

アサクサノリの施肥に関する研究—I.

主として無機態窒素の吸収について*

武居 薫・宮沢 正

Studies on the Fertilization of Cultured Lavers—I.
Particularly on Their Inorganic Nitrogen Absorption.

By

KAORU TAKESUE and Akira MIYAZAWA

In our previous report we demonstrated the relationship between the quality of lavers and their nutrients which are dissolved in the sea. We have lately found out that the ratio of nitrogen to phosphor which lavers contain, or N/P has much to do with their quality. In our recent field survey the optimum N/P has been found to be about 7 : 1. Previous to the field survey, we made in the laboratory an experiment on the optimum N/P of lavers centering around the amount of nitrogen to be absorbed, using various types of nitrogen source, various conditions including water temperature, light intensity and salinity having been taken into consideration.

The results obtained may be summarized as follows:

- 1) When ammonium-N, nitrate-N and nitrous-N are added separately to lavers, there is little or no difference in the amount of nitrogen absorbed. The higher the concentration of nitrogen is or the longer the drying time of lavers is, the larger is the amount of nitrogen absorbed,
- 2) When the mixture of nitrate-N and ammonium-N is added to lavers, the latter is better absorbed in the culture at first but then the former comes to be absorbed as well till the two become equal in the amount of being absorbed by lavers. The mixture of the two of nitrogen sources absorbed by lavers is nearly the same in amount per hour as the two different nitrogen sources when (they are) separately added to lavers.
- 3) As to the effect of light intensity on the amount of nitrogen absorbed, the higher the intensity is, the larger is the amount. But when we are reminded of the fact that lavers can absorb nitrogen even under the intensity of 0 Lux, there seems to be no relation whatever between their absorption and light intensity.
- 4) How about the effect of culture temperature on the amount of nitrogen to be

* 水産講習所研究業績 第279号, 1959年7月21日 受理

absorbed? Well, lavers can absorb nitrogen at a temperature either higher or lower ($25^{\circ}\text{C}-5^{\circ}\text{C}$) than their growth-limit one, and we can safely say that temperature has little or nothing to do with lavers absorbing nitrogen.

5) Lavers absorb no phosphor till they have decreased their absorption of nitrogen.

アサクサノリの生育にとって制限因子になり易い窒素と燐の適切な比を求めることは、近年盛んに行われているノリ漁場での施肥方法の合理化、健全な生育の維持、品質向上、ならびに、生産増強等に重要な問題である。

著者等は、先に野外の観測で、ノリ漁場の水質とノリ製品との関係をしらべた結果でも、窒素と燐の比がノリ品質を左右する要因の一つで、最適の窒素と燐の比は7~10であると報告した⁸⁾。

そこで本文では、アサクサノリを室内培養し、種々の条件での最適窒素-燐比を決定するために、先づ、施肥窒素の形態を吟味し、水温、照度、干出時間等がこれら窒素の吸収量に及ぼす影響について基礎実験を行い、更に燐が窒素吸収に及ぼす影響を室内実験で確かめたので報告する。

本文を草するにあたり本研究に多大の便宜を与えられた大分県中津市役所小川技師及び辛島孝昇氏ならびに中津浦漁協の各位に対し感謝の意を表する。

実験方法ならびに材料

培養液：約一年間貯蔵した濾過海水に、第1表に示した割合で、種々の無機物質を添加したものを基液とし、実験に応じて窒素や燐を添加した。

Table 1. The chemical composition of the standard medium for cultured lavers.

