各種肥料がミジンコの繁殖に及ぼす 影響に就ての實驗—Ⅳ

藤 田 惣 吉

(静岡大学教育学部)

Experiments on the Effects of Various Kinds and Combinations of Chemical Fertilizers on the Reproduction of *Daphnia longispina*—Ⅳ

Soukiti HUZITA

The experiments on the effect of the chemical fertilizers added before and after the administration of the organic ones to the rate of reproduction of *Daphnia longispina* was carried out. In case of using the fish meal as the organic fertilizer, no remarkable effect by the addition of the chemical one was seen. But, in case of using the rice bran as the organic fertilizer, the effect of the chemical one added at 3rd day since the supply of water could be recognized and especially the ammonium sulphate as the chemical one produced the good reproduction of this species (Tables 2 & 3).

Moreover, *Daphnia* to which the rice bran as the organic fertilizer was given became red and this phenomenon was considered to be caused by their living food.

緒 言

著者は前報¹⁾に於て各種有機質肥料（醬油粕、菜種粕、米糠、魚粉等）に化学肥料の硫酸アンモニア、尿素、過磷酸石灰を添加してそれが *Daphnia* の繁殖に及ぼす影響について実験を行つた。但し化学肥料は何れも注水時に添加したので今回は添加時期の違いが如何に影響するかを究明する事にし 1955 年 5 月から 6 月にかけて実験を行つたので報告する。

実 験 方 法

有機質肥料としては魚粉と米糠を選び化学肥料には硫酸アンモニアと過磷酸石灰を用いた。まず容量 20 l のハスガメに湿田の泥を適量入れ有機質肥料（N-10 ppm に相当する量）を施し、2 日間日光にさらし、後井戸水（pH 6.7）を 20 l 加えた。化学肥料は注水時、注水 3 日後、6 日後、9 日後、12 日後と 3 日の間隔を置いて硫酸は N-5 ppm、過磷酸石灰は P_2O_5 -4 ppm に相当する量を施し、水色のやゝ緑変後即ち注水 1 週間後に *Daphnia* を約 30 尾宛収容し約 2 週間野外にてその繁殖を計つた。尚使用した泥土の採泥地が前¹⁾と異なる為、泥質について調査した結果を第 1 表に示した。その結果大差なきものと考えられる。前年度の pH がやゝ低いのは測定を今年行つた為で、即ち湿田状態の泥を風乾して長く置くと pH は減少する傾向がある。

結 果 及 び 考 察

魚粉： 施肥割合及び実験結果を第 2 表にとりまとめた。まず水の緑変の状態についてみると、硫酸より過磷酸石灰を加えた群が全般に水色が濃いが、注水後 8 日目にしてボツトの縁にヒビミドロ *Ulothrix* が発生した為水中の栄養塩類がそれに吸収され、その後 Phytoplankton の繁殖は衰えた。その為一時緑変した水も次第に澄み、実験期間中透明度（cm）の測定は不可能に終つた。更に III, IV, VII, VIII, IX, XII の各

Table 1. Results of the selection analysis, pH and loss by ignition of mud used in the experiments (1954, 1955)

	Diameter of muds grain (m.m.)						pH	Loss by ignition %	Place of sampling
	3.00<	3.00~1.00	1.00~0.50	0.50~0.20	0.20~0.05	0.05>			
Present experiment	2.0	7.0	10.4	28.5	19.7	32.4	6.3	7.15	Sizuoka
Past experiment	1.1	15.3	14.5	18.7	14.0	36.4	6.1	6.92	Simada

Table 2. Variation of pH and quantity reproduced of *Daphnia longispina* in pots.

No. of pots	Combination of fertilizers	Addition time of chemical fertilizers	pH of water *					Reproduct- ^{**)} ion of <i>Daphnia</i>
			after 4 days	10	16	22	average	
I	Control (no fertilizer)		7.1	9.3	9.2	8.8	8.6	0.8 cc
II	Fish meal 0.09 g./l.		7.0	9.3	9.2	9.3	8.7	2.2
III		time of pouring water	7.0	9.3	9.3	9.4	8.8	0.3
IV	Fish meal 0.09 g./l.	after 3 days	7.1	9.3	9.3	9.3	8.8	0.6
V	+ Ammonium sulphate 0.025 g./l.	6 days	7.0	9.2	9.1	9.1	8.6	1.6
VI		9 days	7.0	9.1	9.3	9.4	8.7	0.6
VII		12 days	7.0	9.3	9.3	9.4	8.8	0.4
VIII		time of pouring water	7.1	9.3	9.3	9.3	8.8	0.2
IX	Fish meal 0.09 g./l.	after 3 days	7.0	9.3	9.4	9.3	8.8	0
X	+ Calcium superphosphate 0.025 g./l.	6 days	7.1	9.3	9.3	9.3	8.8	0.5
XI		9 days	7.1	9.3	9.3	9.3	8.8	0.4
XII		12 days	7.0	9.3	9.3	9.0	8.7	0.3

* Value of at 10 a.m.

