各種肥料がミジンコの繁殖に及ぼす 影響に就ての実験—I.

藤 田 惣 吉

(静岡大学教育学部)

Experiments on the Effects of Various Kinds and Combinations of Fertilizers on the Reproduction of *Cyclops hyalinus*—I.

Soukiti HUZITA

In this report is studied the effects of the various kinds and combinations of fertilizers on the reproduction of *Cyclops hyalinus*.

1) In experiments I and II, ammonium sulphate, urea, nitrolime (each at the concentration of N-10 ppm) or calcium superphosphate (P_2O_5 -1.6 ppm) is added to 0.5 g. of dried soy refuse in 1 L. of water. The obtained result has a tendency to check in the reproduction of *Cyclops* by influence of the poison action of chemical fertilizers and grown *Spirogyra* (Table 1,2).

2) In experiment III (Table 3,4) are observed the two pots, one being exposed to the sun light and the other shaded from it. There is difference in the colour and the pH of water, and the reproduction of *Cyclops* in the two pots. But the best reproduction is observed in the pots to which chemical fertilizers are added in concentration of N-22 ppm plus P_2O_5 -25 ppm. This ratio of N/ P_2O_5 is in agreement with the chemical composition of plankton.

緒 言

ミジンコは、コイ・キンギョ等の稚魚養成に欠くことのできないものであり、その繁殖方法としては従来主に有機質肥料を池底に施し、その分解生成された栄養塩類がミジンコの餌料となる簡単な生物を発生させ、それに依つて繁殖を計ることが習慣的に行なわれている。この施肥に用いられる肥料の種類、量及び水質、底質との関係に就ては未だ充分な研究報告はなく、著者は唯 山田¹⁾ (1950) の稲田に於けるミジンコの発生と有機質及び無機窒素肥料との関係に就ての報告を知るのみである。著者は 1954 年 4 月からミジンコの繁殖に及ぼす施肥の効果の実験を行なっているが、此处では第 1 報として醬油粕及び魚粉の施肥適量と化学肥料の配合に就て知り得た事を報告する。

実 験

I. 醬油粕と化学肥料の配合がミジンコの繁殖に及ぼす影響

基本肥料としてミジンコの繁殖によく用いられる醬油粕 (N-4.3 %, P_2O_5 -0.4 %) を選び、化学肥料には硫酸 (N-21 %), 尿素 (N-46 %), 石灰窒素 (N-21 %), 過磷酸石灰 (P_2O_5 -16.5 %) を用いた。実験の方法としては容量 1 L のビーカーに、湿田の風乾した泥土を厚さ約 1 cm (100 g) に入れ、こゝへ第 1 表に示す割合で施肥し泥土が湿める程度に水を加えて 2 日間放置し、その後井戸水 (pH 6.7) を 1 L 入れ *Cyclops hyalinus* の少量を加えて繁殖状況を観察した。

施肥量に就ては山田¹⁾ (1950) が最も好成績を収めた有機態窒素物 0.5 g/L に対し無機態窒素 0.05 g/L の割合を採用した。

その結果は化学肥料を加えたものより醬油粕のみのものが好成績を収めたが、これは容器を窓ぎわに置いたため、日射量が多く化学肥料の薬害が影響したものと考えられる。即ち硫酸根を持つ硫酸、過磷酸石灰に於ては水温の上昇により還元作用の結果亜硫酸を生じ、又尿素は分解が促進され CO_2 が増加し、尚石灰窒素は Cyanamide の毒性がある為ではなからうか。これらがミジンコの餌料生物に又直接ミジンコに悪影響

を与えたものと思う。殊に石灰窒素の葉害は大きい様に観察された。

Table 1. The reproduction of *Cyclops hyalinus* influenced by various fertilizers added to dried soy refuse.

