

昆虫の繁殖能力・殺虫剤抵抗力の季節的消長に 関する実験的研究*

清久正夫・佃 律子

Laboratory Studies on the Seasonal Trend in Biotic Potential of Insect and Its Survival Potential to Insecticide.

Masao KIYOKU and Ritsuko TSUKUDA.

The writers have analysed the seasonal trend in biotic potential and the seasonal tolerance to malathion, using an experimental insect population of *Callosobruchus chinensis* which has been reared during past three years.

(1) Biotic potentials of adults in the 1st and 6th generations are lower than the normal ones, whereas they become higher in the 2nd and 4th (or 5th) generations. Such a variation of biotic potential in a year may be due to the environmental factors varying as the season advances: The relation between the biotic potential (Bp) and the environmental resistance (W) has been proved to be represented by the regression equation, $Bp = 21.555 - 14.495 W$.

(2) According to the Index LC-50, seasonal tolerance of insects to malathion seems to become progressively more as the season advances. On the other hand, the slope of regression lines obtained from the dosage-mortality curves is relatively flat in the beginning and tends to steepen toward the end of season. In other words, the standard deviation in susceptibility to malathion progressively decreases as the season progresses.

(3) The seasonal trend in the malathion-tolerance may be defined as the change in heterogeneity of insect toward toxicants: That is to say, a heterogenous population, shown considerably great variation in regard to the malathion susceptibility, changes to a homogenous one indicating small variation of more tolerant individuals as the season proceeds.

(4) The cause of such a seasonal trend in the malathion-tolerance may be attributed to the phenomenon that the tolerance of a population itself becomes stronger owing to increase in the so-called "vigor-tolerance" of weaker individual insects in the population with seasonal change.

緒 言

昆虫のもつ性質の重要な2つの面, すなわち繁殖能力 Biotic Potential と個体の維持能力 Survival Potential は遺伝的な性質であり昆虫の種類によつて大体定まつた数値を示すものと

* 本報文は昭和37年4月日本応用動物・昆虫学会大会にて講演したデータによつたものである。

考えられているが、これらが環境条件の統制をうけるために発生する世代によつてその数値が往々にしてかなり相違することがある。年内に2回以上発生を繰り返すものでは、発生時期のちがいに、産卵数や個体の殺虫剤に対する抵抗が相違する事実について従来から知られていたが、従来はそんな変化の研究はさほど問題にされなかつた。しかし近年昆虫の発生活長論の基礎要素となる繁殖能力に関する認識が高められ、また一方において各種の殺虫剤による害虫の防除が盛んになるに伴い、殺虫剤の殺虫効果の限界が論議されるようになってから殺虫剤に対する抵抗性の認識が高くなると、これらの性質の基礎的研究が必要になりつつある。

まず繁殖能力の要素である1雌成虫当りの産卵数や性比および卵期より成虫脱出までの期間の死虫率などが、環境の温度や湿度などの物理的条件によつて変化するという実験成績はこれまでに多いが、これらの研究から直接間接に重要な繁殖能力に関する基礎的知見がえられたことは言うまでもない。中にはメイチュウ1化期幼虫の死虫率と7月の高温との相関性に関する説のように直接害虫の発生量の予察に利用されたものもあつた。次に殺虫剤に対する抵抗の研究は多くは抵抗性系統に関する方面であるが、一般的な抵抗を昆虫の栄養的要素の方面から論じた研究もあつて、いろいろ重要な知見がえられている。たとえば RAINWATER, et al. (1951)¹²⁾ や REISER, et al. (1953)¹³⁾ の研究では、アメリカにおける Boll weevil の抵抗が6・7月よりも9・10月に強い事実が確かめられ、その原因は9・10月には虫が綿の“Square”を食するために、虫体の大きさや含有脂肪が増加することに依存するという。また我が国においてもメイチュウ2化期幼虫の抵抗が1化期のそれより強い事実が確かめられ、その原因は2化期幼虫が幼種形成期以後の稲を食することによるという(橋爪・山科 1956~1957)⁴⁻⁶⁾ 更に上記の抵抗の相違は幼虫の食物中の窒素含量の相違によるという(平野・石井 1967)⁷⁾ ような、いずれも昆虫の栄養条件の相違が抵抗の相違に関連する研究が注目される。また近年 BRAZZEL et al. (1960)²⁾ は前記の Boll weevil の休眠、生殖活動および各種殺虫剤に対する抵抗の季節的変化の研究をおこない、1年内において生殖活動すなわち産卵数の山が6月と9月に示されるのに対し、休眠は8月と10月以後に現われる。また殺虫剤抵抗が高まるのは8・9月と10月以後、および翌年の5月という月であつて、含有脂肪の季節的消長は8月と9月および10月以後に多く、それが抵抗の山と大体一致する点を指摘している。

