ノリ幼芽の生長におよぼす温度の影響—I 温度条件とノリ芽の初期生長および形態について

山 内 幸 児

(1974 年 2 月 6 日受理)

Influence of Temperature on the Growth of Sporelings of Laver—I Early growth and shapes of sporelings cultured at various temperature

Koji YAMAUCHI*

The present work was carried out to gain some knowledge on the effect of temperature on the growth of sporelings of laver. The sporelings ($<21 \mu$ in length) of *Porphyra tenera* KJELLM. var. *tamatsuensis* MUIRA lodged on the artificial "Kuremona" fiber were grown in 500 ml Erlenmeyer flasks containing 200 ml of enriched sea water (SWII²¹ + PROVASOLI's PII metals 10 ml/l) at various temperatures under 9,000 lx of fluorescent light for 10 hours daily for 16 days. The results observed are summarized as follows;

- 1) The sporelings of *Porphyra* can not grow, and die within 10 days at temperatures higher than 30°C.
- 2) The sporelings do not elongate and show abnormal shapes at 25°C, although they liberate many monospores.
- 3) The optimal temperature for growth is about 20°C in the first stage, and the optimal temperature goes down as growth proceeds.
- 4) The growth is very slow at 10°C. The cell division and growth are become inhibited completely at temperatures lower than 5°C.
- 5) The sporelings produce many monospores at 15-25°C. The liberation of monospores is abundant at 20-25°C, and the best growth is obtained at 20°C.
- 6) The swelling of the cell wall of sporelings, similar to that found in the culture at low salinities,¹⁾ also appeared in the sporelings cultured at 25°C.

ノリ浮き流し漁場において、ノリの幼芽期から育苗期(10月~11月)に発生する芽イタミ症や白グサレ症は、主に環境条件によるものと考えられている。しかし、環境因子のこれらの病症発生に関与する機構については、まだよく知られていない。これらの因果関係を明らかにするために、最初の取り組みとして著者は塩分濃度のノリ幼芽の生育におよぼす影響について実験を行なった¹⁾。一方、ノリの幼芽および葉体におよぼす温度の影響については、以前からよく研究²⁻⁸⁾が行なわれ、生長に好適な温度条件や適温範囲などもほぼ決定されている。しかし、温度の影響を最も強く受けるであろうノリ幼芽の初期生長、二次芽の付着と生長、および異常形態などと温度との関係については、まだ不明の点が多い。本研究は主にこれらの点を明らかにすることを目的として行なわれ、二、三の知見が得られたので報告する。

報告にあたり、実験の機会を与えられ終始激励をいただいた兵庫県立水産試験場井沢康夫場長、浜口 章博士、および本稿の校閲をいただいた広島大学水畜産学部岩崎英雄博士に感謝の意をささげる。

材料および方法

本実験は、兵庫県立水産試験場の恒温室および病理実験室で実施された。実験に用いたノリ幼芽は、前

* 兵庫県立水産試験場 (Fisheries Experimental Station of Hyogo-Ken, Akashi, Japan)

報¹⁾と同じオオバアサクサノリ *Porphyra tenera* KJELLMAN var. *tamatsuensis* MIURA* を母藻とするフリーリビング糸状体から、同様な方法によつて得られたものである。実験開始時、この幼芽は、大きさ約 21 μ (1-3 細胞期) で、クレモナ単繊維 1 cm あたり 5-10 個体着生していた。

培養液は、汙過海水 (塩分濃度 31.6‰, pH 8.2) に窒素、磷、鉄を SWII²⁾ 液の処方準じて加え、さらに PROVASOLI の PII metals²⁾ 液を溶液 1 l に対し 10 ml の割合に加えたものが使用された。使用培養液はすべて pH 8.0-8.2 に調整され、オートクレーブで加熱滅菌された。

培養実験は、上記のノリ芽の着生した単繊維を各 10 本ずつ培養液 200 ml を入れた三角フラスコに移し、温度 30, 25, 20, 15, 10, 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) に設定した小型培養箱に静置しておこなわれた。温度以外の培養条件は、照度 9,000 lx, 1 日 10 時間照明で一定に保たれた。培養開始 2, 4, 7, 10, 13, 16 日後、各フラスコより単繊維 1 本を取出し、付着しているノリ芽 10 個体の葉長をランダムに測定し、同時に Table 1 のように芽の形態および細胞の異常の状態を観察した。また、顕微鏡の 100 倍視野で、10 回平均の二次芽の付着数および葉長も測定した。

