

スギの種苗量産試験 （スギ・トコブシ養殖推進事業）

金城清昭^{*1}・井上 顕・木村基文・宮城美加代・本永文彦
鳩間用一・仲原英盛・濱川 薫・真境名真弓

1. 目的

スギ養殖用種苗の安定供給を図るために、平成 13 年度から水産試験場と共同で種苗量産技術開発試験を実施している。

本試験は、水産試験場がスギのイリドウイルス・フリーの親魚を収集し、これらの親魚を栽培漁業センターに搬入して親魚養成を行い、安定採卵と早期採卵の技術開発を実施し、得られた卵を用いて種苗量産技術を開発・確立することを目的とする。

本報では平成 14 年度に実施したスギの種苗量産試験の結果について報告する。

2. 材料と方法

スギの種苗生産には、50kℓ 屋内円形水槽（内径 6 m、深さ 2.15m、F 水槽）、50kℓ 及び 100kℓ 屋内円形水槽（深さ約 1.5m、C 水槽）、200kℓ 屋内八角形水槽（最大内径 10.39m、深さ 2.6m）を使用した。

飼育海水は、飼育初期には砂濾過海水を紫外線照射処理したものを、その後は砂濾過海水を使用した。紫外線照射処理海水の使用期間は各回次ごとに異なった。卵収容前に紫外線照射処理した海水を飼育水槽に満たし、水槽容量 50kl あたり 1L の次亜塩素酸ナトリウムで殺菌し、所定量のチオ硫酸ナトリウムで中和した。

流水飼育を開始する日に水槽中央の排水口に円筒形のストレーナーを取り付けた。飼育初期のストレーナーの目合いは 761 μ m で、以後成長に応じて目合いを大きくした。

通気は、水槽の形状や大きさに応じて 8 ～ 16 個のエアストーンで行った。通気量は、飼育魚のパッチ形成

や成長に応じて適宜調節した。

種苗生産には、当センターで養成した親魚から得られた受精卵を用い、収容卵数は収容した卵の重量と 1g あたりの卵数から推定した。

ワムシ給餌開始以降は、濃縮ナンノクロロプシスあるいはスーパー生クロレラ V12 を 10 ～ 20 万細胞/mℓ の濃度を目安に飼育水に添加した。

餌に用いたワムシは、連続培養装置、大型水槽での間引き方式、1kℓ 水槽でのバッチ培養方式で培養した S 型、L 型、タイ産ワムシを用いた。ワムシの種類、培養方法、培養時の餌料は、それぞれ生産回次によって異なった。

ワムシの栄養強化は、濃縮ナンノクロロプシスやドコサユージェナ・ドライ（秋田十籐化成製）で行った。栄養強化したワムシを直接飼育水槽に給餌する場合と給餌直前にニフルスチレン酸ナトリウム（上野製薬製、商品名エルバージュ）力価 5ppm で 20 ～ 30 分間薬浴した後に給餌する場合があり、生産回次によって異なったが、同一生産回次ではワムシの薬浴の有無は統一した。ワムシ密度は、飼育回次で異なったが、概ね 5 ～ 10 個/mℓ であった。

アルテミアは、ユタ産アルテミアをドコサユージェナ・ドライで栄養強化して与えた。アルテミア給餌とあわせて台湾産コペポーダを適宜与えた。

配合飼料は、給餌初期は一日に数回手巻きで、その後は自動給餌器を用いて給餌した。自動給餌器での給餌量と頻度は、摂餌状態、残餌量及び成長を勘案して調節した。

底掃除は、自動底掃除機を用い、飼育初期は水槽

*1 執筆者

底の汚れに応じて数日ごとに、配合飼料給餌以降は毎日行った。掃除用ポンプを使用して底掃除をすると、飼育魚が多数吸い込まれるので、ポンプを用いずにサイホン方式で底掃除したが、飼育魚が吸われなくなる飼育後期はポンプを用いて底掃除した。

水槽内の飼育魚数は、夜間に規格 50A の塩化ビニールパイプを用いて柱状サンプリングによって推定し、飼育期間中適宜行った。一度の計数で柱状サンプリングを 5 回行い、飼育水槽の総水量、サンプリングした水量およびサンプリングした個体数から水槽内の飼育魚の数を推定した。

3. 結果および考察

種苗生産の概要 種苗生産は、2002 年 4 月中旬から 9 月中旬までの間に 19 回次実施し、平均全長 72 ～ 112mm の種苗を 6.9 万尾生産した(表1)。

19 回の生産のうち、13 回で取り上げまで飼育できたが、6 回は途中飼育を中止して廃棄した。ふ化仔魚からの生残率は実質生産回次分の平均で 1.21% (0.18 ～ 24.39%)、単位水量あたりの平均生産尾数は 99 尾/kℓ (22 ～ 363 尾/kℓ) で、生産回次によって大きな差があった。