以上は季節的変化の原因が比較的簡単に説明された例であつたが、昆虫の Biotic Potential とか Survival Potential の生物学的意義はかなり複雑であつて、これらが季節によりあるいは発生期によつて変化する事実の中に種々の生物学的問題が含まれていることに注意せねばならぬ。そこで筆者らは、昆虫の発生活過中の環境条件や昆虫の食物条件および住居条件が比較的単純で、かつ遺伝的組合わせも複雑でない既知系統に属するアズキゾウムシの実験室飼育集団を用い、繁殖能力と殺虫剤抵抗が季節の推移に伴い世代から世代へ移動する基本的動態を分析することを企みた。

I. 材料および方法

この実験に用いた昆虫は3カ年以上の間、実験室内にて径9cmのシャーレを用い、その内で雌雄1対ずつの飼育をつづけたアズキゾウムシ, *Callosobruchus chinensis* であつて、対照として比較する標準飼育区の昆虫は30°C定温器内で湿度を70%~77% R. H. に調節して雌雄1対ずつの累代飼育を行なつたアズキゾウムシである。食物として与えた小豆は1シャーレ当たり90粒で、小豆の含有水分は14%~15%である。

繁殖能力 (Bp) を示す数値は、1 雌当りの産卵数 (e) とその親集団の性比 $\left(\frac{f}{m+f}\right)$ 、およびその子の代の卵から羽化までの間の生育率 $(1-p)$ の相乗積 $Bp = e \cdot \frac{f}{m+f} (1-p)$ である。平均室温は毎代卵より羽化するまでの期間中の毎日の最高低温度の平均の平均値である。環境抵抗 (W) は n 代の羽化総数 (N₁) と n+1 代の羽化総数 (N₂) から ZWÖLFER の式によつて算出したもので、 $W = \left(N_1 \cdot e \cdot \frac{f}{m+f} - N_2\right) / N_1 \cdot e \cdot \frac{f}{m+f}$ である。

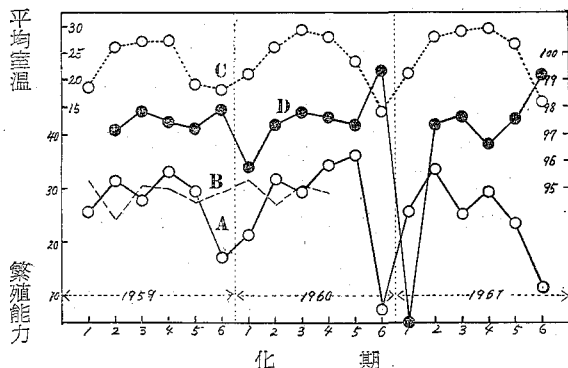
マラソン抗抵の調査は次の方法を用いた。市販のアラソン乳剤を各種濃度にうすめ、これを径 9 cm の丸型および巾 2 cm 長さ 28 cm の長方形ろ紙にそれぞれ 0.4 cc と 0.2 cc ふきつけ、真空乾燥器内で 1.5 時間乾燥させてから、径 9 cm のシャーレの底面、側面および蓋の裏面に張りつけた。羽化 16 時間以内の成虫を雄雌別に 20 頭ずつ上記シャーレ内に投入し 30°C。定温器内に置く。24 時間後に生死の調査を行ない、シャーレ内のろ紙を取り除いて再び 24 時間後と 48 時間後に生死の調査を行なつたが、本実験成績中に示す死亡率はいずれも、ろ紙を除いてから 24 時間後、すなわち殺虫実験をはじめてから 48 時間後に求めたものである。各種の濃度における死亡率からプロビット法にもとづき、LC-50 と S (回帰直線の回帰係数 b の逆数) を推定した。