Element	ppm	Substance
Ca	3.0	Ca C ₂ 6H ₂ O
Mn	0.01	MnCl ₂ 4H ₂ O
Fe	0.5	FeCl ₃ 6H ₂ O
HCO	100	Na HCO ₃
Reserved sea water	1000cc	Reserved for a year
NH ₄ -N	2.0, 5.0, 10.0	NH ₄ Cl
NO ₃ -N	2.0, 5.0, 10.0	KNO ₃
NO ₂ -N	2.0, 5.0, 10.0	NaNO ₂
PO ₄ -P	0.5	KH ₂ PO ₄

容器：側面すべて白紙で覆った直径20cm 容量3ℓの円形バットを用い、液量は2ℓとした。

光と温度：バットの水面に照射される照度は3,000 Luxとし、光源は、最も天然光に近い波長を持つ東芝製真天然白色40W 蛍光ランプを用い、バットの中心が光源から20cmの距離にくるよう懸垂した。ノリの生育温は15°C 辺りを限度とするが、蛍光ランプによって実験中幾分水温が上昇するので実験開始時の水温は8°Cとし15°C内に留めた。

培養および分析方法：山口県吉見地先で採れるアサクサノリを、実験の都度干出直前に採取し葉面の水分を可及的に除去し実験によって5—15 gを供試した。

培養中は15分毎に攪拌し、一定時間毎に採水定量した。栄養塩の分析はすべて海洋観測指針(1956)²⁾により、PH測定は東洋電子製ガラス電極 PHメーターを使用した。ノリ葉体の栄養塩吸収量は、減量を試料の乾量で除した値で表わした。

実験の部

1. 窒素化合物単独添加による窒素の吸収試験

窒素肥料として主に使用されているもののうち、無機窒素としては $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ であるが、これらがすべて同様に吸収されるものかどうかを知るため、磷は添加しないでこれら3者を別々に、窒素源としては種々の濃度で添加したときの吸収量の比較を、干出時間を異にした材料について行った。現在業者の行っている葉面撒布法では可成り高濃度のものを与えており、葉の干出が大體4時間程度であるので、添加濃度は各態とも、2.0、5.0、10.0 ppm とし、材料に与える干出は、0、2、4時間とし培養時間は4時間である。結果は、第2、3、4表に示した。窒素源としてこれら3者の間には、同一添加濃度であれば吸収量に

Table 2. The amount of nitrogen absorbed in the case of adding ammonium-N as nitrogen source for the lavers which various drying time give.

Drying-time (hrs.)	Immediately			2			4		
	2.0	5.0	10.0	2.0	5.0	10.0	2.0	5.0	10.0
Added concentration (ppm)	Dry matter weight (mg)								
Cultured time (hrs.)									
1	970	2180	3410	1220	2900	4130	1560	3200	4500
2	1540	3100	4620	2050	3600	5390	2400	4400	5800
3	2070	3500	5280	2660	3980	5940	3200	5040	6680
4	2350	3820	5600	3050	4240	6320	3600	5520	7210

Table 3. The amount of nitrogen absorbed in the case of adding nitrate-N as nitrogen source for the lavers which various drying time give.

Drying-time (hrs.)	Immediately			2			4		
	2.0	5.0	10.0	2.0	5.0	10.0	2.0	5.0	10.0
Added concentration (ppm)	Dry matter weight (mg)								
Cultured time (hrs.)									
1	950	2100	3370	1200	2950	4200	1620	3000	4600
2	1480	3150	4590	2000	3530	5420	2500	4100	6000
3	2000	3440	5200	2500	3880	6000	3000	4980	6000
4	2280	3800	5560	3100	4200	6400	3500	5600	7140

大差は見られないが、材料の干出時間の長短および添加濃度の大小は吸収量に可成り影響するようである。即ち2.0 ppm 添加区を例にとると、干出0時間の材料では、培1時間で1.0 mg、2時間で1.5—2.0 mg、4時間で2.0—2.5 mg 程度の吸収量を示すものが干出2時間の材料で

Table 4. The amount of nitrogen absorbed in the case of adding Nitrous-N as nitrogen source for the lavers which various drying time give.

