が高いことやその代の成虫体重が重いことは今回の幼虫処理実験からは肯定出来ないこともないが、成虫処理実験では寧ろ逆の場合もうかがわれるのでこれらはあまり明確な現象だとは言えない様に思われた。

今回の実験の特に F<sub>1</sub> 以下の代において成虫処理の場合と幼虫処理の場合におもむきを異にする性質が散見される。前者も後者も処理した高温そのものは同じ現象であつても、其の後における害虫の経過の状態が異なるから両者間に差異が見られるかも知れない。両者を同時に論ずることは或は無理かも知れないが一般的結論を得るために総合的に考えて次の処置を行う。

既にのべた様に対照区即ち何らの処置もしない区でも諸性質が世代間に変動するが、それら諸性質には一定の中心点がありその周りを変動すると考え親世代より F<sub>2</sub> 世代までの諸性質一つ一つについて3世代間の平均値をそれぞれ算出し、これらを条件一定のときのこの昆虫の個有の性質を示す代表値とする一方、高温処理区では各世代ごとに諸性質一つ一つに関して成虫処理区と

第5表 対照区の各種性質連続3世代の平均値

性	1雌当り産卵数	発育期間 (日)	発育率 (%)	性比	成虫寿命 (日)	成虫体重 (mg)	熱抵抗の 指標
雄	—	21.52	82.56	0.491	7.62	3.90	39.74
雌	72.26	22.02			9.74	5.16	55.74

熱抵抗の指標は 48°C, 1時間曝露の平均死亡率の逆数の 1000 倍。

第6表 各世代の各種性質成虫処理区と幼虫処理区の平均値

性	世代	1雌当り 産卵数	発育期間 (日)	発育率 (%)	性比	成虫寿命 (日)	成虫体重 (mg)	熱抵抗の 指標
雄	P	—	—			7.99	4.00	55.24
	F <sub>1</sub>	—	21.85			6.86	3.97	53.87
	F <sub>2</sub>	—	22.12	P. 77.66	0.472	7.60	4.28	45.36
雌	P	55.47	—	F <sub>1</sub> 83.88	0.447	9.84	5.28	78.12
	F <sub>1</sub>	80.07	22.32	F <sub>2</sub> 78.13	0.512	8.94	4.99	33.00
	F <sub>2</sub>	73.91	22.75			11.14	5.20	52.45

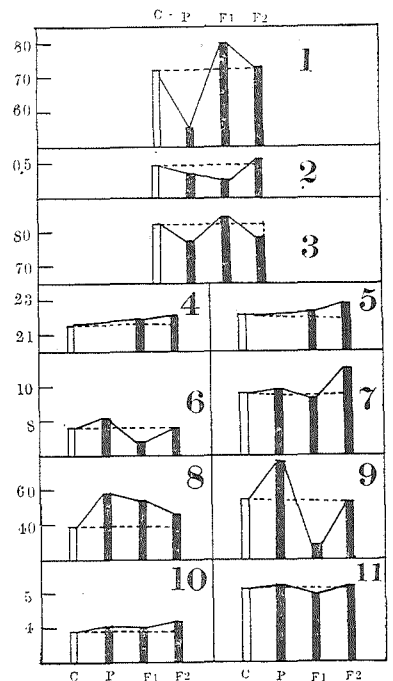
熱抵抗の指標は 46°C, 1時間曝露の平均死亡率の逆数の 1000倍。

幼虫処理区の実験成績の平均値を計算し、それらの値をもつて高温処理区の子孫各世代の諸性質が変動する状態を現わした。前者の平均値は第5表、後者のは第6表に示すとおりである。

第5及び第6表に示した各種平均値を用いて第1図のように所定の解説図を画いて見ると、親世代に高温処理された生き残り昆虫が、その後どの様な性質を持つかの概要を明らかにすることが出来る。

今第1図の示す所に従つて高温処理後生き残り虫及び其の子孫の繁殖能力、生活力及び外界に対する抵抗力に関して一般的結論を総合すると次のとおりとなる。

一雌当りの産卵数は処理後生き残り個体では少ないが子孫世代  $F_1$  では明らかに多い。然しその次の  $F_2$  代では復元する。性比は処理後生き残り個体は勿論  $F_1$  代において雌の割合が少なくなる。発育率は処理世代では勿論低いがその子孫  $F_1$  代では一般にやや高い傾向が見られ、その次の代  $F_2$  代では再び低くなる。卵期より羽化までの発育期間は世代の進むに従つて長い傾向を示すがその程度は大きくない。成虫の寿命は処理された世代の生き残りは幾分長いが、 $F_1$  代では逆に短縮し  $F_2$  代では大体個有の価に復帰する。(但し雌では尚長い)。熱抵抗は処理された代の生き残りは強く、 $F_1$  代では雌は尚強いが雌は逆に弱く、 $F_2$  代では大体もとの抵抗力に復帰する。成虫体重は余り大きい変化がない。



第1図 一般的結論解説図

1. 産卵数, 2. 性比, 3. 発育率
  4. 発育期間(雄), 5. 同(雌)
  6. 寿命(雄), 7. 同(雌)
  8. 熱抵抗(雄), 9. 同(雌)
  10. 体重(雄), 11. 同(雌)
- C. 対照区, P. 処理親世代  
 $F_1$ . 処理区の子孫第1代目  
 $F_2$ . 処理区の子孫第2代目

#### IV. 摘 要

本研究は処理区も対照区も共にアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* の雄雌一対定温飼育によつて親世代を高温処理した後の生き残り個体及び其の子孫の繁殖能力、生活力及び抵抗力がどの様に変化するかを調べたものである。

1. 繁殖能力として一雌当り産卵数は処理された生きのこり個体では少ないが、その子の世代 ( $F_1$ ) では逆に増加する。処理後生きのこり個体より生じた  $F_1$  世代の性比は雌の割合がかなり少ない。これら子孫 ( $F_1$  及び  $F_2$ ) の発育期間はやや長い傾向を示すがその増加の程度はさほど大きくない。

2. 個体の生活力として発育期間中の発育率及び成虫の寿命を調べた結果、処理された個体の子の代 ( $F_1$ ) では前者は普通か幾分高いがその次の代 ( $F_2$ ) では低下する。後者は処理されて後生き残った個体は明らかに長く生きられ、その子の世代 ( $F_1$ ) では寿命が短縮する。

3. 抵抗力として成虫の高温抵抗の指標と成虫体重を調べたが、処理した生き残り個体は明らかに高温に対する抵抗力が強い。然しそれらの子の世代 ( $F_1$ ) では雌は尚強いが雌はそうでなく寧ろ弱い。体重は処理後生きのこり個体がやや重い様に見えるが大きい差ではなく、又その子

孫にも大きい差異は見られない。

4. 親世代の高温処理にもとづく昆虫の諸性質の変動は処理した世代とその子世代に明らかに現われるがその次の代即ち  $F_2$  世代には一部例外はあるが余り明らかに現われない。

#### 引用文献

- 1) AFIFI, SAAD E. D. & KNUTSON, H. (1956): Jour. Econ. Ent., 49: 310.
- 2) KNUTSON, H. (1958): Misc. Publ. Ent. Soc. Amer., 1: 27.
- 3) 清久正夫・玉木元 (1959): 岡山大学農学部学術報告, 14: 1.
- 4) 清久正夫・柚木恒裕 (1960): 同 15: 11.
- 5) OOSTHUIZEN, M. J. (1936): Tech. Bull. Minn. Agric. Exp. Sta., 107: 45.
- 6) PARK, T. (1935): Science, 82: 281.