

5.3 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, root growth suppression, blackening of the root tip, yellowing of the above-ground part, and abnormal expansion of leaf area were observed under iodine deficiency conditions. These morphological changes recover normally with the addition of iodine. Iodine deficiency under the ammonia nitrogen nutritional condition reduced the pH in the rhizosphere. In the Glutamine synthetase (GS)-disrupted strain of the ammonia nitrogen metabolism-related gene, no decrease in pH was observed even under the iodine deficiency conditions. The involvement of GS in iodine metabolism was suggested.

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下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年度はこれらの形質をアンモニア態窒素優先と硝酸態窒素優先培地のヨウ素有無で比較し、アンモニア態窒素毒性による形質変化なのかヨ

ウ素欠乏による形質変化なのかを明らかにすることを目的に実験を行った。また、視点を変えて、アンモニア態窒素優先培地のヨウ素の無添加で生じる形質（根端部位の黒変及び地上部の黄変）を指標にして、ヨウ素要求変異株を単離することを目的にスクリーニング実験を行った。令和3年度にはこの変異株を用いた遺伝学的解析により、ヨウ素代謝に関与する遺伝子を明らかにすることを最終目的とした。

2. 方法

寒天培地中のアンモニア態窒と硝酸態窒素のmM比が4:1、1:4になる培地にヨウ素無添加と添加(0.03 mM)を組み合わせて1) 根の成長抑制、2) 根端部位の黒変、3) 地上部の黄変 4) 葉面積の異常拡大を観察した。結果として、アンモニア態窒素毒性とヨウ素欠乏の生理反応を分けて解析することが可能になる。また、アンモニア態窒素吸収下で観察される根圏pH低下に関連すると思われる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)の破壊系統と野生株のヨウ素欠乏下での根端部位の黒変、葉面積の拡大の発生の有無を観察した。生育に対するヨウ素の関与を

詳細に解析することによりヨウ素の生理作用の一端を明らかにする。アンモニア態窒素優先培地のヨウ素の無添加で生じる地上部の黄変を指標にして、変異株を単離し、培地中のヨウ素の有無での生育を比較した。

3. 成果の概要

アンモニア態窒素条件ではヨウ素の欠乏により根の成長抑制、根端部位の黒変、地上部の黄変、葉面積の異常拡大が観察され、ヨウ素の添加で正常に回復する。この現象が硝酸態窒素優先でも見られるかを観察したところ、根端部の黒変以外では同様な傾向がみられた (Table.1)。したがって、ヨウ素欠乏

により主根の伸長抑制、葉の黄化枯死、葉面積積の拡大という形質異常が生じることが明らかになった。

アンモニア態窒素優先条件でヨウ素が欠乏すると根圏中のpHが低下するが、アンモニア態窒素代謝関連遺伝子のGS、GOGATの破壊系統で同様の条件でpHを測定すると、GSではヨウ素欠乏条件でもpH低下がみられなかった (Table 2) したがって、ヨウ素代謝へのGSの関与が示唆された。アンモニア態窒素優先培地のヨウ素の無添加で生じる地上部の黄変を指標にして、ヨウ素欠乏で野生株より早期に黄化枯死する変異株が単離できた。この変異系統は硝酸態窒素優先条件でもヨウ素欠乏で早期に黄化した。

Table 1 Effect of nitrogen morphology in culture on morphological changes under the iodine deficiency conditions.

NO ₃ :NH ₄ (mM)	Iodine (mM)	Root elongation (Relative value)	Blackening of Root end	Chlorophyll concentration (Relative value)	Leaf area (Relative value)
1 : 4	0	55 ±10	Blackening of root end	68 ±22	197 ±15
	0.03	100	Nomal	100	100
4 : 1	0	80 ±7	Nomal	85 ±7	153 ±12
	0.03	100	Nomal	100	100

Table 2 Differences between GS-destroying strains and wild-type strains of biological reactions observed under ammonia nitrogen-preferred medium conditions and iodine-deficient conditions.

Strain	Iodine (mM)	Root elongation		Rhizosphere pH
		NO ₃ :NH ₄ (mM)		NO ₃ :NH ₄ (mM)
		1 : 4	0 : 1	1 : 4
Col-0 (Wild type)	0	85 ±12	74 ±8	4
	0.03	100	100	5.4
Δgs2	0	86 ±9	72 ±11	6.2
	0.03	100	100	6.4