Drying-time (hrs.)	Immediately			2			4		
	2.0	5.0	10.0	22.0	5.0	10.0	2.0	5.0	10.0
Added concentration (ppm)	Dry matter weight (mg)								
Cultured time (hrs.)									
1	900	2010	3300	1090	2800	3900	1400	3010	4200
2	1300	2800	4400	1820	3300	5110	2310	4150	5500
3	1820	3200	5000	2460	3810	5670	3000	4800	6430
4	2100	3520	5380	2840	4100	6020	3400	5290	6990

は、それぞれ 1.0—1.5 mg, 1.5—2.0 mg, 2.5—3.0 mg となり、干出 4 時間の材料だと、それぞれ 1.5 mg, 2.0—2.5 mg, 3.0—3.5 mg と、干出を長く与えるほど吸収量は増加する。添加濃度も著しく吸収量に影響し、干出 0 時間の材料で、2.0 ppm 添加区で 1 時間に 1.0 mg 吸収するものが 5.0 ppm 添加区では 2.3 mg となり、10 ppm 添加区になると 3.5—4.0 mg と増加する。従って高濃度ほどよく吸収することがわかるが、極めて高濃度の場合は薬害も考慮しなくてはならない。しかし本実験の範囲内では何んら害的反応は見られない。

ノリ葉体に窒素肥料を施す場合の最適濃度は決め難いが、干出直後に施肥することは避け、出来るだけ干出させたのち、濃いめに施肥することが望ましい。窒素肥料としては、どの形態のものでも支障ないが、実際には、各漁場の水質の窒素組成を考慮し、漁場に適応した形態の窒素を施すのがよい。

2. 窒素化合物混合添加による窒素の吸収試験

海水中に溶存する窒素形態には、種々あるが、ノリ養殖初期には主に $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少が著しく中期以降は $\text{NO}_3\text{-N}$ がこれに代る現象は、内湾漁場ではよく経験する。注入河川の窒素組成が時期的に遷ることも事実であるが、かかる現象はノリの幼期と成期で吸収される窒素形態が異なるのか、或いは $\text{NH}_4\text{-N}$ が優先的に吸収されるために生ずるのか明らかでない。しかしここでは優先性の有無を知るため両者を 5.0 ppm 宛混合して添加し、単独添加の結果と比較した。結果は第 1 図に示した通りである。

即ち混合添加した場合、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の方は、単独添加の時と同型の吸収曲線を描くが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の方は、

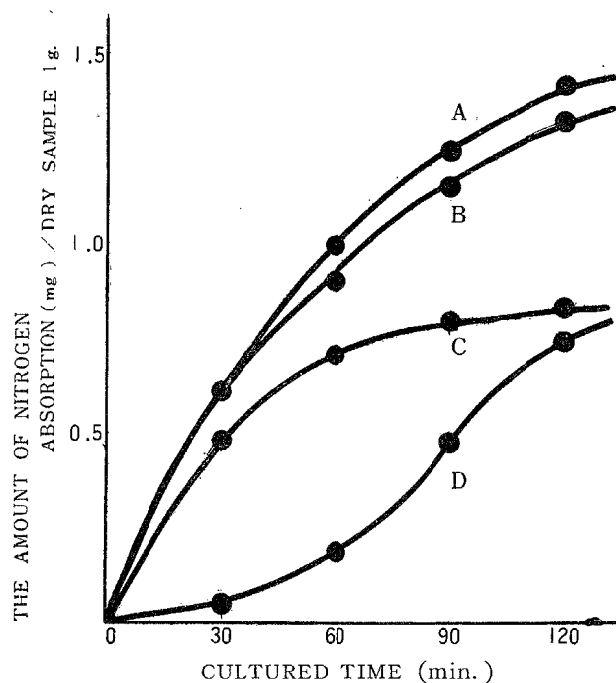


Fig. 1. Comparison with the amount of nitrogen absorption in the case of the addition of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ independently and in their mixture, for curves A and B were the amount of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ absorption in the case of the addition independently, C and D were each amount of NH_4 and NO_3 absorption of the mixture.

