

イシクラゲの有効活用

3501 足立美空 3530 原さつき 3624 梶村実由

<要旨>

イシクラゲ (*Nostoc commune*) の窒素固定能力や保水性、乾燥耐性を活用する事で、化学肥料に頼りすぎない持続可能な農業を目指す。イシクラゲの細胞塊を、植物の根元に添えること(イシクラゲマルチ)で植物の成長促進効果があるかを確かめる。

5つの条件でシロイヌナズナを栽培し、葉の枚数の変化を計測した(実験Ⅰ)。また、5つの条件でチンゲンサイを1か月ほど栽培し、葉の長さを計測した(実験Ⅱ)。

実験ⅠもⅡも、イシクラゲマルチを行った区画では、硫安(一般的な窒素肥料)を付与した区画に劣らない程度の成長が見られた。

イシクラゲマルチにより、窒素欠乏状態の植物の生育が改善された。また窒素の付与には即効性があり肥料として活用できそうだ。

1. はじめに

窒素は、リン酸、カリウムと共に肥料の三要素と呼ばれ、植物の生育においてタンパク質、核酸、クロロフィル、補酵素などの合成に用いられており、作物の育成に必要な不可欠な

物質である(Kramer and Kozlowski 1979)。化学工業技術の飛躍的な発展により化学肥料の開発が進み、人工的に窒素成分を土壤に付与することで、農業生産の効率を大きく向上させた。日本の農業では100 kg/haの窒素肥料が使われており、日本全体での化学肥料の消費量のシェアを見ると、窒素肥料では、水稻が30%で最も多く、次いで野菜25%、工芸作物15%、普通畑作物等12%などとなっている(西尾 2002)。

しかしながら、この化学肥料の過剰付与に伴い土壤劣化が進行している。国連食糧農業機関

(FAO)によると食料生産に重要な地球上の土壤の33%以上が既に劣化しており、2050年までに90%以上の土壤が劣化する可能性があると言われている。土壤劣化は作物生産の低下だけでなく、土壤の持っている吸着機能や浄化機能の能力容量を越えて農薬や肥料等が多量に施用されると、農用資材が環境へ負荷を与えるようになり、環境保全機能が衰えることが分かっている(大塚 1995)。これらのことから、持続可能な農業を目指すために、化学肥料に頼らずに土壤に窒素を付与する方法が必要である。

そこで、ネンジュモ属に属する陸生藍藻イシクラゲ (*Nostoc commune*) に着目した。イシクラゲには窒素固定能力や保水性があり、これらの能力を活用する事で、化学肥料に頼りすぎずに土壤に窒素を付与できるのではないかと考え



図1 イシクラゲ

た。そこで本研究では、イシクラゲが窒素欠乏株に与える影響について調べることを目的とした。

2. 実験Ⅰ シロイヌナズナの生育

モデル植物であるシロイヌナズナを用いて葉の枚数を観察した。

(1) 仮説

イシクラゲを付与すると、イシクラゲの窒素固定作用がはたらき、土壤に窒素が付与されるため、イシクラゲを付与したシロイヌナズナの葉の枚数は付与していない群と比べ増える。

(2) 実験材料

イシクラゲ、シロイヌナズナ(理研バイオリソースより提供)

(3) 使用器具

インキュベーター、人工気象器、精製水、ポット、ピンセット、シャーレ、電子天秤、バーミキュライト、硫安、ラベル、スコップ、キムタオル、すり鉢、ハイポネックス(液肥)

(4) 実験方法

①ポットにバーミキュライトを入れ、種を10粒ずつ6つの穴をあけて植えた。(2022年6月8日)

気温20℃ 湿度70%の人工気象器に入れ発芽させた。

②ポットにバーミキュライトと赤玉土を1:1で混合したものを詰め、発芽したシロイヌナズナを植え替えた。その後水をパッド内に張った。



図2 ポットのイシクラゲの配置

③発芽の1週間後に初期肥料として薄めたハイポネックスを与えた。7月14日に1ポットに1株ずつシロイヌナズナを移植した。

④人工気象器を以下の通りに設定し、シロイヌナズナを飼育した。

温度；20℃ 光周期；(明期 16h 暗期 8h)

湿度；50-60% 光強度；5000lux-6000lux

⑤5つの区画について各5ポットずつ栽培した。条件は以下の通りとした。

区画 I-A イシクラゲ (湿潤状態のイシクラゲを株周りに置いた(イシクラゲマルチング))