1 ～ 8 回次の生産では、連続培養装置や大型水槽で培養した S 型ワムシのほか、他の魚種用の餌で余ったタイ産ワムシや L 型ワムシを用いて飼育したところ、日齢 10 までに大量減耗がみられ、3 回で途中廃棄、残りの 5 回でも千尾余から 3 千尾と生産は低調であった。これらの飼育に用いたワムシは、ナンノクロブシスで培養・栄養強化したもので、給餌前のニフルスチレン酸ナトリウム薬浴は行わなかった。また、飼育水にはナンノクロブシスを添加した。

9 回次生産以降は、ワムシの培養方法および培養と栄養強化の餌料を見直し、淡水クロレラ(生クロレラ V12)を餌料に大型水槽での間引き方式で培養して、ドコサユグレナドライで栄養強化したワムシを与えた。給餌前にはニフルスチレン酸ナトリウムで 20 ～ 30 分薬浴した。飼育水にはスーパー生クロレラ V12 (SV12) を添加した。また、実験的な飼育を 11 ～ 13 回次と 15 ～ 17 回次で実施した。前者では連続培養ワムシを用いて栄養強化餌料の種類とワムシ薬浴の効果を、後者

では卵の収容密度の違いによる取り上げまでの生残をそれぞれ比較した。

栄養強化方法の違いと薬浴効果の試験 11 ～ 13 回次飼育では、いずれも連続培養装置で V12 を餌料に培養した S 型ワムシを用いた。ワムシをドコサユグレナドライで栄養強化して給餌前に薬浴した区(F-2)、同様に栄養強化して薬浴しなかった区(F-7)、濃縮ナンノクロブシスで栄養強化して薬浴しなかった区(F-8)について飼育状況を比較した。

F-2 での生産尾数は 2,238 尾、ふ化仔魚からの生産率は 0.71%、F-7 は 1,098 尾、0.40%、F-8 は減耗のため日齢 16 で廃棄した。ドコサユグレナドライで栄養強化した区で飼育が完了でき、さらに給餌前にワムシを薬浴した区が最も多く生産できた。

卵収容密度試験 15 ～ 17 回次の飼育では、卵の収容密度を水量 50kℓ あたり 6.2 万粒(F-1)、18.8 万粒(F-4)、32.0 万粒(F-3)にして飼育状況を比較した。ワムシは、いずれも V12 を餌料に大型水槽での間引き方式で培養し、ドコサユグレナドライで栄養強化したものを薬浴して給餌した。ふ化仔魚数は、3 万尾(F-1)、13.6 万尾(F-4)、24.9 万尾(F-3)であった。

3 区ともに取り上げまで飼育が完了でき、生産尾数とふ化仔魚からの生残率は、F-1 で 2,374 尾、7.91%、F-4 で 2,411 尾、1.77%、F-3 で 3,820 尾、1.53%であった。生産尾数は、高密度に収容した F-3 で比較的多かったが、他の 2 区も 2,400 尾内外で大きな差はなかった。一方、ふ化仔魚から取り上げまでの生残率は、低密度の F-1 が最も良く、他の 2 区は 2%未満であった。

培養方法が異なるワムシでの生産の差 ワムシの培養方法を見直す以前と以後の生産状況を比較して表 2 に示した。

見直す以前の 8 例では、取りあげまで生産完了できた割合は 62.5%、見直し後の 8 例は 75.0%と大差はなかった。しかし、生産尾数は見直し前の 1.1 万尾に対して、見直し後は 5.5 万尾と後者が 5 倍程多かった。単位水量あたりの生産尾数とふ化仔魚からの生残率でも、前者が 46 尾/kℓ、0.26%に対して、後者は 156 尾/kℓ、6.86%で、それぞれ後者が 3 倍強と 26 倍程度優れていた。

生産回次が進むに連れて飼育管理技術が向上した

ことを考慮しても、ワムシ培養方法の見直し以前と以後の生産効率の差は大きい。

水槽の明るさ・形状の違いと生産効率 形状と明るさの異なる水槽での生産状況の比較を表 3 に示した。

自然光入射の少ない暗く水深の深い水槽では、飼育 14 例中 10 例で取上まで飼育を完了できた。生産尾数の合計は、23,381 尾、ふ化仔魚からの生産率は 0.44%、単位水量あたりの生産尾数は 46.8 尾/kℓであった。

一方、自然光がよく入射して明るく浅い水槽では、飼育 5 例中 3 例で飼育を完了でき、生産尾数 45,980 尾、生残率 12.10%、単位生産尾数 229.9 尾/kℓであった。