単独添加のそれとは著しく異なり、しかも $\text{NH}_4\text{-N}$ に比べて培養初期の吸収速度が極めておそいことから、混合添加すると $\text{NH}_4\text{-N}$ が撰択的に摂取されるようである。しかし $\text{NO}_3\text{-N}$ も時間経過とともに両者の差を縮め遂には等しくなってくる。両者の吸収量の和は、同一時間内では単独添加のものと殆んど同値である。従って混合した場合も、窒素形態に関係なく、必要量の窒素を吸収するようである。最近、窒素肥料として尿素を樹脂加工したものが市販されているが⁹⁾、直接葉体に吸収されるものではなく、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 化および $\text{NO}_3\text{-N}$ 化してはじめて吸収されるようであるから $\text{NH}_4\text{-N} : \text{NO}_3\text{-N}$ を色々変えて、吸収曲線を検討すべきである。

3. 照度が窒素吸収に及ぼす影響

光合成を行うノリが光に対して種々の反応を示すことは勿論である。ノリの最適照度については多くの研究があるが、まだ確かではない。岩崎・松平 (1958)¹⁾ は 25,000 Lux, 木下・寺本 (1958)²⁾ は 6,000 Lux とし、佐野 (1955)⁴⁾ は照度の限界は示さないが高照度での紫外線の害を示唆している。これらは、それぞれノリの生育、成長、色沢などについての最適照度を示しているのであるが、いずれにせよ可成り高照度を必要とするものである。ノリの品質は、ほぼ製品の窒素の含有量によって決まり、5%以上を良質とし3%以下では色沢は極めて低下する。既往の研究では、照度と色沢、照度と生長、色沢と製品中の窒素含有量の関係が明らかに

Table 5. Light source and the experimental light intensity.

Light source	Sun light	Artificial light (using TOSHIBA fluorescence lamp)			None
Light intensity (Lux)	20,000	3,000	2,000	1,000	0

されているが、照度と養分吸収量の関係については皆無である。著者等は、この関係を知るために第5表に示した実験区について、種々の照度における吸収量および培養中の pH の変化を検べた。添加した窒素源は $\text{NH}_4\text{-N}$ として 5 ppm 燐酸源としては $\text{PO}_4\text{-P}$ として 0.5 ppm である。

結果は第2, 3図および第6表に示した。即ち照度は大きい程、吸収量も増大するが、0 Lux でも可成り吸収され 20,000 Lux でも前者の3—3.5倍程度である。1,000—3,000 Lux では吸収量に差が認められない。従って夜間でも昼間でも吸収量に左程の開きはなく、光合成とは無関係のようである。ただ窒素と燐では、培養初期の吸収速度は前者が極めて大きく、後者は全くその逆である。照度による吸収曲線の型は、両者で可成り異っている。窒素と燐の吸収量の比は前者が後者の約10倍であった。吸収速度も前者が大であるが、低

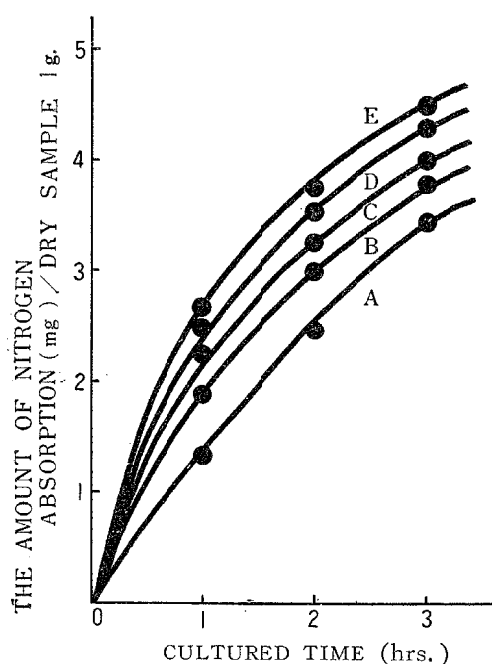


Fig. 2. The amount of $\text{NH}_4\text{-N}$ absorption under the various light intensity, and for curves A, B, C, D and E were 0, 1,000, 2,000, 3,000 and 20,000 lux, respectively.

