

伊勢湾地域増養殖対策試験 ノリ色落ち対策試験

坂口 研一・落合 昇

目 的

これまでにノリの栄養要求やノリ養殖漁場での施肥による色落ち回復に関する研究がなされてきた。しかし、色落ちには根本的な解決策がない上、唯一多少の効果が認められる施肥についても栄養塩類が海水中へ拡散するため効果が低減することや、現在は環境に配慮した養殖をおこなうことが求められていることから、ノリ養殖漁場で直接行うことは好ましくない。また、ノリの色落ちは程度の差が大きいにもかかわらず、乾のり製造前の生ノリの色調についての表現は大まかなもので、客観的な測定がなされた例はほとんどない。そこで今回は生ノリの色落ちの程度を色彩色差計で評価するとともに、過大な施設負担がかからないことを必須条件とし、高密度かつ24時間の浸漬処理によって、摘採後の生ノリの色調を加工前に回復させることを目的として、最適なアンモニウム態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) 濃度を検討した。

方 法

三重県鈴鹿市白子地先でスサビノリ *Porphyra yezoensis* を野外採苗および育苗し、葉長 1 cm 程度の冷凍網を作製後、 -20°C で貯蔵した。冷凍網は試験時に切断して、40cmの長さのノリ糸を作製した。ノリ糸は天井と周囲の窓から採光できる屋内のノリタンク培養装置 (縦150cm 横90cm 高さ45cm) 内のステンレス製の枠に10本張った。タンク内の360 Lの天然海水中に含まれる栄養塩類の濃度を維持するために、新しい天然海水を1時間に20 L 流水しながらノリ糸を張った枠を10cm/sの速度でモーターで水平に往復運動させて水温 10°C で2週間培養し、葉長 5 ~ 10cm程度に生長させた後、試験に用いた。

1. 水中の栄養塩類の測定

培養に用いた天然海水の硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)、亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)、 $\text{NH}_4\text{-N}$ およびリン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) 含有量は、培養に用いた海水を0.2 μm のフィルター (ADVANTEC製DISMIC-25) でろ過した後、オートアナライザー (BRANLUEBBE製トラックス800) を用いて分析した。

2. 色落ち過程における葉体の色調と光合成色素量の関係
ノリタンク培養装置の海水流入を停止し、溶存態無機窒素 (DIN) が $100\ \mu\text{g/L}$ 以下に低下したのを確認後、経時的にノリ葉体を採取し、一部を葉体の色調と光合成色素量の測定に、残部を後述の色調回復試験に用いた。すなわち、隔日にノリを計8回採取し、1サンプルに対し葉体10枚の色調測定を行った。色調は色彩色差計 (ミノルタ製CR-300) を用いてキャリブレーションプレートを食品用ラップフィルムで保護した上に、ノリ葉体を1枚ずつ広げ測定した。

クロロフィル a 、フィコエリトリン、フィコシアニンの各光合成色素量は、色素を抽出後、吸光度法により求めた。葉体の色調と光合成色素含量との関係は回帰分析により行った。

3. 色落ち過程に対する色調回復試験

上述の方法で採集した8検体のノリ葉体1g (湿重量; 水分含量80%) を、加工現場のノリ攪拌タンクにならって周囲を遮光した70mLの容器に入れ、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度1, 10, 25, 50mg/Lの4段階になるように調製した硫酸アンモニウム添加海水30mL中で、照度3,000lux, 明期9時間, 暗期15時間, 水温 10°C とし、通気しながら24時間処理した。処理後の葉体色調を色彩色差計で測定し、LAB表色系で評価した。各試験区はt検定 (両側確率) により有意差検定を行った。また、光合成色素はクロロフィル a 、フィコエリトリン、フィコシアニン含量を測定した。含有量はノリ湿重量1gあたり (水分含量80%) で示した。

結 果

1. 栄養塩類の変化

試験開始時のDINは $52.4\ \mu\text{g/L}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ は $35.2\ \mu\text{g/L}$ であった。試験開始後4日目までにDINは急激に減少して $10\ \mu\text{g/L}$ 程度となり、以後14日まで緩やかに減少した。 $\text{PO}_4\text{-P}$ は8日目まで徐々に減少し、8日目には $10\ \mu\text{g/L}$ 以下となり、以後14日まで緩やかに減少した。

2. 葉体の色調の変化と光合成色素含量

今回の試験では試験開始から日数が経過するに従って、

L*値とb*値は高くなり、a*値は低くなり、各回の測定ではすべてがその2日前に測定したノリに比べてE*abが2.0より大きな値を示した。このことは、葉体1枚レベルでみると、栄養塩が不足した条件下では少なくとも2日間で葉体の色が異なっただことが知覚されることを意味した。クロロフィルaは試験開始時に1.02mg/g(湿重量)であったものが、試験終了時には0.37mg/g(湿重量)に減少した。フィコエリトリンは試験開始時に7.29mg/g(湿重量)であったものが、試験終了時には1.49mg/g(湿重量)に減少し、フィコシアニン7.95mg/g(湿重量)であったものが、1.90mg/g(湿重量)に減少した。試験終了時にはフィコエリトリンとフィコシアニンはクロロフィルaの減少率64%に比べ、それぞれ80%、76%と大きく減少した。肉眼観察では、8日以降の葉体は中程度から重度の色落ち状態で、これらのノリを乾のり製品にすると退色した製品となってしまう。この時、葉体のa*値がはじめてマイナスの値を示し、葉体の色調が赤方向から緑方向に移行した点が特徴的であった。この時の光合成色素含量は、クロロフィルa、フィコエリトリン、フィコシアニン含量が葉体1g(湿重量)当たりそれぞれ0.64mg、3.3mg、3.5mgであり、それぞれ実験開始時の62%、45%、45%に低下していた。