** Precipitating quantity of *Daphnia* in water of 20 l. (after 14 days)

W. T. ranged from 18.2°C. to 28.9°C. and the mean of the average temperature at 10 a.m. and 2 p.m. was 24.5°C.

ポットにはアミミドロ *Hydrodictyon reticulatum* も発生した。然し魚粉のみのⅡと、注水6日後に化学肥料を加えたⅤ、Ⅹには薄い水の濁りを実験期間中認める事ができた。

pHの測定は比色法により、その結果はヒビミドロ等沈水植物に大きく影響され、平均 8.6~8.8 の高い値を示し、注水10日目以後は 9.3 の強アルカリ性を示すものが多かった。添加した化学肥料の相違が pH に及ぼす影響は明らかでないが、注水6日後に硫酸を加えたポットⅤは過磷酸石灰のⅩより全体に pH が低く、このポットに水の濁りが最も多く観察された。

Daphnia の繁殖状態即ち生産量の比較は前¹⁾と同じ方法によつた。その結果は魚粉のみのポットが 2.2 cc で最も多く化学肥料の添加による好影響は認められなかつた。

更に添加した硫酸と過磷酸石灰では硫酸の群がすぐれている。

これらの結果は前¹⁾の実験に於けるものと同一であり、化学肥料の添加時期を変えてもよい影響がなかつた事になる。更に対照と比較して施肥の効果が認められたのはⅤのポットののみであり、他のものはかえつて *Daphnia* の繁殖が阻害されている。これはヒビミドロ等沈水植物の繁殖に起因するものと考えられ、施肥によつて加えられた栄養塩類はこれら植物の成長に吸収利用され *Daphnia* の餌料となる Nanoplankton が繁殖し得なかつたからである。前述した如くヒビミドロの繁殖により水色も薄く透明であつたが、特に化学肥料を早期に加えたポットにそれが著しい。即ち化学肥料は速効性でありその為沈水植物の繁殖が促進され、更に魚粉から分解溶出してくる栄養塩類が益々それを助長したものであろう。

以上の事から対照の無肥料のポットがこの実験では案外よい繁殖を示す結果となつた。*Daphnia* の生産量に対する化学肥料の添加時期の相違については硫酸、過磷酸石灰両群共注水6日後に加えたものが最もよ

く、全般に添加時期の遅い方が早期のものよりすぐれている。これはヒビミドロの繁殖とも関連し実際に魚粉の分解の状態を知らなければその理由は明らかにすることができないが、最も繁殖のすぐれていた注水6日後のものはヒビミドロの量がすくなかった。これ等の事は今後の研究により明らかにしたいが興味のある事柄と思う。

更に実験終了時の底泥の状態について観察したのによると、注水時に化学肥料を加えたⅢ、Ⅷのポットでは底泥の一部が黒色化していた。これは魚粉と硫酸及び過磷酸石灰の間に於ける化学反応の結果と思われる。

Table 3. Variation of pH and quantity reproduced of *Daphnia longispina* in pots.

No. of pots	Combination of fertilizers	Addition time of chemical fertilizers	pH of water *				Reproduction ** of <i>Daphnia</i>
			after 4 days	10	16	average	
I	Control (no fertilizer)		7.2	9.1	7.0	7.8	2.2cc
II	Rice bran 0.5 g./l.		6.7	7.2	8.7	7.5	5.8
III	Rice bran 0.5 g./l. + Ammonium sulphate 0.025 g./l.	time of pouring water	6.7	9.1	7.6	7.8	4.0
IV		after 3 days	6.7	9.3	7.0	7.7	12.4
V		6 days	6.7	9.1	7.7	7.8	3.0
VI		9 days	6.7	7.9	7.0	7.3	4.6
VII		12 days	6.7	7.5	8.3	7.5	5.4
VIII	Rice bran 0.5 g./l. + Calcium superphosphate 0.025 g./l.	time of pouring water	6.7	9.2	8.9	8.3	4.0
IX		after 3 days	6.7	7.7	7.1	7.2	9.4
X		6 days	6.7	8.8	7.5	7.7	5.0
XI		9 days	6.7	8.5	6.9	7.4	6.0
XII		12 days	6.7	9.0	7.0	7.6	3.8

* Value of at 10 a.m.