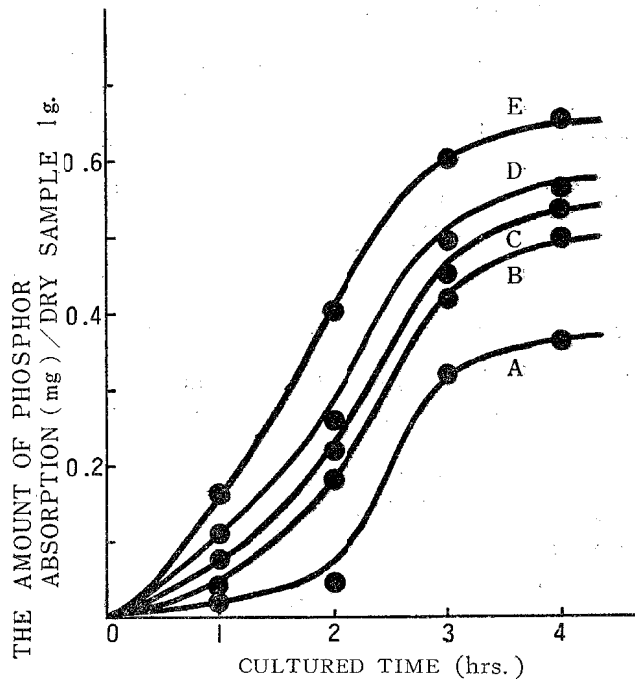


Fig. 3. The amount of $\text{PO}_4\text{-P}$ absorption under the various light intensity, and for curves A, B, C, D and E were 0, 1,000, 2,000, 3,000 and 2,0000 Lux respectively.

濃度ほどその開きが大きい傾向が伺える。

培養液の pH の変化は高照度のもほど大きく、0 Lux では逆に低下する。これは光合成に起因するものと思われる。興味あることは、20,000Lux で培養したものは4時間で pH 9.0 となり以後は殆んど上昇を見ない。養分が残存しているにもかかわらず殆んど吸収しなくなることを考えると、利用する炭素源が欠乏した結果によるものようである。これについて里見 (1959) ⁶⁾ はクロレラとセネデスムスを使用して明らかにした。炭素源はノリについても重要な因子と考えられ、これに関する研究は別報で詳報する予定である。培養液中、遊離の炭酸ガスが 0 になる時の pH の理論値が Cl 17%、水

Table 6. The changes of pH (at 20°C) of the medium at various light intensity.

Light intensity (Lux)	20,000		3,000		2,000		1,000		0	
	W. T.	pH	W. T.	pH	W. T.	pH	W. T.	pH	W. T.	pH
Cultured time (hrs.)										
0	8.4	8.20	11.7	8.20	11.8	8.20	11.6	8.20	11.6	8.20
1	13.0	8.70	13.2	8.49	12.6	8.42	11.8	8.30	—	8.20
2	15.2	8.80	14.1	8.70	13.4	8.63	12.5	8.38	—	8.15
3	16.4	8.90	15.0	8.85	14.2	8.82	12.9	8.46	—	8.10
4	17.6	9.00	15.7	9.00	15.0	8.90	13.5	8.50	—	8.00
5	18.8	9.00	16.5	9.00	15.8	9.00	14.0	8.56	—	7.95
6	20.0	9.00	17.3	9.00	16.6	9.00	14.6	9.00	11.8	7.90

温 15°C で 8.8⁵⁾ であることから実測値はほぼ理論値に等しく、炭素源としては主として遊離の炭酸ガスが摂取され重炭酸塩は摂取されても極くわずかと考えられる。

4. 水温が窒素吸収に及ぼす影響

ノリの発育成長を水温が 15°C 附近に低下した頃から始まり、8—5°C が盛期で、成長速度も速く、良質の製品が得られることから、5—8°C が成長適温とされている。15°C 以上になると成長は阻害され、生理的障害が起り易くなり、5°C 以下では成長速度が急激に衰えてくる。ノリ養殖と水温とは、直接・間接に重要な関係を有するものである。著者等は、水温が栄養塩吸収に及ぼす影響を識るため生育の限界点である 5°C から 25°C まで 5°C 毎に試験区をとり、人工光線を用いず、直射日光を避けた自然光 (800 Lux) の下で培養した。窒素源としては $\text{NH}_4\text{-N}$