成虫の体重は羽化 16 時間以内のものをエーテルにてますいさせ、雄雌とも 1 頭ずつトーションバランスにて計量し 10 頭の平均値を算出した。成虫の寿命は羽化 16 時間以内の成虫を雄雌ごとに別の径 9 cm シャーレに 20 頭ずつ入れ、いずれの世代も 30°C 定温器内にて毎日 1 回生死の調査を行ない、毎日の死虫数の累積百分率をプロビットに転換し、プロビット-日数回帰直線から中央致死日をグラフ法により算出した。脂肪含有率は雄雌成虫各 300 を 60°C の高温で殺し、50°C 真空乾燥器内にて乾燥せしめてから粉にし小型ソックスレー脂肪抽出器により 55°C。5 時間エーテル抽出を行なつた。脂肪の堅さは主観的方法であるが簡単にエーテル抽出物のエーテル放出後の状態を肉眼で調べた。水分含有率は雄雌各 50 頭の成虫をますい後 1 度に秤量してから 60°C の高温で殺し真空乾燥器内に 3 日間おいてから秤量し、はじめの測定値から引いた差をはじめの測定値で割つた百分率である。

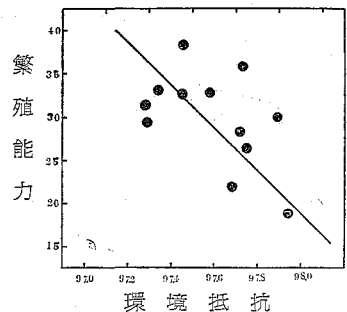
II. 実験成績の分析

A. 繁殖能力の変動

過去 3 カ年間に実験室内で見られた繁殖能力の変動状態を示したのが第 1 図 A である。これによると、繁殖能力はこの虫の発生期である 2~5 化期において一体に高く、冬期間に相当する 6



第 1 図. 繁殖能力(A), 対照区の繁殖能力(B), 平均室温 (C)および環境抵抗(D)の季節的変動。



第 2 図. 繁殖能力と環境抵抗との関係。

および1化期において低い。発生期間中の各化期のそれは、年によつて多少の差がみられるが大體2化期(6月)と4化期(8月)または5化期(9月)のそれは高く、3化期(7・8月)は低くて年内に中たるみ現象を示している。

以上の繁殖能力の変動に対し、標準飼育区の変動を比較すると第1図Bに示すように後者はあまり大きい変動を示さない。ゆゑに第1図Aの変動は実験室の環境条件が季節の推移に伴い変化することに帰因して生じた結果であろうと考えて、先ず重要な各化期間中の平均室温の季節の推移に伴う変動状態を第1図Cに画いて比較してみる。その結果によると繁殖能力が冬期間の6化期や1化期において低いのに対し平均室温もその時期に低いことは一致するが、発生期間である2~5化期間の繁殖能力の変動と、その期間における平均室温の変動との間にあまり関連がなさそうである。繁殖能力を支配する環境要素は温度にかぎつたことでないから環境の全体的な意義を有する環境抵抗(W)を用い、それと発生期間における繁殖能力の変動とを比較してみよう。それは第1図Dである。

第1図のAとDを比較してみると、大體逆比例的な関係を示しているので、両者の相関を確かめてみると第2図の回帰直線がえられ、

$$Bp = 21.555 - 14.495 W \left[F_0 = 6.16 > F_{\frac{1}{10}} 4.96 \text{ (at 5\%)} \right] \quad \text{となる。}$$

なお、繁殖能力と平均室温との相関は有意でなかつた。よつて年内に数回発生を繰り返す昆虫の繁殖能力の変動の型は季節の推移に伴う総合環境の変動に依存することが明らかにされる。