区画 I-B イシクラゲ(すり鉢で粉碎して株周りに置いた(海苔の佃煮状))

区画 I-C イシクラゲ (アルミホイルを株元に

区画 I-D 硫酸 (1ポットあたり 0.02 g)

区画 I-E コントロール(無施工)

なお、区画 I-A~I-Cは②で乾燥させたのち、1日水に浸したイシクラゲを用いた。

⑥バットからの底面給水のため、乾燥しないようバットに水を補給し続けた。区画を設定してからは平日のみ、全ての株に上から水を与えた。

⑦移植後から3週間、各ポットの葉の枚数を平日毎日計測した。

(4) 結果

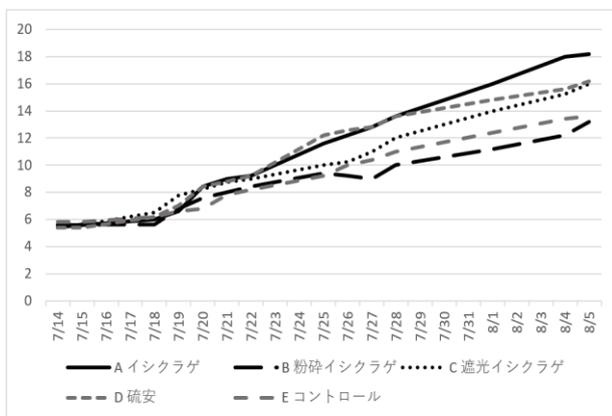


図5 シロイヌナズナの枚数の変化

葉の枚数の変化は大きいものから I-A 通常の湿潤状態イシクラゲ、I-D 硫酸、I-C 遮光イシクラゲ I-E 通常シロイヌナズナ、I-B 粉碎イシクラゲの順であった。

葉の枚数の変化は大きいものから I-A 湿潤状態イシクラゲ 18 枚、I-D 硫酸 16 枚、I-C 遮光イシクラゲ 16 枚、I-E 通常シロイヌナズナ 13 枚、I-B 粉碎イシクラゲ 13 枚の順となった。



図3 植え替え直後(左から順に区画 I-A~I-E)
(5) 考察



図4 最終日の様子(左から順に区画 I-A~I-E)

一般的に窒素欠乏状態では、植物全体の生育が悪くなり、葉が黄色く見えるなどの症状が表れる(景山詳弘ら 1987)が、今回の結果では葉の黄変は見られなかった。

実験結果は I-A 群の状態であれば化学肥料である I-D 群よりも葉の枚数が多く、生長しているが、I-C 群遮光イシクラゲは I-A 群に比べ葉の枚数は少なくなったことから、イシクラゲに光が当たらないことが生育に関係しているのではないかと考えられる。ただしアルミホイルと土壌の間にわずかな隙間が空いていたことで人工気象器の光が当たる箇所ができ、一部窒素固定を行った可能性が考えられる。

I-B 群の粉碎イシクラゲは細胞をすりつぶしたことで、成長を妨げていることも考えられる。しかし、これらの結果からイシクラゲが土壌に窒素を供給しているかどうかは、葉の枚数のみで考えると、今回は生育度合いの観点からのデータのみであるため、葉の枚数は他の要因によって成長が促進された可能性もあるため確かとは言えない。

3. 実験Ⅱ チンゲンサイの生育

(1) 目的

実験材料を葉物野菜であるチンゲンサイに変更して実験を行うことで、窒素の付与による葉の大きさの変化をより明確にする。

(2) 実験材料

イシクラゲ、チンゲンサイ

(3) 使用器具

プランター、バーミキュライト、軽石、スコップ、硫安(窒素肥料)

(4) 実験方法

①プランターの底に軽石を入れ、バーミキュライトを入れた。

②プランターの中央に深さ1cmの溝を掘り、種をすじまきし、軽く土をかぶせた。

③水やりを朝と夕方にした。

④発芽後2回に分けて間引き、各プランターの個体数を15株にした。

⑤プランターをⅡ-A～Ⅱ-Eの5つに分けそれぞれに付与した(2022年9月7日)