実験結果

生長 各温度別に培養されたノリ幼芽の生長は、Fig. 1 に示される。

温度 30°C では、芽の分裂および生長はほとんど認められず、培養 10 日以後次第に脱落した。25°C では、芽の生長は培養 7 日後まで非常に鈍く、また以後も単胞子のうの形成が盛んなため、葉長の伸びは非常に遅かった。20°C では、培養 13 日後まで最も良い生長を示したが、培養 16 日後に 15°C のものに比べやや生長が落ちた。15°C では、培養 13 日目までは 20°C のものに次いで良い生長を示し、培養 16 日後には 20°C での培養を上廻つて最も良い生長を示した。10°C では、培養 7 日後まで生長は遅く、以後徐々に生長速度は増した。5°C では、ノリ芽はほとんど分裂せず、生長は極端に悪かった。

ノリ芽の形状と細胞 各温度別に培養されたノリ芽の形態と細胞の異常の出現状況は Table 1 に示される。

30°C で培養のものでは、培養 4, 7 日後に、大部分の細胞は色素体の退色が著しく、顆粒状構造を呈したり構造不明となつた。培養 10-16 日後、すべての芽はしだいに枯死状態となり大部分は脱落していった。

25°C のものでは、培養 4, 7 日後に、一部の細胞に軽い色素体の収縮や退色が観察されたが、その後、培養 16 日後の液胞増大以外は特に目立つた異常は認められなかつた。一方、芽の異常形態として、少数の芽が培養 10 日後にくびれ、培養 13 日後にくびれや細胞壁の肥厚突出などが観察され始めた。培養 16 日後には、大部分の芽が鎌状の芽曲り、くびれ、波状隆起、肥厚突出などの複合された異常形態を示した (Plate I, 6)。また、培養 7 日以後から、まだ縦分裂の起こらない幼芽や 1 縦分裂の小さい芽から栄養細胞が脱落し、二次芽として発芽する現象が観察された (Plate I, 1)。

20°C では、細胞は培養 4 日後に軽い色素体の退色がみられたが、培養 10 日以後鮮やかな濃い茶色を呈し、培養 16 日後でも液胞の増大以外、特に目立つた異常は認められなかつた。芽の形態も、培養 7-10 日後に少数の芽に軽くくびれなどが観察された他、特に目立つた異常は認められなかつた (Plate I, 5)。

15°C で培養のものは、細胞は培養 4 日後に軽い色素体の退色がみられたが、培養 7 日以後鮮やかな濃い茶色を呈し、培養 16 日後には液胞の増大以外、特に異常は認められなかつた。芽の形態も、培養 7-13 日後に少数の芽に軽くくびれなどが観察された他、特に異常は認められなかつた (Plate I, 4)。

10°C では、培養 4-7 日後に細胞の色素体の軽い退色がみられた他、特に目立つた細胞や芽の形態の異常は認められなかつた (Plate I, 3)。

5°C では、培養 16 日後まで大部分の細胞に色素体の退色や収縮、構造不明などが観察されたが、芽の形態異常などは特に認められなかつた (Plate I, 2)。

* この変種名は昭和 47 年度日本水産学会春季年会で三浦氏より発表されたものを引用した (同講演要旨集 p. 239, 1972)。正式な記載は未刊である。

二次芽の付着および生長 各温度別に培養された二次芽の付着状況および生長は Table 1 に示される。30°C の高温下および 10, 5°C の低温下では、二次芽の付着は観察されなかった。

25°C では、培養 7 日後に顕微鏡の 100 倍視野で 10-20 個体の二次芽の付着が認められ、以後大部分の芽が単胞子を放出したため増芽が著しく、培養 16 日後には視野に 50 個体以上の二次芽が認められた。なお、二次芽も単胞子の形成が著しく、培養 10 日後に約 80 μ に達したが、その後ほとんど伸長しなかった。

Fig. I. Growth of sporelings of *Porphyra tenera* var. *tamatsuensis* cultured at various temperatures.
 Δ: 25°C, ▲: 20°C, ○: 15°C, ●: 10°C, —: 5°C

20°C では、培養 7 日後に視野に 10-20 個体の、培養 16 日後には視野に 20-30 個体の二次芽の付着が認められ、また芽の生長も葉長 512 μ で最も良かった。

15°C では、培養 7 日後に視野に 1 個体以下、培養 16 日後には視野に 5-10 個体の二次芽の付着が認められ、また芽の生長は葉長 188 μ で 20°C のものに次いで良かった。