No. of pots	Combination of fertilizers added to 100 g. of dried mud in 1 L. of water.	Reproduction of <i>Cyclops</i>			Colour of water	pH After 17 days
		After 7 days	13 days	17 days		
I	Soy refuse 0.5 g./L. + Ammonium sulphate 0.05 g./L.	Worse	Worse	Worse	Brown	7.6
II	Soy refuse 0.5 g./L. + Urea 0.025 g./L.	Worse	Worse	Worse	Brown	7.9
III	Soy refuse 0.5 g./L. + Nitrolime 0.05 g./L.	Worse	Worse	Worse	Light brown	8.2
IV	Soy refuse 0.5 g./L. + Calcium superphosphate 0.01 g./L.	Good	Good	Good	Brown	8.4<
V	Soy refuse 0.8 g./L.	Good	Better	Good	Dark brown	7.4

Water temperature ranged from 18.7°C. to 32.0°C., and average temperature at 2 p.m. was 24.3°C.

II. 化学肥料がミジンコの繁殖に及ぼす影響

化学肥料を第2表の割合に施肥し、ミジンコの繁殖を観察した。尙実験 I に於いて醤油粕のみのものが好成績を収めたので、その適量を知る為 0.5 g/L, 0.8 g/L の2つの施肥量の群を作った。施肥は葉害を防ぐ為5回に分けて行い、化学肥料は一旦水に溶かして加えた。

Table 2. The reproduction of *Cyclops hyalinus* influenced by chemical fertilizers compared with soy refuse.

No. of pots	Combination of fertilizers added to 100 g. of dried mud in 1 L. of water	Reproduction of <i>Cyclops</i>			Colour of water			pH After 18 days
		After 8 days	12 days	18 days	After 8 days	12 days	18 days	
I	Ammonium sulphate 0.1 g./L. + Calcium superphosphate 0.03 g./L.	Better	Good	Worse	Clear	Light green	Light green	7.7
II	Urea 0.05 g./L. + Calcium superphosphate 0.03 g./L.	Better	Good	Worse	Clear	Light green	Light green	8.4<
III	Nitrolime 0.1 g./L. + Calcium superphosphate 0.03 g./L.	Worse	Worse	Worse	Clear	Clear	Clear	8.4<
IV	Soy refuse 0.5 g./L.	Better	Better	Better	Light brown	Light brown	Greenish light brown	7.7
V	Soy refuse 0.8 g./L.	Better	Better	Better	Brown	Brown	Greenish brown	7.7

Water temperature ranged from 18.7°C. to 32.0°C., and average temperature at 2 p.m. was 24.3°C.

その結果は醤油粕のみの IV, V が実験期間中を通じて好成績を示した。窒素肥料として硫酸、尿素を施したものは比較的繁殖がよかつたが、実験後期に於て *Spirogyra* が発生し、施肥した栄養塩類は益々その繁殖を促す結果となり、その為ミジンコは運動不能におちいり斃死した。

石灰窒素を用いたものは葉害の為斃死し、而も水も緑変しなかつた。以上の事実から遅効性の醤油粕が最もよい成績を示し、施肥量も底質の点を一応除いて水 1 L に付き 0.5 g が適量と考えられる。尙醤油粕を用いたものは水色が褐色を呈し、幾分光線の透入を妨げ *Spirogyra* の発生を抑制したことが好影響を与えたとも考えられる。

化学肥料のみを用いても相当よい繁殖を期待できるものと思うが、唯速効性の為 *Spirogyra* の様な藻類が繁殖しやすいので直射光線を妨げるか、その他何等かの方法でその繁殖を防ぐべきである。

各ポット中の N, P₂O₅* の溶存量、割合に就てはこの実験の主な目的ではないが、化学肥料を用いたものは N 22 ppm, P₂O₅ 5 ppm, 醤油粕に於ては N 20~34 ppm, P₂O₅ 2~3 ppm であり、両者の間にあまり

* 肥料価値の比較には窒素は原子の磷は酸化物の濃度を以てするのが適当である (Compton, 1943) と云われているので、本実験ではこの表現を採用した。

差はないが、醬油粕に於てはその何%かゞ分解して利用されるわけであり、以上の事から化学肥料の群では殊にNが多過ぎたのではないだろうか。即ち、化学肥料のⅠ、Ⅱのポットでは施肥後16日目に醬油粕のⅣ、Ⅴではこれより遅れて18日目に *Spirogyra* の発生を見た。これは N, P_2O_5 の水中溶存量の違いと、水色の濃淡からくる光線の透入量の違いによるものであらう。