前回の反省を生かし遮光の方法を変更する事にした。

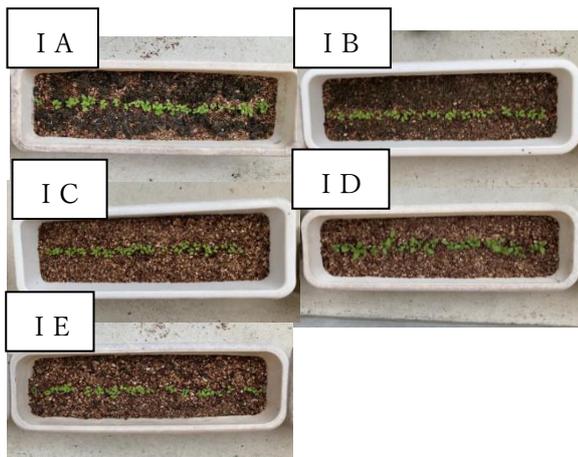


図6 ⑤の1週間後の各プランター

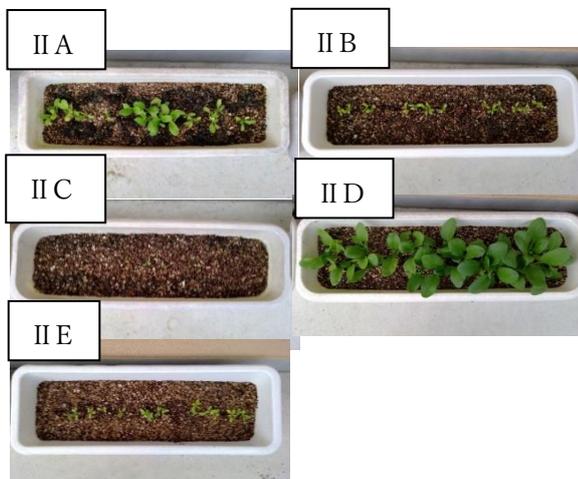


図7 ⑤の3週間後の各プランター

区画Ⅱ-A イシクラゲ(乾燥させたイシクラゲを1日水に浸し湿潤状態にする)

区画Ⅱ-B イシクラゲ(I-A状態のイシクラゲをすり鉢で粉碎する)

区画Ⅱ-C イシクラゲ(I-A状態イシクラゲを土に入れて遮光する)

区画Ⅱ-D 硫安(10.0g 9月30日追肥10.0g)

区画Ⅱ-E コントロール(そのまま栽培する)

⑥区画Ⅱ-A～Ⅱ-Eの葉で最も大きな葉の茎から葉の先端までの長さを測定した。また葉の色についても観察した。

(5) 結果

Ⅱ-Bは途中で枯れて4株となってしまった。

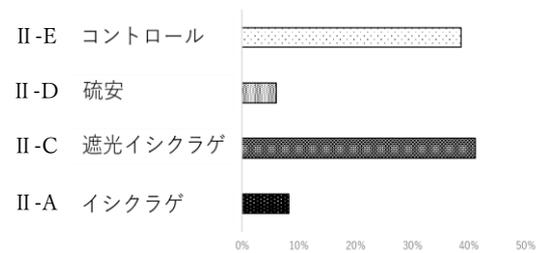


図8 葉の黄変率

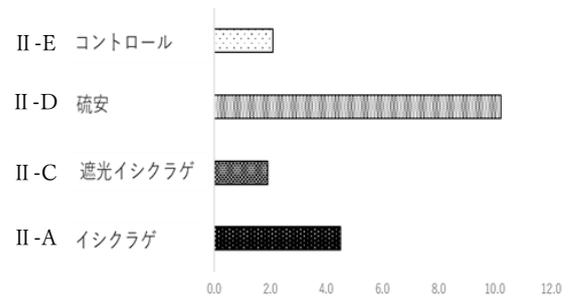
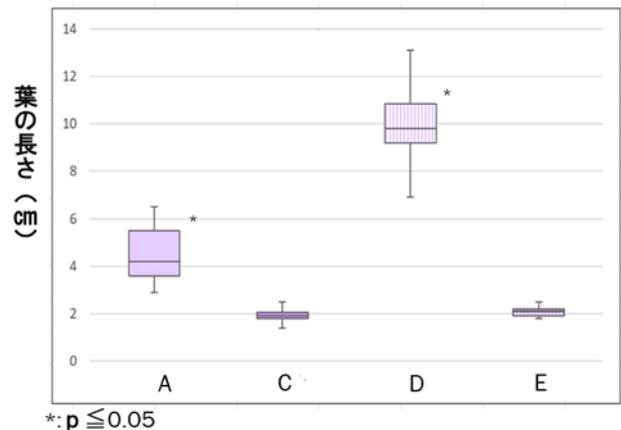