考 察

本実験は、ノリ芽の初期生長におよぼす温度の影響を知る目的で行なわれたもので、塩分濃度、光条件などは一定に保たれた。また、実験期間中は各培養温度も一定に保たれた。このような条件は、天然の生育条件と必ずしも一致するものではないが、以下に実験の結果について考察してみたい。

上記の実験条件下において、30°C の下ではノリ芽の分裂が極端に悪く、色素体の退色が著しく、次いですべて枯死状態となり、大部分は脱落した。25°C では、芽の枯死や脱落のような現象はみられなかったが、

Table 1. Influence of temperature on the growth of sporplings of *Porphyra tenera* var. *tamatsiensis*

Temperature °C		5					10					15				
Days		4	7	10	13	16	4	7	10	13	16	4	7	10	13	16
Abnormality of sporplings	number of abnormal sporplings	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 ±	2 ±~⊕	1 ±	—
	shape of fronds															
	sickle-shaped													1 ±		
	twisted form													1 ±		
	constricted form												2 ±	1 ±	1 ±	
Abnormality of cell	wavy projected margin															
	swelling of cell wall															
	enlargement of vacuole															10 ±
	opacity of plastids	8 ±	10 ±	9 ±~+	9 ±~+	7 ±~+	3 ±	4 ±	4 ±	1 ±	1 ±	2 ±				
	condensation of plastids	1 ±	4 ±	1 ±	2 ±	3 ±	1 ±	1 ±	1 ±	1 ±	1 ±					
Number and frond length (μ) of sporplings from nomospores	indistinctness of structure		3 ±		9 ±~+	5 ±	1 ±	1 ±	1 ±				1 ±			
	granular structure				1 ±	1 ±	1 ±									
Total													⊕	±	±	±
														38	85	188

Figures indicate the number of abnormal samples out of 10 sporplings. Degree of abnormality is shown as follows.
 ‡: serious +: admitted ±: slight ⊕: very slight —: not admitted.

Temperature °C		20					25					30		
Days		4	7	10	13	16	4	7	10	13	16	4	7	
Abnormality of sporelings	number of abnormal sporelings	—	2 ± ~ ⊕	2 ± ~ ⊕	—	—	—	—	3 ±	4 + ~ ±	10 ± ~ ±	—	—	
	shape of fronds	sickle-shaped		1 +					1 ±	1 ±	6 ±			
		twisted form		1 ±										
		constricted form		2 ± ~ ⊕	2 ± ~ ⊕				3 ±	2 + ~ ±	4 ± ~ ±			
		wavy projected margin									7 + ~ ±			
		swelling of cell wall								3 + ~ ±	8 ± ~ ±			
Abnormality of cell	enlargement of vacuole					10 ±					7 + ~ ±	1 ±	9 ±	
	opacity of plastids	3 ±	1 ±	1 ±			4 ±	2 ± ~ ⊕	1 ⊕			7 ± ~ +	5 ±	
	condensation of plastids							3 ± ~ ⊕				8 ± ~ +	8 ±	
	indistinctness of structure											7 ± ~ +	7 ±	
	granular structure													
	number and frond length (μ) of sporelings from monospores		±	± 91	± 228	± 512		±	± 80	± 86	± < 85			

Number of sporelings from monospores indicates the average number in the microscope field of view (X100) as follows.

⊕: less than 1 ±: from 1 to 5 +: from 5 to 10 #: from 10 to 20 #: from 20 to 30 #: from 30 to 40 #: <: more than 40

大部分の芽が異常形態を示し、また異常な二次芽の放出のため芽の生長は極端に遅れた。以上のことから、25°C以上の高温下では本変種のノリ幼芽は生育異常となり、30°C以上では生育不能と考えてよいように思われる。

10°Cでは、芽の生長は比較的遅く、二次芽の付着も認められなかつた。また、5°Cでは、ほとんど芽の生長は認められなかつた。したがって、10°C以下の低温下では、ノリ芽の初期生長は著しく抑制されることがわかる。

15°Cおよび20°Cでは、芽の生長は培養13日後までは20°Cの方で良かったが、培養16日後には15°Cで良くなつてきた。また、二次芽の付着および生長は、20°Cが最も良く、15°Cがこれに次いで良かった。以上の結果から、温度20-15°Cの範囲がノリ芽の初期生長の適温であり、この温度範囲で発芽から二次芽の着生頃までの極く初期は高い程良く、以後芽の生長につれ低くなることが望ましいと考えられる。また、二次芽の着生は25-15°Cで認められたが、二次芽の着生や初期の生長には20°C前後の水温が好適と考えられる。