B. マラソンに対する抵抗力の変動

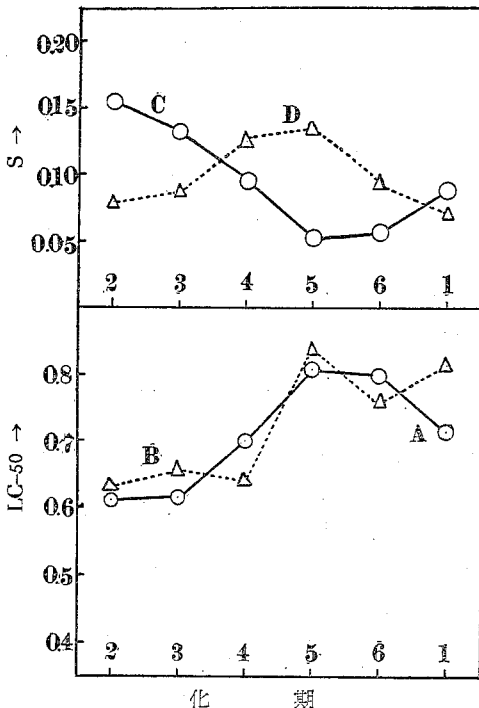
(a) 抵抗力の代表値 LC-50 の変動。 LC-50 の化期の推移に伴う変動状態は第3図Aに示すように化期の進むにつれて、大體一方的に増加を示し、年を越すと低下する。その増加の度

合は1番強いとき(5化期)が、1番弱いとき(2化期)の約1.3倍である。

第3図Aの変動に対し標準飼育区よりえた LC-50 の世代から世代への変動を比較してみると、それは第3図Bのように6化期までは前者と大體同じような趣を示しており、年を越すと両者が相違する。ゆゑに年内における前者の変動は後者の場合にも見られる世代から世代への変動に依存するようで、これを季節の推移につれて環境条件の変動に依存した季節的変動であると簡単にいうわけにはいかない。

(b) マラソン抵抗の変異の中すなわち標準偏差 S の変動。 標準偏差 S の季節の進行に対する変動状態を示したのが第3図Cである。

第3図Cに明らかなように、標準偏差 S は2化期から5化期まで大體直線的に減少する。第6化期は5化期と大差なく、年を越した1化期では再び増加する。これに対して標準飼育区のそれは第3図Dが示すように世代の進むにつれて僅かに増加をするが4代目頃になればもとにかえり、その



第3図. マラソン抵抗力の季節的変動。
AはLC-50, CはS, BおよびDは対照区のLC-50とS。

変動には左程の意味もなさそうだから1種の動的平衡を保つものとする。よつてこの場合の年内の標準偏差の変動は季節の推移に伴つて一方的に減少するところの季節的变化として確認する。

(a)項の LC-50 を用いて、マラソン抵抗の季節的变化を検討した結果は現象面を見ただけでは、それが季節の推移に伴い大体一方的に増加するように思われたが、標準飼育区のそれにおいても大体同じような変動がうかがわれたために、上記変動を簡単に季節的变化と考えてよいかどうかうたがわしく思われた。しかし(b)項の S の変化を検討した結果によれば、化期の進むにつれて大体一方的に減少する変動を示したが、標準飼育の S の変動と比較して明らかに季節的变化であると考えられた。そこで(a)と(b)を総合してみると、マラソン抵抗の季節的变化は抵抗の比較的弱い個体も混在するところの変異の中の広い集団が季節の推移に伴い、発生を繰り返えずにしたがい次第に比較的強い個体の集りからなるところの変異の中が狭い集団に変化するという形式の季節的变化として確認することができる。

III. 考 察

繁殖能力について、筆者はすでに環境条件や食物の条件が一定と考えられる場合においても、1雌当りの産卵数、性比および卵期から成虫までの生育率が世代から世代へどのように変動していくかの実験を企てたことがあつた(清久 1967)¹¹⁾。その結果によると、産卵数は2代目に生育率は3代目にそれぞれ、いくぶん明らかな減少が認められたがそれ以後はもとにかえり、11世代間これという大きい変動がみられなかつた。また性比は多少の変動をしたが、あまり大きい変動はみられなかつた。これに対し環境条件が変化する実験室内における実験成績は上の場合に比べてかなり大きい変動を示し、その原因は大体環境温度に依存するものようであるが、中には温度のみでは説明ができず、前世代に経験した環境の影響やその他複雑な生理現象がこれに関係するものと考えた。それらの実験成績は1カ年間のものであつたが、更にこれに引きつづいて2カ年の変動を調査し前成績をも含めて繁殖能力の変動を考察してみよう。

今回は産卵数、性比、生育率を別々に論ずることはやめ、3者の相乗積をもつて繁殖能力をあらわす数値としたが、これが標準飼育においてはさほどでないが実験室内においてはかなり大きい変動を示したことは、実験成績の項に述べたとおりである。これらの変動の原因に関しては、今回も先ず実験室内の平均温度に注目したが、温度のみでは不十分な点が認められたので、主として昆虫の発育に影響すると思われる湿度、光線その他の総合環境の存在を考慮し、その総力を ZWÖLFER の環境抵抗の式にもとづいて評価すると、繁殖能力 (Bp) と上記の環境抵抗 (W) の間に負の相関一次式がえられた。