図9 葉の長さの平均



*: $p \leq 0.05$

図10 葉の長さの分布

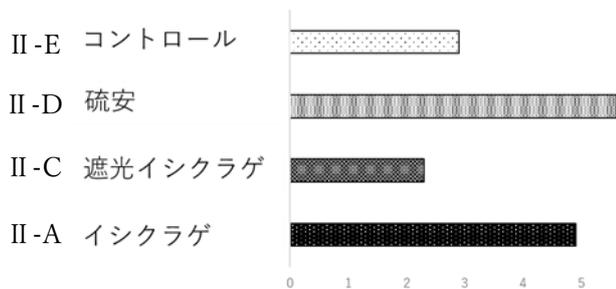
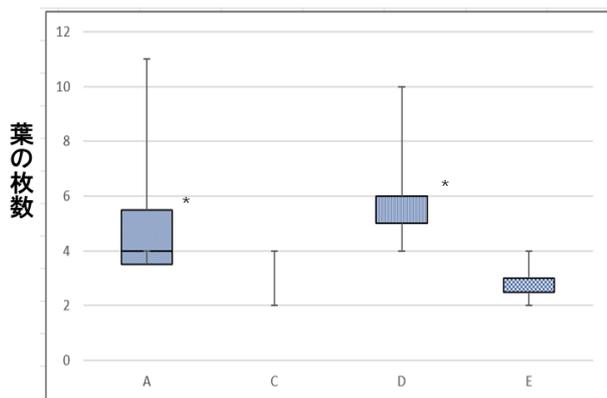


図 11 葉の枚数の平均



*: $p \leq 0.05$

図 12 葉の枚数の分布

(5) 考察

II-B 群、II-C 群の葉はII-D 群と比較して有意に小さく、黄色に変色しているものが多く、II-B 群は枯れたなどの窒素欠乏の症状が見られることから、これらの群では、土壤に窒素は供給されていないと考えられる。一方II-A 群では、窒素肥料を付与したII-D 群と葉、茎の大きさ、葉の色に有意差が見られなかったことから、窒素が土壤に供給されるといわれる。また図 10 のように付与後 1 週間の段階でII-A 群とII-D 群は他と比べて成長が早い事から肥料としての即効性も期待できると思われる。一方でII-A 群はII-C 群と比較すると遮光していないII-A 群の葉が大きいことから光が窒素固定能力に影響したことがII-B 群はII-E 群と比べて葉が小さく、黄色くなり枯れてしまった株が多く見られたためダメージを与えられ何らかの成長を阻害するような影響が出た可能性があることが予想される。

4. 実験Ⅲ イシクラゲの窒素含有量

(1) 目的

実験ⅠとⅡの実験を数値化し、結果をより明確なものにする。

またチンゲンサイ以外の作物においても窒素肥料として利用可能かを検証する。

(2) 実験材料

・イシクラゲ

(3) 使用器具

・電子天秤 ・ピンセット ・キムタオル ・硫安 (窒素肥料) ・バーミキュライト ・スコップ ・ポット ・精製水 ・農大式簡易土壌診断みどりくん

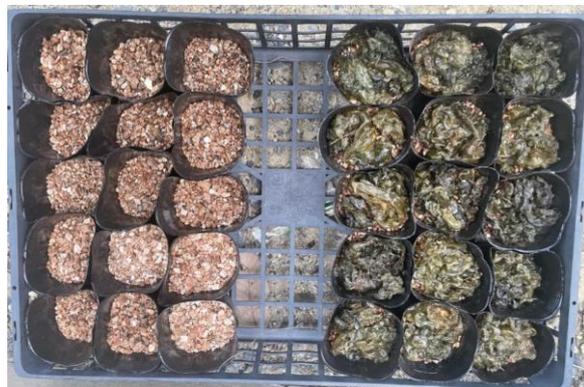


図 13 実験Ⅲで使用したプランター



図 14 簡易土壌診断みどりくん

(3) 実験方法

- 採取したイシクラゲを精製水につけて湿潤状態にした
- バーミキュライトを約 25.0 g ずつポットに、入れた。実験対象は以下のものとした
 - A1 イシクラゲ (25.0 g)
 - A2 硫安 (窒素肥料)
 - A3 コントロール (無施肥)
- 湿潤状態のイシクラゲ 25.0 g を 15 個のポットのバーミキュライト上に載せた
- 硫安を 0.10 g 7つのポットのバーミキュライトの上に乗せ混ぜた
- 日光下に置き 1 日に 2 回水やりをした。また①は 2 日に 1 度、②③は 5 日に 1 度ポットの中心から 5.0 cc の土を採取し土壌中の窒素量を測定した。