** Precipitating quantity of *Daphnia* in water of 20 l. (after 14 days)

W. T. ranged from 19.6°C. to 35.0°C. and the mean of the average temperature at 10 a.m. and 2 p.m. was 27.4°C.

Fig. 1. Precipitating quantity of *Daphnia* obtained by the experiments that Chemical fertilizers are added to Organic fertilizers by changing time

が、他のポットにはこの黒色化がみられず、*Daphnia* の生産量も少ない事は注意すべきことと思う。これに就ては注水時に硫酸及び過磷酸石灰を加えると分解のあまり進まない魚粉との間に化学変化を生じ、その結果分解利用されにくい型に変わるのではないだろうか。これがヒビミドロの繁殖とも関連して化学肥料の添加時期の違いが肥効に影響する様考えられる。

更にⅡ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅺのポットには *Chironomus larva* が棲息していた。

米糠：施肥割合及び実験結果を第3表に示す。注水（6月6日）後の緑変の状態は魚粉の群とは異なり硫酸を添加したポットが全体に濃い。即ち最も水色の濃かったのは硫酸を注水3日後に加えたポットⅣであり、実験半ば（注水後14日目から18日目迄）から17.0~20.0 cmの透明度を毎日観測し得た。尚その水を検鏡した結果は殆んど *Selenastrum sp.* であった。

これに対し過磷酸石灰を加えたポットでもやはり注水3日後のⅨが水色濃く、14日目に24.0 cmの透明度を測定したが、その後はやや褪色した。即ち透明度を測定し得たのはⅣとⅨの2つのポットのみであり、他のものは濁りは認める事ができたが全般に水色は薄い。然し硫酸を加えたⅥ、Ⅶと米糠のみのⅡのポットでは実験期間中相当濃い白濁を観察した。

尚魚粉の群で観察されたヒビミドロが今回も注水後5日目頃から発生した。その状態は水色の薄い実験初期に盛んでありその後はやや衰え、特に水色の濃かったポットⅣではヒビミドロの発生が多かったが、緑変の進行につれ光の

不足から枯死した。

pH の変化は始めは米糠の分解による有機酸の為に 6.7 の弱酸性であつたがヒビミドロや Phytoplankton の繁殖につれ高くなり 9.0 以上の値を示すポットもあつた。然し魚粉の群にくらべると pH は低く、平均 7.2~8.3 でポット VIII を除き全部 8.0 以下の値である。尙 max. は注水後 10 日目に多く表われているが添加した硫酸と過磷酸石灰の間には明らかな差は認められない。

Daphnia の繁殖状態は硫酸を添加した群では注水 3 日後の IV が 12.4 cc の非常に多い沈澱量を示したが他のものは何れも米糠のみの II (5.8 cc) より劣り 3.0~5.4 cc で逆に硫酸の添加により繁殖が阻害されている。この様な傾向は過磷酸石灰を添加した群に於てもみられ注水 3 日後の K が 9.4 cc で同じくすぐれているが他のポットでは 3.8~6.0 cc である。この結果を前¹⁾の実験と比較すると大分異なっている。即ち前年度に於ては米糠に硫酸、過磷酸石灰を注水時に加えたが何れも米糠のみより沈澱量で 1.0~1.6 cc よい繁殖を示していた。その原因に就てまず天候条件を比較してみると平均水温では今年は前年度より 1.5°C 高く、晴天日も 6 日間（前年度は 3 日間）をかぞえ、その結果肥料の分解、Phytoplankton の繁殖には好影響を与えたものと考ええる。然し前年度は各ポットについて水の透明度を測定し得たのに今回は殆んど実験期間中水色が薄く多くのポットでは測定不可能に終つた。これは沈水植物の発生により栄養塩類が費やされ、Phytoplankton の繁殖が抑制されたものと考ええる。即ち化学肥料の添加により沈水植物の成長が盛々助長され、その為米糠のみのポットの方がすぐれた結果となつた。たゞ注水 3 日後に化学肥料を加えたポットでは *Daphnia* の非常によい繁殖をみたが、これは添加時期が適当であり Phytoplankton の繁殖がよく、従つて水色が濃くなり光の透入を妨げ、沈水植物を枯死させ好結果を得たものと考ええる。これに就ては緑変の発達につれヒビミドロが枯死した事からも以上の推察は正しいものと思う。従つて沈水植物が発生した時の化学肥料の添加は注意を要し、今回の実験では注水 3 日後が添加時期としてすぐれているが、これを最適時期として決定する事は水温、光、水質、肥料の種類等の点で尙実験を重ねてからにしたい。この様に沈水植物の抑制は化学肥料の添加時期を適当にすることで目的を達成できるが、時期を誤ると逆の結果を招くから、むしろ薬剤撒布により駆除を行う方が安全である。薬剤の種類については実験中だが硫酸銅がよい様である。