次にマラソン抵抗の季節的变化であるが、実験成績の項に示したように、LC-50 を用いて検討したときには、その変動が標準飼育区のそれと1部を除いて大差がなかつたので、その季節的变化を認める点に多少の疑問があつた。しかし S を用いた場合には明らかな変動を確認することができ、マラソン抵抗の季節的变化に対しすでにのべたような定義を与えた次第であるが、いまその原因について論じよう。先ず1つの試みとし回帰係数 b およびその逆数 S (標準偏差) の変動状態から原因を判断してみるが、もちろんこのような試みからは必ずしもその原因を適確につかむのは容易でないかも知れないが、筆者は1つの興味を有する点でもありまた近年 HOSKINS と GORDON (1956)⁸⁾ や GORDON (1961)⁹⁾ および HOSKINS と GRAIG (1962)⁹⁾ がこの問題をかかなりくわしく論議している。前者の研究から LC-50 が増加するに対し b も増加、すなわち S が減少する場合を列記してみると、

(i) 殺虫剤が抵抗性の遺伝子を淘汰して昆虫集団内の遺伝子が消滅していく過程の初歩段階とその終末殺階。

(ii) 彼のとなえる昆虫の「Vigor-Tolerance」が増加する場合の1部。

(iii) 殺虫剤に共力剤 Synergist の作用が加わる場合。

(iv) 「Cross-Resistance」すなわち近年我が国で交差抵抗性と呼ばれる現象の場合、などとなる。

本実験成績の分析に採用されそうに思う事項は本実験中には殺虫剤による淘汰という問題は関係しないが(ii)が目される。というのは本研究では季節が進み特に4・5化期になると、昆虫の發育状態が良好となる結果、本研究のような非抵抗系統集団では個体変異内における強い個体はVigor toleranceによるのみでそれ以上に特別に強くなることはないが、むしろ弱い個体にあらわれるVigor-Toleranceによる抵抗の増加が集団の抵抗のレベルを高めるということが考えられるからである。

更にGORDON (1961)⁹⁾は季節的变化の原因をこれまでの他の研究者の研究にもとづいて検討しているが、その説によると季節的变化の原因は主として(i) Crop plantのNutritive valueの変化。(ii) Crop plantのMaturation。(iii) 殺虫剤のSub-lethal doseにもとづく昆虫のAdaptive changeのいずれかに帰因させることができるという。この説を参考とすると本実験成績は強いて言えば(i)項に近いが、これを全くNutritive valueの変化に帰すことはなお疑問がある。というのは本実験における昆虫の食物は前年収穫した小豆であるから野外や畑の作物ほどその成分が季節によつて変化するとは思えないからである。

なおまたANDRES et al. (1955)¹¹⁾はアルファルファにつくLygus BugのD.D.T.に対する抵抗の季節的变化を研究し、LD-50で示した抵抗が月の経過にしたがって増加するとともに回帰係数bが増加(Sは減少する)する事実を指摘し、この場合の抵抗増加の原因は、弱いときは虫がhay alfalfaについた場合で強いときはそれがSeed alfalfaについた場合であつて、虫のとり食物の種類が異なることに帰因するという。またKERR et al. (1959)¹⁰⁾のバレイシヨにつくFlea beetleの研究も、D.D.T.に対する抵抗がLD-50の増加に対しbも増加し、抵抗増加の原因は昆虫の「Resistance」の増加でなくて、HOSKINSとGORDONの定義した「Vigor-tolerance」の増加に帰因するという。これらの研究に対し、本実験成績は昆虫の種類や殺虫剤が異なるにかかわらずLC-50が増加しSが減少する(bが増加する)点が一致し、かつ抵抗増加の原因も環境の変化や虫の「Resistance」の変化によるよりも虫の「Vigor tolerance」に帰因するのではなからうかという点では大体一致する。

