

土壌作物栄養学 13-2

作物養分の動態と 欠乏・過剰障害

Part 2

筒木 潔

<http://timetraveler.html.xdomain.jp>

モリブデン欠乏

- モリブデン酸陰イオンとして吸収
- 酸性土壌で欠乏が出やすい
- 柑橘類の黄斑病
- アブラナ科作物の鞭状葉症
- まめ類の盃状葉症
- 下位葉・中位葉に黄緑色ないし淡橙色の斑点

モリブデンの役割

- ニトロゲナーゼおよび硝酸還元酵素の構成金属
- マメ科および非マメ科植物の根粒には茎葉の10倍以上ものMoが含まれ、欠乏すると窒素欠乏に陥る。
- 硝酸態窒素の利用に大きく貢献している

モリブデン欠乏 (トマト)

Molybdenum deficiency in tomato.

中下位葉の葉脈間に不鮮明な黄化症状が発生する



ホウ素の欠乏

- pHが高い土壌ほど土壌による固定吸着は強い。
- 再移動しにくく、生長点付近で起きやすい。
- ホウ素欠乏は急速に伸長したり肥大したりする組織、花茎、花粉管、塊根、果実、茎の先端の分裂組織で起きやすい。

植物葉身中の B, Ca, Si 含量

表 3.5 同一土壌に栽培された 108 種の植物葉身の B, Ca, Si 含量と分類学上からみた特徴

	B(ppm)	Ca(%)	Si(%)
双子葉類(66種)	20.1	1.92	0.26
単子葉類(42種)	9.6	1.41	0.84
うち、イネ科(13種)	1.6	0.56	2.11
ユリ科(10種)	10.1	2.30	0.19
その他の科(19種)	14.8	1.53	0.32

(高橋英一・三宅靖人, 1976)

ホウ素欠乏に起因する障害

表 3.6 ホウ素欠乏に起因する障害のタイプ別分類

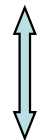
- ① 不稔あるいは果実のできないもの……ムギ、ナタネの不稔、ブドウのエピ症
- ② 茎・葉柄のひび割れ……セルリー、ミツバの茎割れ、ハクサイの心腐れ、チューリップの首折れ、タラの胴割れ病
- ③ 肥大根内部の壊死……ダイコン、カブラの褐色心腐れ、赤しん、す入り、サトウダイコンの心材腐朽
- ④ 果実の果皮や内部の壊死……トマトの尻腐れ、キュウリの裂果、リンゴの踏果病、ミカンの硬果病(イシミカン、ヤミミカン)、ブドウのアン入り
- ⑤ 生長点の壊死……トマト、ニンジン、サトウダイコン、イモ類など多数、側芽は伸長するものの、その先端が枯死するため、植物体は草丈が低く、側枝の強った叢生(ロゼット)とよばれる特徴のある外観を呈する。
- ⑥ チューリップの色ぬげ(赤色系品種)

ホウ素欠乏作物のホウ素含量

表 3.7 ホウ素欠乏症発現作物のホウ素含量

作物	部位	健全土壌の作物のB含量 対乾物 (ppm)	B欠乏土壌の作物のB含量対乾物 (ppm)
ハクサイ	結球部	20.3	10.4
	外葉部	25.0	12.5
ナタネ	茎	8.3	5.0
	子実	8.0	7.8
ビールムギ	種	3.8	1.2
	茎葉	4.0	2.5
	根	4.2	3.9
イネ	玄米	0.8	—
	籾殻	2.6	—
	茎葉	1.2	—

弱い



強い

(山本満二郎, 1960)

ホウ素欠乏 (トマト)

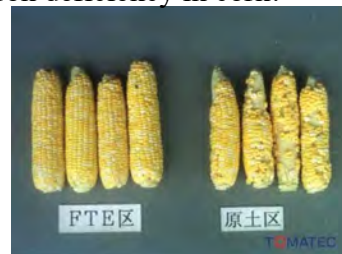
Boron deficiency in tomato.



茎の切断面をみると導管部がコルク化している。
(6葉期 - B 6週目)

ホウ素欠乏 (トウモロコシ)

Boron deficiency in corn.