ノリ葉体のL*値、a*値、b*値と各光合成色素含量の回帰分析を行ったところ、L*値とクロロフィルa、フィコエリトリン、フィコシアニンの重相関係数は、それぞれ $R^2=0.83, 0.96, 0.95$ であり、a*値とクロロフィルa、フィコエリトリン、フィコシアニンでは、それぞれ $R^2=0.90, 0.97, 0.94$ 、b*値とクロロフィルa、フィコエリトリン、フィコシアニンでは、それぞれ $R^2=0.81, 0.86, 0.84$ であった。

3. 色落ち過程に対するNH₄-N濃度の検討

試験開始8日後のノリのa*値は-0.36であったが、NH₄-N濃度10mg/Lで24時間浸漬処理したものはa*値が0.25となり、浸漬前に比べて有意に上昇した($p<0.05$)。NH₄-N濃度25mg/Lでもa*値は0.74となり有意に上昇した($p<0.01$)。同様に10日後のものはNH₄-N濃度25mg/Lでa*値は-1.52から-0.69に、12日後のものはNH₄-N濃度25mg/Lで-2.68から-2.10にそれぞれ有意に上昇した($p<0.05$)。14日後のものはいずれのNH₄-N濃度においても有意なa*値の上昇はみられなかった。いずれの色落ち過程に対しても色調回復効果があったNH₄-N濃度25mg/Lで処理したノリの光合成色素量は、処理前に比べて8日後のノリでクロロフィルa、フィコエリ

トリン、フィコシアニンそれぞれ141%、116%、116%、10日後のノリではそれぞれ186%、135%、139%、12日後のノリではそれぞれ140%、153%、157%となり効果が明らかであったが、14日後のノリではそれぞれ123%、106%、105%であった。このように、14日後の細胞質が顆粒化した極めて重度の色落ちノリではa*値とクロロフィルa含量はやや上昇したが、フィコピリタンパク質含量は回復せず、葉体としての色調回復効果はほとんどなかった。総合的に見ると8日目から12日目の中程度から重度の色落ちノリ、a*値で見ると-0.36から-2.68を、NH₄-N濃度25mg/Lで24時間処理するのが効果的であった。

考 察

色落ちに伴うノリ葉体の色調変化をみると、L*値は高くなり、a*値は低くなり、b*値は高くなった。すなわち葉体は栄養塩類の不足により色が薄くなり、赤味が低下し黄味が増した。色調と光合成色素含量を測定した結果、L*、a*、b*値の中でa*値は今回測定した光合成色素含量と非常に強い相関が認められた。しかし、色彩色差計による光合成色素含有量の推定には、a*値は波長に基礎をおいた値ではないこと、また各光合成色素含量やその含有比率とa*値との関係を知る必要があることなど、さらに詳細な検討を要する。

また8回にわたって測定した各色落ち過程の色差測定の結果は、その1回前(2日前)の色落ち過程での測定したノリに比べて、すべてがE*abが2.0以上であったことから、葉体は2日間で知覚し得るほどに色が変化することがわかった。このことは、従来経験的に行われてきた栄養塩類不足時には早期に摘採することの重要性を裏付けるものである。

今回の色調回復試験では、試験開始8日後の中程度の色落ちから12日後の重度の色落ち葉体では、NH₄-Nを25mg/L濃度になるように添加した海水中で24時間処理すると、色調回復および光合成色素量の増加に安定した効果がみられた。すなわち、この間の硫酸アンモニウム処理前の葉体のa*値の平均は-0.36~-2.68の範囲であったが、処理後は0.74~-2.10の範囲に改善された。なお、今回の試験で用いたNH₄-N濃度1mg/Lは実際のノリ養殖漁場の海水中の濃度としては高濃度であるが、摘採後に色調回復を目的とした短期で高密度の浸漬に使用するには不十分であったと推測され、一方NH₄-N濃度50mg/Lでは最適な濃度をやや上回っていたと考えられる。

今回は実際ののり加工現場で、現有の施設を利用し、ノリの摘採後から加工に入るまでの間に葉体の色調を向上させることを目的とした。そのため、葉体を高密度で且つ24時間の処理という条件下で色調向上試験を行った結果、中程度から重度の色落ちノリは $\text{NH}_4\text{-N}$ が 25mg/L の濃度になるように硫酸アンモニウムを添加した海水に24時間浸漬処理することにより、色調向上効果がみられることがわかった。今後は浸漬処理の条件をさらに改良

することにより色調回復効果を高めることが必要である。

関連報文

坂口研一，落合 昇，Chan Sun Park，柿沼 誠，天野秀臣：色落ちノリの色調評価と硫酸アンモニウム添加海水への浸漬による色調回復，日水誌，69，399-404，(2003)。