5 ppm, 燐酸源として $\text{PO}_4\text{-P}$ 0.5 ppmをそれぞれ培養基液に添加した。

結果は第4, 5図および pH の変化を第7表に示した。即ち $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ の吸収は, 高水温ほど増大する傾向が認められるが, 前者では, 温度差による吸収量の開きが小さく, 後者では可成り水温の高低が吸収量に影響するようである。pH の変化は, 照度の場合ほどの上昇は見られないが, 高温のものほど低温の試験区に比べて, pH の上昇は大きく, 20°C と 25°C の試験区では pH の変化が全く等しい。野外の養殖では, 15°C が生死の限界点とされているが, 短期間の室内培養では, 木下・寺本 (1958)³⁾ は 15°C が成長には最適であるとし, 佐野 (1955)⁴⁾ は 16°C で水溶性色素の増加が大きいことを指摘している。本実験でも $20\text{--}25^\circ\text{C}$ の高温で異常は認められず, 栄養吸

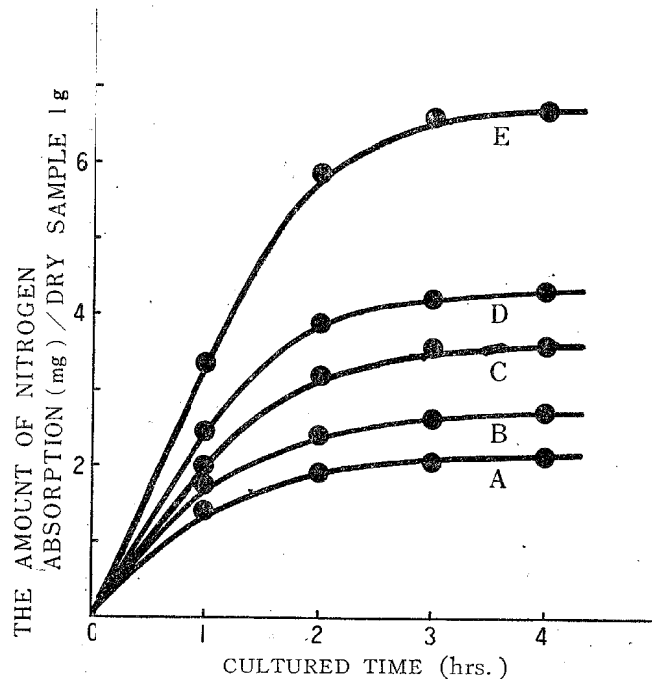


Fig. 4. The effect of water temperature on the amount of $\text{NH}_4\text{-N}$ absorption, and for curves A, B, C, D and E were $5, 10, 15, 20$ and 25°C , respectively.

Table 7. The changes of pH (at 20°C) of the medium at various water temperature.

Water temp. ($^\circ\text{C}$) \\ Cultured time (hrs.)	Water temp. ($^\circ\text{C}$)				
	5	10	15	20	25
0	6.95	6.92	6.92	6.92	6.92
1	7.48	7.62	7.62	7.68	7.68
2	7.60	7.73	7.72	7.73	7.73
3	7.73	7.78	7.73	7.78	7.78

収も行われるが, これ以上の温度では, 20°C の場合と 25°C では殆んど吸収量は等しいこと, および pH の変化も等しいことなどから, 不適当と考えられ, 低温ほど吸収量と培養時間の比例関係が長く保たれことから, 最大吸収量を示す温度をもって適温とするよりも, むしろ両者が長く直線関係を保つ温度を適温とするのが妥当かも知れない。この点からすれば, $\text{NH}_4\text{-N}$ では $5\text{--}10^\circ\text{C}$ の範囲が適温と見做され, 一般に云われている適温と一致するが, $\text{PO}_4\text{-P}$ の吸収曲線からすれば, 25°C でもなお直線関係が保たれているので栄養吸収の適温と生育適温とは別なものようである。

5. 燐添加が窒素吸収に及ぼす影響

ノリ生育に最適な N:P 比が, 野外では $7\text{--}10$ であることは前報⁸⁾ で指摘したが, 室内で培養する場合, 燐が全く存在しなくても窒素の吸収は可成り行われる (第2, 3, 4表)。しかしこの場合窒素の吸収曲線は短時間内では, 培養時間と吸収量が直線関係を保つが, 或る時間