(5) 結果

A1 は実験 9 日目で窒素が供給され始め、計測最終日まで約 3.0~7.0($\text{NO}_3\text{-N}$ mg/L)の窒素が出された。A2 は計測初日から約 7.0~10.0($\text{NO}_3\text{-N}$ mg/L)の窒素が検出された。

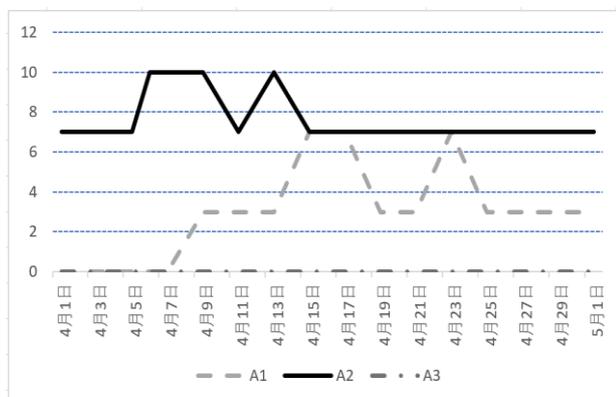


図 15 窒素含有量の変化

(縦軸：作土中に残存する硝酸態窒素量を直読数値は 10a、15 cm あたりの窒素 kg 量)

(6) 考察

イシクラゲを付与した土壌で窒素成分が確認されたことから、イシクラゲは硫酸には劣るが、肥料として活用可能であると考えられる。

5. 実験Ⅳ 作物に付与された窒素量

(1) 目的

イシクラゲを付与して栽培したことによって作物に付与される窒素量を調べる。

(2) 実験材料

・イシクラゲ ・リーフレタス

(3) 使用器具

・電子天秤 ・ピンセット ・キムタオル・硫酸(窒素肥料) ・バーミキュライト ・スコップ
・ポット ・ミキサー・ビーカー・精製水
・農大式簡易土壌診断みどりくん

(4) 実験方法

- ① プランターに軽石とバーミキュライトを底に入れた
- ② プランターの中央に深さ 1.0cm の溝を掘り、種をすじまきして軽く土をかぶせた
- ③ 水やりを朝と夕方にした。
- ④ 発芽後 2 回に分けて間引き、各プランターの個体数を 15 株にした。
- ⑤ プランターをⅣ-A~Ⅳ-E の 5 つに分けそれぞれに付与した。

区画Ⅳ-A イシクラゲ (乾燥させたイシクラゲを 1 日水に浸し湿潤状態にする)

区画Ⅳ-B イシクラゲ(A 状態のイシクラゲをすり鉢で粉砕する)

区画Ⅳ-C イシクラゲ (A 状態イシクラゲを土に入れて遮光する)

区画Ⅳ-D 硫酸 (10.0 g)

区画Ⅳ-E コントロール そのまま栽培した

⑥ 区画Ⅳ-A~Ⅳ-E の葉を農大式簡易土壌診断みどりくんを用いて窒素含有量を測定した。

⑦ リーフレタス 5.0g の可食部分をはさみで細かく刻み、全体をよく混合する。

⑧ ミキサーにと精製水 50cc 入れて攪拌する。

⑨ 「みどりくん N」の試験紙チップを 3 秒間浸し、取り出す。

⑩ 30 秒間反応させた後、硝酸試験紙の呈色をカラーチャートと比べて、測定値を読みとる。

(5) 結果

表 1 リーフレタスの硝酸濃度

	硝酸濃度 ($\text{NO}_3\text{mg/L}$)
Ⅳ-A	0
Ⅳ-B	0
Ⅳ-C	0
Ⅳ-D	10.0
Ⅳ-E	0

野菜中の硝酸濃度(mg/L) = 測定値(mg/L) × 50 / 搾汁液採集量(cc)