ここにおいて、本実験で成虫の「Vigor tolerance」が増加するという証拠となる事実を別の立場からさがして考察を進めることも無意味ではないように思うから、「Vigor tolerance」の増加に関係があると思われる昆虫の生理的性質の内成虫の体重、寿命および脂肪含有率(水分含有率)を調査してみた。その結果は第1表のとおりであつた。

第1表の成績からそれぞれ作図によつて、成虫の体重が化期の進むに伴い変化する状態を調べると雄成虫では2化期より6化期まで一直線的に増加を示し翌年の1化期では減少する。雌成虫でも大体そのような傾向を示すが一直線で示すことは少し無理のようである。次に成虫の寿命の変動も大体同様であつた。これらをマラソン抵抗(R)の変動と比較してみると体重(W)や寿命(L)の増加するとき抵抗も増加するので、雄の体重(W)とLC-50および寿命(L)とLC-50の相関性を検定してみよう。その結果は第4図のそれぞれAとBの直線が示すように、前者からは、

第1表 各化期成虫の体重・寿命・脂肪含有率, 脂肪の堅さおよび水分含有率の平均値

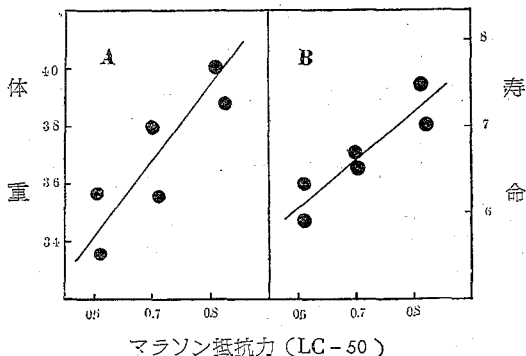
性質	化期	II	III	IV	V	VI	I
	性						
体重 (mg)	雄	3.36	3.57	3.80	3.89	4.02	3.56
	雌	5.01	5.48	5.35	5.19	5.97	4.91
寿命 (日)	雄	5.90	6.37	6.70	7.00	7.50	7.56
	雌	8.50	8.52	8.71	10.00	10.80	9.01
脂肪含有率 (%)	雄	30.82	28.44	28.75	—	31.57	34.02
	雌	31.67	30.06	31.25	—	35.79	34.54
脂肪の堅さ	雄	油状	ゲル状	ゲル状	—	やわらかいゲル状	油状
	雌	油状	やわらかいゲル状	ゲル状	—	油状	油状
水分含有率 (%)	雄	57.29	58.33	54.55	—	56.70	49.62
	雌	55.97	56.63	49.90	—	55.03	50.49

$$W = 2.16 + 2.17 R \left[F_0 = 12.97 > F_{\frac{1}{4}} 7.71 \text{ (at 5\%)} \right]$$

の回帰直線がえられた。また後者からも、

$$L = 3.07 + 5.32 R \left(\begin{array}{l} F_0 = 6.52 < F_{\frac{1}{4}} 7.71 \text{ (at 5\%)} \\ > F_{\frac{1}{4}} 4.54 \text{ (at 10\%)} \end{array} \right)$$

の回帰直線がえられたが、この場合の検定の結果、この回帰直線によるのが少しく無理な点もうかがわれた。次に成虫の脂肪含有率をみると、それは3・4化期など夏期間には低く、6化期および1化期など冬期間には高く、2化期など春季にもやや高い。またその堅さについては、3・4化期には「ゲル状」でやや堅そうなのに対し6化期や1・2化期ではやわらかく殆んど油状に近かった。なお水分含有率も調査した結果、それは夏期間の4化期と冬期間の1化期においてやや低い傾向を示した他にはこれという変化がみられなかった。しかしこれら性質の変化と抵抗の変化との間にはいずれも関連が認められない。



第4図. マラソン抵抗性と体重およびそれと寿命の関係。

ここで調査した4種の生理的性質がすべてマラソン抵抗に結びつくとはかぎらなかつたけれども、成虫の体重とその寿命とは大体抵抗と相関をもつ性質であるとみてよいのではないか。したがってやや充分ではないが、これらの変化と前に述べた標準偏差Sの変化から考えて、この研究においてみられたマラソン抵抗の実験室内の季節的消長の原因を次のように解釈してはどうかと思う。