Ⅲ. 光の強弱がミジンコの繁殖に及ぼす影響

実験Ⅰ、Ⅱの結果日射量が多過ぎると *Spirogyra* が発生し、ミジンコの繁殖を妨げ又化学肥料の薬害が現われる傾向があるので、それを明らかにする為この実験を計画した。肥料の配合、施肥量は第3表に示す如く実験Ⅰ、Ⅱに於けるものを採用した。而して醬油粕及び魚粉（カツオの肉を乾燥粉末としたもの）は1回に、化学肥料は5回に分けて施し、光の当る強弱に就ては窓側に置いた群（直射光線が当る）と直射光線を避けたものとに分け、夫々のミジンコの繁殖状況を観察した。その結果は下記の通りである。

Table 3. The combination of fertilizers used in experimental pots. (g./L.)

No. of pots	Soy refuse	Fish meal	Ammonium sulphate	Urea	Calcium superphosphate
I			0.1		0.03
II				0.05	0.03
III	0.5		0.05		
IV	0.5			0.025	
V	0.5				0.01
VI	0.5				
VII			0.1		0.15
VIII				0.05	0.15
IX		0.5	0.05		
X		0.5			0.01

Table 4. The effects of sun light on reproduction of *Cyclops hyalinus* and variation of pH value of water.

No. of pots	Exposed to sun light							Shaded from sun light						
	Reproduction of <i>Cyclops</i>			pH of water				Reproduction of <i>Cyclops</i>			pH of water			
	After 9 days	12	15	After 6 days	9	12	15	After 9 days	12	15	After 6 days	9	12	15
I	+	—	—	6.8	7.9	8.4	7.7	+	++	+	6.8	7.1	8.1	8.4
II	+	—	—	7.0	8.2	8.4	8.4	+	++	—	6.8	7.3	8.3	8.4
III	++	+	—	6.7	7.0	7.9	8.2	+	+	—	6.7	6.7	7.0	7.7
IV	++	+	—	6.8	7.0	7.9	8.4	+	+	—	6.8	6.9	7.4	8.1
V	++	+	+	6.8	7.3	8.3	8.4	—	—	—	6.8	6.9	7.2	8.4
VI	++	—	—	6.8	7.1	8.1	8.4	—	—	—	6.7	6.7	7.1	7.4
VII	+	++	++	6.9	8.1	8.1	6.7	+	++	—	6.6	6.9	7.7	7.9
VIII	+	++	++	7.0	8.4	8.4	8.4	+	++	+	6.7	7.0	7.9	8.3
IX	—	—	—	6.8	7.0	7.4	8.4	—	—	—	6.7	6.9	6.9	7.3
X	—	—	—	6.8	7.1	8.3	8.4	—	—	+	6.8	7.0	7.4	7.5

Exposed to sun light W.T. ranged from 15.3°C. to 26.8°C. and average temperature at 10 a.m. and 2 p.m. was 19.7°C.

Shaded from sun light W.T. ranged from 13.7°C. to 23.8°C. and average temperature at 10 a.m. and 2 p.m. was 17.9°C.

— Worst, — Worse, + Good, ++ Better.

先ず水色の変化についてみると、直射光線を受けた群は施肥後6日目に於てⅠ、Ⅱ、Ⅶ、Ⅷの化学肥料のみのものが薄緑色を呈し、これにやゝ遅れて醬油粕及び魚粉に過磷酸石灰を施したⅤ、Ⅹが8日目に、次に醬油粕及び魚粉に硫酸のⅢ、Ⅸが11日目に、更に醬油粕に尿素のⅣと醬油粕のみのⅥが14日目に緑変し

た。即ち肥料の種類及び配合によつて水色の緑変に要する日数が明らかに異なり、最も早いのが〔化学肥料〕次いで〔醬油粕及び魚粉+過磷酸石灰〕、〔醬油粕及び魚粉+硫酸〕、〔醬油粕+尿素〕、〔醬油粕〕の順になった。これは有機質肥料の分解速度と密接な関係があり、更に磷酸肥料を加えたものが早い点から緑変に關する藻類の繁殖が磷酸に支配される為と考えられる。尿素が硫酸より遅れるのは、一旦アンモニア態Nになつてから利用されるわけで、このアンモニア態に変わる迄の時間が遅れて現われるのであろう。