Ⅳ-D 以外の作物の窒素含有量は全て 0 であった。育成途中で葉が害虫によってほとんど食べられてしまった。

(6) 考察

Ⅳ-D 以外の作物の窒素含有量は全て 0 であったことから植物には窒素が供給されていないということが考えられる。実験に使用した葉が育成途中で害虫によってほとんど食べられてしまったことでⅣ-A~Ⅳ-E の間で使用する部位が茎が多くなってしまい、量に差が生じたからではないかと考えられる。



図 16 害虫によって食べられたリーフレタス

6. まとめ

湿潤状態のイシクラゲは作物に何らかの成長促進作用があると思われるが原因は不明である

湿潤状態のイシクラゲは窒素固定をし、窒素を土壌に付与している可能性が高いと思われる。また窒素の付与には即効性がある可能性があり肥料として活用できそうだ。しかしイシクラゲは粉碎や遮光をすると何らかの成長阻害を及ぼすと考えられる。

通常の湿潤状態のイシクラゲは窒素肥料である硫安には及ばないが、窒素肥料として活用することができると考えられる。

7. 展望

今回の実験において液状化したイシクラゲの機能について検証を行うこと、また今後の実験で作物の成長を阻害した遮光イシクラゲや粉碎イシクラゲによる作物への悪影響の原因についても検証したい。

8. 謝辞

本研究の遂行にあたり、シロイヌナズナの提供をしてくださった理化学研究所の皆様、ご指導を賜りました太田先生、伊藤先生、田中先生、市川先生、協力していただいた本校1年生(2022年時点)の水島さん、佐々木さん、に感謝の意を表します。

9. 参考文献

- ・「土のひみつ」編集グループ 「土のひみつ」日本土壤肥料学会朝倉書店出版
- ・横山和平, 河野伸之, 丸本卓哉. (2005): Nostoc 属シアノバクテリアが形成するアグリゲートの物理・科学的ストレスに対する抵抗性. 土と微生物, 59(1)3-7
- ・木村駿太. (2018): 陸棲藍藻 Nostoc sp. HK-01 の乾燥藻体の乾熱耐性
- ・松尾成夫: 食と農業から土壌と環境を考える
- ・オザキフラワーパーク監修 「プランターで楽しむお家で野菜作り」池田書店
- ・「空気中の窒素を肥料とする窒素固定植物の創出」名古屋大学大学院生命農学研究科ゲノム情報機械学研分野
- ・学習院大学理学部「3-1-1 植物を織る(シロイヌナズナ)」
- ・国立研究開発法人国立研究開発研究所(2017)「モデル植物を利用した遺伝学的研究」コラム4
- ・尾張智美「イシクラゲ—藻類の多様性と可能性—」
- ・庄子貞雄.(1999): 環境保全型農業における新肥料の活用. 農林水産技術研究ジャーナル, 22(5).

- ・谷 昌幸. (2020): 窒素の役割と重要性: 作物の生命活動に必要なタンパク質を構成. ニューカントリー67(4)
- ・西尾道徳. (2002) 日本における化学肥料消費の動向と問題点. 日本土壤肥料学雑誌, 73(2), 219-225
- ・増島博. (2001): 農耕地における物質循環と環境問題. 農業土木学会誌, 69(12), 1237-1240
- ・JA 梨北「正しく知ろう!! 肥料の基礎知識」
- ・国連食糧農業機関(2015)「世界土壌資源報告書」
- ・鈴木悠希, 吉田あすか, 郷原泰良, 成瀬静香. (2016): 未来を担うイシクラゲ. 恵那高等学校平成28年度サイエンスリサーチⅢ.
- ・池羽智子, 貝塚隆史, 石井貴(2005)「チンゲンサイのビタミンC, 糖, 硝酸含有量に及ぼす品種, 栽培条件の影響」茨城県農業合センター園芸研究所研究報告第13号
- ・農林水産技術研究ジャーナル「環境保全型農業における新肥料の活用」低温生物工学会誌 Cryobiology Vol. 49, No. 1, 37~42, 2003
- ・大阪大学大学院工学研究科応用生物学専攻梶山慎一郎, 小林昭雄「ラン藻の化学生態と乾燥耐性」
- ・景山詳弘, 林 孝洋, 小西国義. (1987): 窒素雑誌, 56(1), 79-85.