ノリ葉体の好適水温は、富士川³⁾、IWASAKI and MATSUDAIRA⁴⁾、岩崎²⁾、木下ら^{5,6)}、下茂ら⁷⁾の研究結果から、15(16)°C-6°Cで至適水温は10°C前後と考えられている。本実験の結果からみると、本変種のノリ幼芽期の適水温はノリ葉体期の適水温に比べかなり高いと考えられる。従来、一般にノリの適水温は幼芽期に高く、生長とともに低くなると考えられてきたが、オオバアサクサノリを用いた本実験結果もこの考えを裏付けするものである。

著者は、兵庫県の浮き流し漁場の調査において、育苗水温が約20日間隔で、採苗から育苗初期で23-21°C(2°C低下)、育苗初期から育苗中期が約20±2°C、育苗中期から育苗後期が約17±2°Cの割合で順調に降下した年に良好な種網生産が得られることを観察⁸⁾している。以上のことから、本実験の育苗初期の好適温度範囲は、浮き流し漁場における育苗期の適水温範囲を示していると考えられる。今後、下茂ら⁷⁾の述べる暗期の水温低下の条件、付着生物や細菌類の繁殖などの要因も考え、野外試験によりこの点をさらに確かめて行きたい。

また、25°Cにおいて、前報¹⁾で観察されたと同じような細胞壁の肥厚突出が顕著な異常幼芽が観察された。この病状について、前報¹⁾では、著者は低塩分濃度の影響によるものと考えたが、高温下でも同じ症状が観察されたことから、今後この点についても調査研究を進めたい。特に、芽イタミ症や白クサレ症との関係を追求するには恒温条件による培養の観察だけでは不十分であり、適宜温度変化を与えた場合の観察が必要と思われるので、今後この方面の研究も進めたいと考えている。

要 約

発芽間もないノリ幼芽を、それぞれ温度5, 10, 15, 20, 25, 30°Cの条件下で、SWII²⁾にPROVASOLIのPII metalsを添加した培養液中で16日間培養し、温度のノリ幼芽の初期生長におよぼす影響を調べた。なお、その他の培養条件は、9,000 lxの短日条件(1日10時間照明)に一定に保たれた。得られた結果を要約すると、

- 1) ノリ幼芽は、30°Cの高温下ではほとんど細胞分裂せず、細胞異常をおこして枯死し、生育できない。
- 2) 25°Cでは、異常芽の出現や二次芽の異常着生が顕著になり、芽の生長は非常に劣る。
- 3) ノリ幼芽は、5°Cの低温下では細胞分裂および生長はほとんど行なわれない。10°Cでも、ノリ芽の初期生長は非常に遅れる。
- 4) 二次芽の着生は15-25°Cの範囲で認められるが、20°C前後が付着および初期生長に最も適している。
- 5) 初期のノリ幼芽の好適生育温度は、20°C前後から15°C前後と考えられる。この温度範囲でのノリ芽の生長は、従来の報告なども参考として考えると、二次芽の着生時期頃までは温度が高い程良く、生長するにつれて適水温は低くなる傾向がある。
- 6) 25°Cの水温においても、低塩分濃度時に出現したと同じような細胞壁が肥厚突出したノリ芽の異常形態が観察された。

文 献

- 1) 山内幸児：本誌，**39**, 317-321 (1973).
- 2) 岩崎英雄：広島大学水畜産学部紀要，**6**, 133-211 (1965).
- 3) 富士川 澂：朝鮮總督府水試報，**4**, 1-135 (1963).
- 4) H. IWASAKI, and C. MATSUDAIRA: *Tohoku J. Agr. Res.*, **7** (1), 65-83 (1956).
- 5) 木下祝郎・寺本賢一郎：本誌，**24**, 326-329 (1958).
- 6) 木下祝郎・寺本賢一郎：藻類，**6**, 85-88 (1958).
- 7) 下茂 繁・中谷 茂：農電研報告，63006, 1-13 (1963).
- 8) 山内幸児：兵庫県立水試試験報告，**11**, 25-28 (1971).

Explanation of Plate I

Photomicrographs of sporelings of *Porphyra tenera* var. *tamatsuensis*
cultured at various temperatures.

1. Abnormal sporelings which are discharging monospores at 25°C, 10 days. $\times 400$.
2. Sporeling at 5°C, 16 days. $\times 400$.
3. Sporeling at 10°C, 16 days. $\times 100$.
4. Sporelings at 15°C, 16 days. $\times 40$.
5. Sporelings at 20°C, 16 days. $\times 40$.
6. Sporelings at 25°C, 16 days. $\times 100$.