更に緑変後その maximum が何日後に現われるかをみると、化学肥料のⅠ、Ⅱは5日後、醬油粕及び魚粉+過磷酸石灰のⅤ、Ⅵは6日後、魚粉+硫酸のⅦが3日後に現われ、緑変開始の順位と似ているが、唯Ⅶが3日目の短い間に maximum に達したことは、魚粉中の磷酸の溶解が醬油粕のそれよりも早く、この磷酸による藻類の繁殖が原因であらうと思われる。今その溶解度をみる為、試料1gを水に溶かして200ccとし24時間放置後の水中に溶存している N, P_2O_5 をみると魚粉では13.5%のNの内 NH_3-N として0.78%が P_2O_5 は2.1%の内50.4%が浸出し、醬油粕では4.3%のNの内 NH_3-N として7.69%, P_2O_5 は0.4%の内5.5%が浸出した。以上の事から魚粉からは P_2O_5 が早く浸出し、醬油粕ではNが早く浸出する傾向がある。尙この放置した室温は約 $17.0^{\circ}C$ であつた。

更に注目すべきこととして化学肥料のみを用いたなかでⅦ、Ⅷは実験期間中を通じ薄緑色を呈し、変化がなくミジンコの繁殖も最もよかつた。これは同じ化学肥料を施したⅠ、Ⅱと比較し P_2O_5 が多く N/P_2O_5 の比が異なる。即ちⅠ、Ⅱに於ては大体 $N : P_2O_5 = 4 : 1$ 、Ⅶ、Ⅷでは $1 : 1$ となりこれは P_2O_5 の化学変化を考えると $3 : 1$ になる。²⁾ これは plankton の組成と一致する故、そこに原因があるのではなからうか。^{2), 3)}

尙、薄緑色の水色が変化せず、他のものより藻類の繁殖が悪い様に観察されたことから、この比がミジンコに対する餌料生物の繁殖を適度に保つ事に適していたのではないだろうか。即ちミジンコに対して最もよい餌料生物の濃度と云うものがある様に考えられる。又、直接ミジンコの生理に影響を与えることも考えられ、この点に就ては次の実験で明らかにしたい。

直射光線を避けた群についてみると、緑変開始はやゝ遅れ、特にⅦ、Ⅷに於ては腐敗に傾き硫化水素の発生をみ、水中の鉄と化合して硫化鉄となり懸濁して水色を黒変せしめ、其状態はⅧでは施肥後8日目に黒変し4日間続き、Ⅶでは11日目に黒変し6日間続き沈殿した。即ち魚粉に過磷酸石灰を加えた群の方が3日程早く黒変したが、これについてはpHと関係があるものと思う。更にⅦが黒変していた日が長かつたのは硫酸及び過磷酸石灰中の硫酸根の多少によるものであろう。

pH の変化に就てみると、実験開始5日目ではⅡ、Ⅷを除き弱酸性であつたが、8日目にはアルカリ性となり、大体日時の経過につれpHは上昇している。これに対し光線を避けた群ではpHの変化は緩慢であつた。

ミジンコの繁殖状態はⅧ、Ⅶが最もよく、次いでⅤ、Ⅳ、Ⅲの順になる。同じ肥料の組合せのⅠ、ⅡがⅧ、Ⅶに比べて劣つていたのは、前に述べた如く N/P_2O_5 の比によるものと思う。醬油粕と化学肥料の配合に於ては過磷酸石灰を用いたものが幾分よい。然し直射光線を避けた場合にはやゝ異なり、Ⅷ、Ⅶ、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの順でⅠ、Ⅱが比較的よかつたのは水温、光線の点で藻類の繁殖が幾分抑制されたことが原因であらう。尙醬油粕に窒素化学肥料を加えたものがまさつていた。以上のことから考察して、直射光線の有無にかゝらず、化学肥料の $N : P_2O_5 = 1 : 1$ の割合に用いたものが最もミジンコの繁殖がよく、醬油粕と化学肥料では光線を受けた群は磷酸肥料を、光線を避けた群は窒素肥料を併用した方がよかつた。魚粉に就ては窒素が多い為、施肥量を減じた方がよいと考えられる。