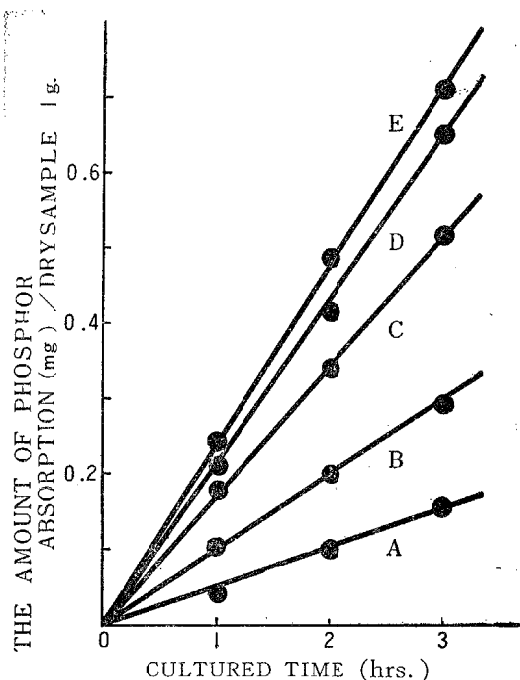


Fig. 5. The effect of water temperature on the amount of $\text{PO}_4\text{-P}$ absorption, and for curves A, B, C, D and E was 5, 10, 15, 20, and 25°C respectively.

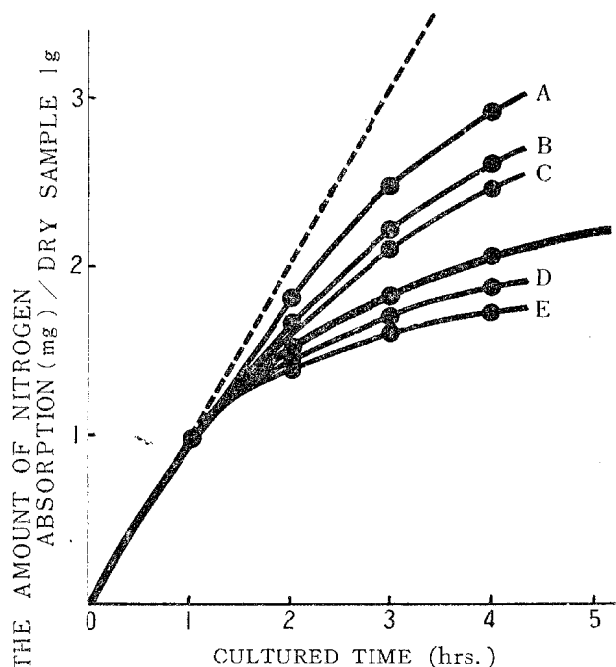


Fig. 6. The effect of the addition of phosphorus on the amount of nitrogen absorption. Varying concentrations of inorganic phosphate were added at 1 hr. The curve of nitrogen absorption, after the addition of phosphate is given in the graph, and for curves A, B, C, D and E were the rate of phosphate added for nitrogen remained, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{5}$, 1 and 2 respectively.

を境として吸収速度が急激に減退しても吸収量は殆んど増加しなくなる。栄養塩が残存している限り吸収は行われそうである。かかる現象が何に起因しているかを知るため、色々と実験してみたところ、窒素の吸収は、或種の物質の協働作用によって、より多く吸収することが解った。即ち窒素の吸収が急激に減退する点（変曲点と呼ぶ）で、残余の窒素に対して、ある場合磷にを添加すると、再び窒素吸収が活潑に行なわれることである。そこで著者等は、最初培養液に磷を全く添加せず窒素のみを $\text{NH}_4\text{-N}$ として5 ppm添加し（培養液2ℓに材料2g培養）数回の予備実験で、変曲線に到達する迄の時間を定めた。これを基として培養実験し、変曲点に到ると同時に、残余の窒素に対して $\text{PO}_4\text{-P}$ を $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{5}$, 1, 2倍