すなわち年内において季節の進行に対して標準偏差Sがほぼ直線的に減少する点を重視し、「Vigor tolerance」と関連する成虫の

体重の増加と更に繁殖能力を示す性質の内卵期から羽化までの間の生育率が增大する点を考え併せて、季節が進み昆虫の発育に比較的良好環境となる季節になると、昆虫がそのような季節の下で発生を繰り返すことによつて一般に個体の「Vigor tolerance」が増加する傾向を示すが、すでに個体変異内の強い抵抗のレベルにあるものでは「Vigor tolerance」だけではそれほど増加が認められず、むしろ低い抵抗のレベルにある個体はこれによつてその増加が顕著になる結果、はじめ抵抗変異の中の比較的広かつた個体群もついに抵抗のつよい方へかたよつた変異の中の比較的狭い個体群に移行することによつてというように解釈する。

IV. 摘 要

年内に数回発生を繰り返す昆虫の繁殖能力とマラソン抵抗力の季節的消長の型と消長の原因を調べるために実験室内にて3カ年連続で1対飼育したアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* の実験個体群からの任意標本を分析した。

1. 繁殖能力 (Bp) は1化期 (5月) と6化期 (10月) には低く、2化期 (6月) と4化期 (8月・9月) にそれぞれ山を示す。この年内における変動を定温の標準飼育区のそれと比較した結果、上記の変動は季節の推移に伴い変化する総合環境に依存するものと考え、それ (Bp) と環境抵抗 (W) との間に負の一次式 $Bp = 21.555 - 14.495 W$ の関係を認めることができた。

2. マラソン抵抗力の指標 LC-50 の季節的変動は季節の推移に伴い化期の進行にしたがつてきほど大きくはないが一方向的に増加を示す。しかし定温標準飼育区のそれも、大体この変動に似ているので前者の変動を季節の推移に伴い変化した環境に依存する変動であるというように簡単に処理ができない。これに対し抵抗性変異の中を示す標準偏差 S の変動は大体一直線的に減少をするが、それは定温標準飼育区のそれと大分趣が異なるので前者の変動を、いわゆる季節的变化として認めることができる。

3. LC-50 と S の変動を総合して年内におけるマラソン抵抗の季節的消長は比較的広い変異の中をもつ昆虫集団が季節の推移に伴い、化期をかえるにしたがい次第に抵抗のレベルが強い方へそろつた比較の変異の中の狭い集団に移行するという形式のものであると定義した。

4. かようなマラソン抵抗の季節的消長の原因は昆虫集団の一定レベル以下の抵抗を有する各個体の「Vigor tolerance」がより一層増大する結果、全体として集団の抵抗性が高まることに帰因するものと考えた。

引 用 文 献

- 1) ANDRES, LLOYD A., BURTON, V. E., SMITH, RAY F. & SWIFT, J. E. (1955) : J. Econ. Ent. 48 (5) : 509—513.
- 2) BRAZZEL, J. R. & HIGHTOWER, B. G. (1960) : J. Econ. Ent. 53 (1) : 41—46.
- 3) GORDON, H. T. (1961) : Ann. Rev. Ent. 6: 27—54.
- 4) 橋爪文次, 山科裕郎 (1956 a) : 応用昆虫 12 (3) : 143—145.
- 5) 橋爪文次, 山科裕郎 (1956 b) : 応用昆虫 12 (4) : 174—176.
- 6) 橋爪文次, 山科裕郎 (1957) : 日本応用動物・昆虫学会誌 1 (1) : 15—19.
- 7) 平野千里, 石井象二郎 (1961) : 植物防疫 5: 203—205.
- 8) HOSKINS, W. M. & GORDON, H. T. (1956) : Ann. Rev. Ent. 1: 89—122.
- 9) HOSKINS, W. M. & CRAIG, R. (1962) : Ann. Rev. Ent. 7: 437—467.

- 10) KERR, T. W. & OLNEY, C. E. (1959) : J. Econ. Ent. 52 (3) : 519 — 521.
- 11) 清久正夫 (1961) : 岡山大学農学部学術報告 17: 1 — 8.
- 12) RAINWATER, C. F. & GAINES, J. C. (1951) : J. Econ. Ent. 44 (6) : 971 — 974.
- 13) REISER, RAYMOND, CHADBOURNE, DANVILLE, S., KULKEN, KENNETH, A., RAINWATER, C. F. & IVY, E. E. (1953) : J. Econ. Ent. 46 (2) : 337 — 340.