

## 第8章 環境科学技術研究所自主研究

### 8.1 植物におけるヨウ素必須性証明に向けての生理学・遺伝学的研究

#### Physiological and Genetic Studies for Proof of Iodine Essentiality in Plants

山上 睦

環境影響研究部

Mutsumi YAMAGAMI

*Department of Radioecology*

#### Abstract

Under the condition that ammonia nitrogen is given as a nitrogen source, yellowing of plant leaves has been observed under iodine deficiency conditions. Based on this phenotype, we isolated mutants related to iodine nutrition. We isolated a mutant line that showed earlier leaf yellowing than the wild type under iodine-deficient conditions. As a result, IRER7, IRER9, IRER11 and IRER60 were isolated. Chlorophyll concentration was increased with 0.03 mM iodine addition compared to the case for no iodine addition. Additionally, the decrease in chlorophyll due to the addition of cesium to the medium was mitigated by the addition of iodine.

#### 1. 目的

地殻中のヨウ素濃度に対して土壌表層のヨウ素濃度は2~20倍も高く、生物的要因等によって土壌表層に集積している。このことは、ヨウ素の植物での生理的有用性が認められる可能性があることを示唆しているが、植物における必須性についての詳細な研究はほとんどない。シロイヌナズナにおいては、アンモニア態窒素優先培地においてヨウ素無添加条件で植物が枯死する現象がみられたが、この現象が、アンモニア態窒素の毒性によるものなのかヨウ素欠乏によるものなのかは明らかになっていない。そこで、アンモニア態窒素優先もしくは硝酸態窒素優先処理下でのヨウ素の有無での生理的反応や形態的变化を詳細に解析することで、ヨウ素の生理的役割を明らかにする糸口を見つけられると考えた。先行研究で、アンモニア態窒素優先培地でヨウ素無添加にすると、1) 根の成長抑制、2) 根端部位の黒変、3) 地上部の黄変、4) 葉面積の異常拡大が観察され、ヨウ素を添加するとこの形質は正常に戻ることを明らかにしている。令和2年度は、上記の4つの

形質変化のうち根端部位の黒変以外は硝酸窒素優占培地でのヨウ素欠乏条件でも見られることを明らかにした。また、数系統のヨウ素要求変異株を単離した。令和3年度はこの変異株を用いヨウ素代謝に関与する遺伝子を明らかにすると同時に、植物におけるヨウ素の生理的役割を明らかにすることを目的に調査を行った。

#### 2. 方法

##### 2.1 ヨウ素要求変異株の単離

アンモニア態窒素優先培地・ヨウ素無添加で現れる、地上部の黄変枯死を指標にして単離されたヨウ素要求変異株7系統について、自家交配後の形質の安定性を確認した。ヨウ素要求変異株のなかで最も形質が明確なIRER7に関してはさらに自家受粉を繰り返し形質の分離が無いか確認した。

##### 2.2 ヨウ素の生理的役割の解明

ヨウ素の生理的必要性に関して基礎的な現象を明らかにする目的で以下の実験を行った。アンモニア態窒素代謝関連遺伝子(GS、GOGAT)およびプ

ロトン輸送関連遺伝子 (AHA) の破壊系統を SALK 研究所から購入しアンモニア態窒素培地・ヨウ素欠乏条件での根圏 pH 及び地上部の黄化を観察した。アンモニア態窒素優占培地条件で、植物体中の活性酸素の生成が多くなることが報告されており、活性酸素の毒性をヨウ素が低減している可能性も考えられた。植物中の活性酸素の生成はセシウムでも起こることが明らかになっているので、セシウム毒性がヨウ素添加で軽減されるのか否かを実験した。

### 3. 成果の概要

#### 3.1 ヨウ素要求変異株の単離

7 系統のヨウ素要求変異株を自家交配し得られた種子で再度ヨウ素無添加で黄化する系統を選抜したところ、IRER7、IRER9、IRER11、IRER60 が単離できた。これらの系統中で IRER7 はヨウ素欠乏条件で最も早く黄化する系統で、次いで IRER11、IRER60 であった。IRER9 に関しては、成熟葉のみが野生型よりも早期に黄化した。IRER7 に関しては、数世代の継代栽培でヨウ素欠乏条件で黄化すると同時に著しく成長が抑制される (小型個体) 表現型が観察されたので、黄化もしくは小型化の表現型がヨウ素を加えた正常培地に戻すことで正常に回復するか否かを確認した。その結果、小型化はヨウ素との関連が低いことが明らかになった。

#### 3.2 ヨウ素の生理的役割の解明

アンモニア態窒素吸収下でヨウ素欠乏条件にす

ると、地上部の黄化と根圏 pH が低下することが本研究により明らかになっているので、その表現型を指標にして代謝破壊に系統を野生株と比較した。アンモニア態窒素代謝関連遺伝子 (GS、GOGAT) およびプロトン輸送関連遺伝子 (AHA) の破壊系統を SALK 研究所から購入しアンモニア態窒素培地・ヨウ素欠乏条件での根圏 pH 及び地上部の黄化を観察した。その結果、GS2 の破壊系統のみ、ヨウ素欠乏にしても根圏 pH が低下することなく地上部の黄変が遅れた。したがって、GS2 とヨウ素が何らかの関係性を持つことが示唆され、ヨウ素の生理作用の一端が明らかになった。

アンモニア態窒素優占培地条件で、植物体中の活性酸素の生成が多くなることが報告されており、活性酸素の毒性をヨウ素が低減している可能性も考えられた。セシウムは植物中に活性酸素を生成し、その結果としてクロロフィル含量が低下する。したがって、セシウム毒性はクロロフィル含量の低下で指標化できる。このことを用いて、セシウム毒性がヨウ素添加で軽減されるのか否かを実験した。その結果、クロロフィル濃度はヨウ素無添加と比較して 0.03 mM 添加で高くなり、セシウム濃度の増加に伴うクロロフィル濃度の減少割合はヨウ素添加区が無添加区よりゆるやかであった (Table 1)。このことは、セシウム毒性がヨウ素添加で軽減されたことを示している。以上の事から、活性酸素の毒性低減にヨウ素が関与することが示唆された。

Table 1 Effects of iodine and cesium on chlorophyll concentration in leaves

Iodine concentration in medium (mM)	0			0.03		
	0	0.1	0.2	0	0.1	0.2
chlorophyll a (mg/g FW)	0.41	0.32	0.21	0.63	0.62	0.54
chlorophyll b (mg/g FW)	0.14	0.11	0.07	0.17	0.19	0.15
b/a	0.34	0.34	0.33	0.27	0.31	0.28