添加し、以後の吸収曲線を作成した。結果は第6図に示す通りである。即ち $\frac{1}{10}$ 倍量の磷添加を行うと、ほぼ直線関係が維持されるが $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{5}$, 1, 2倍の順に効果が減ずる、特に残余の窒素に対して等量乃至は2倍量の磷を添加したものでは、全く磷を添加しない時の窒素吸収よりも悪く、負の結果を得た。窒素吸収を正常に保つためには、少なくとも窒素に対して $\frac{1}{10}$ 倍量の磷が存在することが望ましい。野外で得られた最適N:P比とほぼ一致した結果が得られたわけであるが、培養当初から磷を窒素と共にその $\frac{1}{10}$ 量添加すると第2, 4図に示されている吸収曲線となり、磷を全く添加しない場合と、全く同型の曲線を画くことから、最初から添加しないで、変曲点で添加

するときのみ、かような磷効果が得られることについては、更に今後追求したい。

結 論

アサクサノリを室内培養し、種々の条件での最適 N:P 比を決めるため、予備実験として、特に窒素施肥について色々と窒素の吸収量を検討した。

1) 窒素源として単独で、それぞれ $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ を 2.0, 5.0, 10.0 ppm の割合に添加した結果、窒素形態による吸収量の差は認められなかった。

2) 添加濃度を増せば、吸収量も増大し、干出を長く与えた試料ほど吸収量が大であった。この結果、ノリ葉体の窒素吸収量は決め難いが、施肥方法について 2, 3 の知見を述べた。

3) 窒素源として $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の 2 種を等量宛混合して添加すると、培養初期では、主として $\text{NH}_4\text{-N}$ が吸収されるが時間経過とともに $\text{NO}_3\text{-N}$ も吸収され、遂には両者の吸収量は等しくなる。各時間毎の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収量の和は 1) の単独添加のそれと、ほぼ一致する。

4) 培養照度については、照度の強いものほど吸収量も大であるが 0 Lux でも可成り吸収することから、吸収と光合成とは、大した関係はないようである。

5) 照度の強いものほど、培養中の pH は大きく上昇するが、或る pH 値に達すると、養分が残存していても、吸収されなくなることからアサクサノリが利用し得る炭素源について論じた。

6) 水温の影響については、温度が高いものほどよく吸収するが低温でも可成り吸収するので、栄養分吸収には水温は左程問題にはならない。

7) ノリの生育に最適な N:P 比は野外では 7—10 であるが、培養する場合、この比率で、最初から添加しても窒素の吸収に効果的ではない。窒素を単独で添加し、吸収速度が著しく減退する時期（変曲点）に、残余の窒素に対して磷を $\frac{1}{10}$ 量添加すると、再び窒素の吸収速度は復元する。

文 献

- 1) 岩崎英雄・松平近義：1958. アサクサノリの培養—I. 培養条件に関する予備実験. 日水誌, **24** (5), 398—401.
- 2) 木下祝郎・寺本寛一郎：1958. アサクサノリの生長に対する光及び水温の影響. 日水誌, **24** (5).
- 3) 日本海洋学会：1956. 海洋観測指針.
- 4) 佐野 孝：1955. 養殖海苔の色沢変化に関する研究—I. 脂溶性色素及び水溶性色素の変化について. 東北水研報告, (5) 64—78.
- 5) 猿橋 勝子：1955. 天然水中の物質代謝の研究 (第 2 報), 水中の炭酸物質の平衡濃度比について. 日水誌, **76** (11), 1294—1308.
- 6) 里見至弘：1959. 植物プランクトンの繁殖に適切な窒素と磷の比 (N—P 比) とアルカリ度との関係. 淡水研報告, **8** (2), 21—39.
- 7) 武居 薫：1956. ノリ漁場水質調査. 大分県水試高田分場事業報告, 10—19.
- 8) ————：寺田和夫・宮沢正：1958. ノリ製品の良否を左右する 2・3 の栄養素の相対比について. 水産増殖, **6** (2), 19—25.
- 9) 東洋高圧株式会社：1958. スーパー窒素の性質と肥効.