以上述べた如く沈水植物は Phytoplankton の繁殖に悪影響を与えるが、これに就ては松江(1947)、中村中六(1948)、中村一雄(1950)、MATIDA (1953)、中村一雄、外(1954)、MATIDA (1955) 等の多くの人により指摘、紹介されており、その駆除法については薬剤撒布、適当な施肥、人為的な抜取又は草魚の移植等があげられている。而してミジンコ繁殖の目的の為には前にも述べた如く薬剤による方法が操作が簡便であり、しかも枯死した植物が腐敗分解してミジンコの繁殖に好影響を与えるから適当と考える。この詳細に就ては別に報告するが中村一雄、外(1954)、MATIDA (1955) 等も溜池で同じ様な現象を観察している。

実験終了時の底泥の状態はやゝ黒味を帯び III, IV, VII には *Chironomus* larva を、又全部のポットに *Culex* larva が、尙ヒビミドロは I, II, III を除いたポットに観察された。

Daphnia を濾過採集する時、その体色について極めて興味ある事が観察されたので、以下それに就てすこし述べてみたい。それは最も繁殖のすぐれていたポット IV の *Daphnia* は綺麗な赤色を呈し、他のポットに於ても赤味を帯びた茶褐色や赤褐色であつた。この現象は前¹⁾の実験に於ても米糠の群で観察されたが赤色の *Daphnia* が米糠の群にのみ表われ、又生産量が他の群に比較して平均すぐれている事は興味深い。

Daphnia の体色についての研究報告を著者は知らないが淡水産橈脚類の紅色現象については上野 (1936) が詳しく報じている。そして紅色（鮮明な赤色であるので紅色という語を用いたと云う）を呈する色素は橈脚類の餌料生物に由来するらしく、発生する水域の特徴は水の pH が 6.8~4.0 の酸性域で、多くは 5.0~6.0 の範囲だと云う。更に腐植栄養湖沼に橈脚類の紅色現象が起る事が多く、これはこの様な湖沼では紅色素を生じやすい微生物に富んでいるからだと云う。

以上の点から *Daphnia* についても同様な事が云えるのではないかと考える。まず水の pH についてみると、他の肥料に比べて米糠を施したポットは低く、この pH の測定は表面水について行つたものであるから水の中、下層ではこれより更に低い事が当然予想され弱酸性の可能性が大きい。更に腐植質については米糠の性質及び実験終了時のポットの泥の状態からみて、その存在は確かである。この様に橈脚類の紅色現象の起る環境と *Daphnia* のそれとは非常に似ている。そしてこの直接の原因はやはり餌料生物によるものと思われる。即ち米糠を施したポットではその水色が常に白味を帯び、検鏡の結果は Protozoa が数多く認めら

れた。又赤色の *Daphnia* の現われるボットでは生産量が大きいが、これは赤色素が関係あるのか又赤色素を持つ餌料生物に起因するのか不明だが、何かの機会に究明したいと考えている。

摘 要

- 1) 魚粉及び米糠に化学肥料（硫酸、過磷酸石灰）を時期を変えて添加し、それが *Daphnia* の繁殖に及ぼす影響について実験を行った。
- 2) 魚粉では化学肥料の添加による好影響は認められなかった。但し化学肥料の添加時期の違いについては注水6日後に加えたものが硫酸、過磷酸石灰とも *Daphnia* の繁殖はすぐれていた。
- 3) 米糠では注水3日後に化学肥料を加えたものが非常に繁殖がよく、硫酸は過磷酸石灰よりすぐれていた。
- 4) 米糠の群で *Daphnia* の紅色現象が観察された。

文 献

- 1) 藤田忠吉：静岡大学数育学部研究報告，5，174～182（1954）。
- 2) 同 上：日水会誌，20，965～968（1955）。
- 3) 同 上：日水会誌，20，873～877（1955）。
- 4) 松江吉行：農学，Vol. 1，No. 7（1947）。
- 5) 中村中六：“農村養魚の実際” 尚学社，東京，（1943），pp. 92～96。
- 6) 中村一雄：日水会誌，16，127～131（1950）。
- 7) MATIDA, Y: Bull. Freshwater Fish. Res. Lab., Vol. 2, No. 1（1953）。
- 8) 中村一雄，島立孫亥，小山 一，大久保英次：淡水区水産研究所報告，3，1，（1954）。
- 9) MATIDA, Y: Bull. Freshwater Fish. Res. Lab., Vol. 4, No. 1（1955）。
- 10) 上野益三：植物及動物，4，1181～1192（1936）。