生産回数では、前者が 76.9%、後者が 23.1%であるが、総生産尾数の割合は前者が 33.7%、後者が 66.3%と逆転している。また、単位水量あたりの生産尾数とふ化仔魚からの生残率ともに前者が後者の 5 倍と 28 倍で後者の生産効率が優れていた。

ハマフェフキの種苗生産においても明るい水槽の生産効率が暗い水槽のそれを上回っており¹⁾、スギの種苗生産においても同様の傾向がみられた。

このような傾向は、仔稚魚期の垂直分布様式、自然光入射による飼育水の水質環境への影響、明るさの違いによる摂餌効率の違い、水槽の水深の違いによる換水効率の差などの理由が考えられる。しかし、これらは経験則から要因を特定したものであり、問題の解明には客観的なアプローチを行う必要がある。

スギ種苗生産手法の方向性 今期の飼育事例を総合すると、スギの種苗生産では、V12 を餌料に大型水槽での間引き方式で培養したワムシを DHA 強化して薬浴したのち給餌した場合の飼育例が生産尾数および生産効率ともに良好であった。また、卵の収容密度については、密度の高い 32.0 万粒/50kℓで生産尾数が比較的多かったが、ふ化仔魚からの生産率は最も密度が低い 6.2 万粒/50kℓの区が優れていた。また、自然光がよく入射する明るく浅い水槽での生産数と生産効率は、暗くて深い水槽でのそれを大きく上回っていた。

以上のことから、大型水槽で淡水クロレラを餌料に培養したワムシを DHA 強化して明るく浅い水槽で低密度で飼育した方が良好な生産結果が得られると考えられる。しかし、これは 20 回に満たない飼育例からの推測であり、今後、飼育事例を重ねて最適飼育手法を模索している必要がある。

ワムシの細菌保有レベルの問題、スギの免疫機能の獲得過程や栄養あるいはエネルギー要求などの生理的な問題、栄養・エネルギー要求と餌料密度あるいは餌料切り替えのタイミング、収容密度に基づく餌料あるいは空間の競合の問題、通気量や換水率などの環境制御の問題など、多くの課題が未解決である。しかし、これらの問題点を実験的に解決・検証するには、現在の飼育技術レベルはあまりに未熟で安定性に欠き、量を前提とした実験飼育に耐え得ないのが現状である。

したがって、当面はワムシの培養方法を一定にしてワムシの質的変動を可能な限り小さい範囲に留めた上で、餌料密度、栄養強化手法、給餌期間、餌の切り替えタイミング、収容密度などの基本的な問題の解決に努め、少なくとも実験飼育に耐える技術体系をまずは築く必要がある。これと同時にワムシの質的なモニタリングも平行して行うことも必要である。

4. 文献

1) 金城清昭・仲村伸次・木村基文・宮城美加代・真境名真弓・井上顕・本永文彦・石垣新(印刷中):ハマフェフキの種苗生産.平成 13 年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書.