直射光線の有無による化学肥料の選択については、次の様に説明されるのではないだろうか。即ちミジンコの繁殖に対し前述した如く水中の N/P_2O_5 の比が関係あり、直射光線を受けた方は醬油粕の分解が速やかに行なわれ、Nが早く供給される為そこへ P_2O_5 を加えればミジンコの餌料生物の繁殖に好影響を与え、これに対し直射光線を避けた方は分解が遅れる為Nを化学肥料で補うことにより、以上の結果が出たものとする。特にこの実験に用いた肥料は遅効性の醬油粕である為、分解が遅れたものと思うが、地方によりミジンコの繁殖の為にこれをよく使用しているのは除々に分解し、栄養塩類の供給を長く保ち得るからであらう。

尙実験Ⅰ、Ⅱに於て醬油粕のみのものが化学肥料を添加したものよりミジンコの繁殖がすぐれていたが、

これは水温、水色及び光線の強弱と関係があり、醬油粕の分解の速さと *Spirogyra* の発生とが、このような逆の結果をもたらしたものと考ええる。

摘 要

(1) 各種肥料がミジンコの繁殖に及ぼす影響に就て実験を行つた。

(2) 実験Ⅰ、Ⅱに於て醬油粕 0.5 g/L に硫安、尿素、石灰窒素 (N 10 ppm に当る量) 過磷酸石灰 (P_2O_5 1.6 ppm) を加えたものと化学肥料 (N 20 ppm, P_2O_5 5 ppm) のみのものに就てミジンコの繁殖状態をみると、水温高く直射光線が当り過ぎると化学肥料の薬害が現われ、又 *Spirogyra* が発生し、繁殖を阻害する傾向がある。従つて醬油粕のみの方がよい結果が得られ、その施肥適量は水 1 L に対し 0.5 g であつた。

(3) 実験Ⅲで直射光線を受けたものと避けたものに就てみると、水色、pH、ミジンコの繁殖状況が異なり、水色に就ては直射光線を受けたものは化学肥料 (N 22 ppm, P_2O_5 5 ppm)、醬油粕又は魚粉+過磷酸石灰 (N 20 or 67 ppm, P_2O_5 4 or 12 ppm)、醬油粕又は魚粉+硫安 (N 30 or 78 ppm, P_2O_5 2 or 10 ppm)、醬油粕+尿素 (N 30 ppm, P_2O_5 2 ppm)、醬油粕 (N 20 ppm, P_2O_5 2 ppm) の順に緑変し、直射光線を避けたものは魚粉+硫安又は過磷酸石灰では腐敗に傾き、硫化鉄の沈澱を生じた。ミジンコの繁殖に就ては直射光線を受けたものは化学肥料の N 22 ppm, P_2O_5 25 ppm のものが最もよく、醬油粕に過磷酸石灰、尿素、硫安を加えた順で、直射光線を避けたものはやはり化学肥料の N 22 ppm : P_2O_5 25 ppm がよいが、次いで同じ化学肥料の磷酸のすくない N 22 ppm : P_2O_5 5 ppm がよい。これは光線の強弱により肥料の分解の速さ及びミジンコの餌料生物、殊に藻類の繁殖が異なるからであろう。

(4) 魚粉の 0.5 g/L (N 68 ppm, P_2O_5 10 ppm) の施肥量は窒素が多い為、不適であつた。

(5) ミジンコの繁殖に最もよかつた肥料の N : P_2O_5 は 22 ppm : 25 ppm で、その比は大体 1 : 1 となり、磷酸の水中に於ける化学変化を考えると N/ P_2O_5 の比は 3 : 1 になるものと思われ、ミジンコの組成と一致する。而してこの比がミジンコの繁殖に好影響を与えた事は、水色の濃淡からみてミジンコの餌料生物の繁殖を適度に保つ為と考えられる。

終りに御助言を頂いた淡水区水産研究所中村・島立両技官、*Cyclops* の査定をお願いした赤塚孝三氏に感謝の意を表す。

文 献

- 1) 山田紀作 : 日水会誌, 15, 591~595 (1950).
- 2) MATIDA, Y. : Bull. Freshwater Fish. Res. Lab., Vol. 2, No. 1 (1953).
- 3) 谷井潔, 佐野孝 : 日水会誌, 15, 67~70 (1949).
- 4) COMPTON, L. V. : United States Department of Agriculture, Miscellaneous Publication No. 528.