表1 H14年度のヌギ種苗生産状況

回数	水槽名	水槽容量 (kl)	飼育開始	収容卵数 (千粒)	ふ化仔魚数 (千尾)	ふ化率 (%)	ワムシ終了日令	生産尾数 (尾)	平均全長 (mm)	取上日令	ふ化仔魚からの生産残率 (%)	単位生産尾数 (尾/kl)	初期給餌の日令*2	日令3までの飼育水温	ワムシの培養由来*3	ワムシ培養時の餌料*4	ワムシの栄養強化方法*4	飼育水へ添加した藻類の種類*4	ニルスレン酸ナトリウム薬浴の有無 (5ppm)	備考
1	F-2	50	2002/4/19	1,370	1,035	75.52	12	廃棄	-	-	-	-	2-pm	25.0-27.0	連大S.T.L	ナノ	ナノ	ナノ	無	
2	F-3	50	2002/4/20	1,237	979	79.13	22	3,087	78.06	45	0.32	61.74	2-pm	25.0-27.0	連大S.T.L	ナノ	ナノ	ナノ	無	
3	F-7	50	2002/4/20	1,274	1,476	115.78	16	廃棄	-	-	-	-	2-pm	25.0-27.0	連大S.T.L	ナノ	ナノ	ナノ	無	
4	F-6	50	2002/5/2	805	788	97.93	24	2,711	98.08	48	0.34	54.22	2-pm	25.2-25.4	連大S.T.L	ナノ	ナノ	ナノ	無	
5	F-8	50	2002/5/2	980	929	94.83	24	2,201	91.53	48	0.24	44.02	2-pm	25.3-25.5	連大S.L	ナノ	ナノ	ナノ	無	
6	200-2	200	2002/5/4	1,769	1,511	85.41	22	廃棄	-	-	-	-	3-am	24.6	連大S.L	ナノ	ナノ	ナノ	無	
7	F-7	50	2002/5/18	3,050	922	53.64	29	2,187	83.53	44	0.24	43.74	2-pm	25.1	連大S.L	ナノ	ナノ	ナノ	無	
8	F-2	50	2002/5/23	F-7から分槽	714		24	1,254	89.30	44	0.18	25.08	2-pm	25.1	連大S.L	ナノ	ナノ	ナノ	無	
9	C-3	50	2002/7/10	405	136	33.44	19	廃棄	-	-	-	-	2-pm	28.7-29.2	大S	V12	ドコサ	SV	無	
10	C-4	50	2002/7/10	412	123	29.72	20	廃棄	-	-	-	-	2-pm	28.8-29.0	大S	V12	ドコサ	SV	無	
11	F-2 *1	50	2002/7/10	431	317	73.58	26	2,238	111.95	49	0.71	44.76	2-am	28.2-28.5	連S	V12	ドコサ	SV	有り	連培ワムシの実験
12	F-7 *1	50	2002/7/10	417	271	65.07	26	1,098	110.11	49	0.40	21.96	2-am	27.7-28.0	連S	V12	ドコサ	SV	無	連培ワムシの実験
13	F-8 *1	50	2002/7/10	445	215	48.31	16	廃棄	-	-	-	-	2-am	27.9-28.2	連S	V12	ナノ	SV	無	連培ワムシの実験
14	C-6	100	2002/7/10	846	149	17.60	20	36,326	110.27	48	24.39	363.26	2-am	29.0-29.5	大S	V12	ドコサ	SV	有り	
15	F-1 *1	50	2002/7/25	62	30	48.25	21	2,374	95.09	40	7.91	47.48	2-am	28.0	大S	V12	ドコサ	SV	有り	収容密度試験 低密度
16	F-3 *1	50	2002/7/25	320	249	77.80	21	3,820	94.86	40	1.53	76.40	2-am	28.0	大S	V12	ドコサ	SV	有り	収容密度試験 高密度
17	F-4 *1	50	2002/7/25	188	136	72.34	21	2,411	82.30	40	1.77	48.22	2-am	28.0	大S	V12	ドコサ	SV	有り	収容密度試験 中密度
18	C-3	50	2002/7/30	577	157	40.05	20	5,633	83.02	41	3.60	112.66	2-am	27.5-28.5	大S	V12	ドコサ	SV	有り	
19	C-4	50	2002/7/30	C-3から分槽	75		20	4,021	71.68	41	5.39	80.42	2-am	27.5-28.5	大S	V12	ドコサ	SV	有り	
合計/平均		1,150		14,590	10,211			69,361			0.68	60.31								
実質生産の合計/平均		700		8,913	5,716			69,361			1.21	99.09								

*1: 実験的な生産回数
 *2: 数字はワムシ給餌を開始した日令、am/pmは午前と午後を示す。例: 2-pmlは、日令2の午後(午後)にワムシを初給餌したことを示す。
 *3: 連: 連続培養装置培養ワムシ; 大: 大型水槽培養ワムシ; S: S型ワムシ; T: タイワムシ; L: L型ワムシ
 *4: ナノ: ナノコロポシ; V12: 生コロラV12; ドコサ: ドコサユーグレナドライ; SV: スーパー生コロラV12

表2 ワムシ培養方法の見直し以前と以後の生産状況の比較

回数	水槽数	水槽容量 (kl)	収容卵数 (千粒)	ふ化仔魚数 (千尾)	ふ化率 (%)	生産尾数 (尾)	単位あたりの生産数 (尾/kl)	ふ化仔魚からの生産残率 (%)	
1~8回次	全体	8	550	10,486	8,354	79.67	11,440	20.8	0.14
	実質	5	250	6,072	4,332	71.35	11,440	45.8	0.26
	生産完了率 (%)	62.5							
9~10; 14~19回次	全体	8	450	2,812	1,053	28.29	54,585	121.3	5.18
	実質	6	350	1,994	795	39.89	54,585	156.0	6.86
	生産完了率 (%)	75.0							

表3 形状と明るさの異なる水槽での生産状況の比較

水槽の区別	飼育回数 (割合%)	総水槽容量 (kl)	収容卵数 (千粒)	ふ化仔魚数 (千尾)	ふ化率 (%)	生産尾数 (尾)	全生産尾数に占める割合 (%)	ふ化仔魚からの生産残率 (%)	単位生産尾数 (尾/kl)	
自然光の入射が少ない暗く深い水槽	全体	14 (73.7)	850	12,349	9,572	77.52	23,381		0.24	27.5
	実質	10 (76.9)	500	7,490	5,336	71.24	23,381	33.71	0.44	46.8
自然光がよく入射する明るく浅い水槽	全体	5 (26.3)	300	2,241	638	28.48	45,980		7.20	153.3
	実質	3 (23.1)	200	1,423	380	26.71	45,980	66.29	12.10	229.9