- 花粉や花柱(絹糸)の発達が悪くなるため不稔となり、雌穂の先端部や全体の実入りが著しく悪くなる。

ホウ素欠乏 (大麦)

Boron deficiency in barley.

- 出穂が揃わず、穂幅が狭く淡い黄色の貧弱な遅れ穂が目立つ



塩素欠乏

- 茎の頂端の小葉がしおれ、伸長がとどまる。ネクローシスを呈し、根は太く短くなる。
- ビート、レタス、キャベツなどは比較的感受性が高い。
- 穀類や豆類は鈍感
- アブラヤシ・ココナツなどはClで生長促進

イネに対するケイ酸の効果

- イネの受光態勢の改善、葉身の下垂防止、相互遮への軽減、群落内部の光環境改善
- 病虫害に対する抵抗性を高める
- 倒伏抵抗性を高める

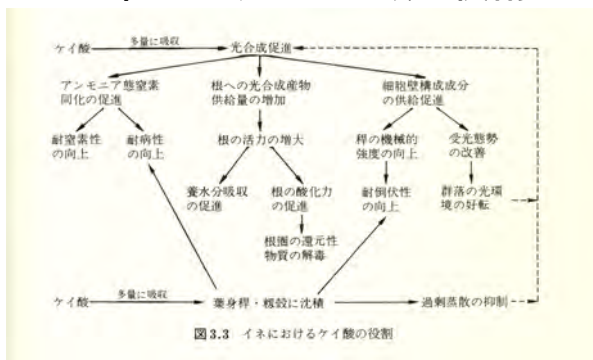
ケイ酸の供給がイネの生育に及ぼす影響

表 3.9 ケイ酸の供給量が水稲(農林 22 号)の生育に及ぼす影響

水耕液中の SiO ₂ 濃度	地上部 乾物重 (g/個体)	精米収量 (g/個体)	茎葉中の SiO ₂ 濃度 (%)	SiO ₂ 吸収量 (g/個体)
0 (100)	17.4(100)	2.9(100)	0.07	0.01
5	19.6(113)	3.7(128)	0.62	0.13
20	21.1(121)	4.5(155)	2.00	0.39
60	22.6(130)	6.3(217)	5.19	0.98
100	24.6(143)	8.6(297)	8.01	1.52

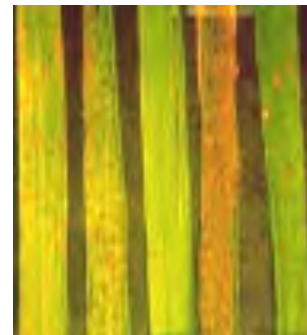
a/5,000ポットで水耕。
(高橋英一, 1961)

イネにおけるケイ酸の役割



イネのケイ酸欠乏

Silicate deficiency in rice (Rice blast).



イモチ病

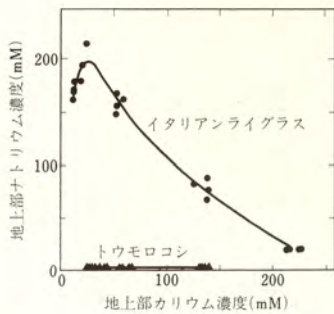
イモチ病 (Rice blast disease)



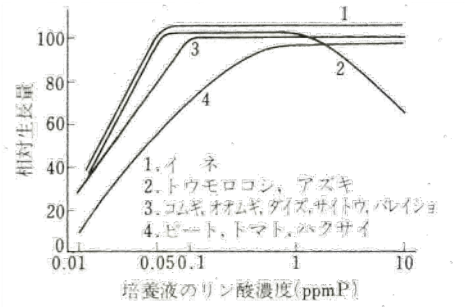
ナトリウム

- カリウムの代替作用
オオムギ、イネ、イタリアンライグラス、トマト、ワタなどで効果あり
- トウモロコシ、ジャガイモ、ダイズなどではナトリウムの施用効果なし

植物地上部のNa, K 濃度



各種作物の低リン酸濃度適応性



低 pH 耐性

表 5.10 各種作物の低 pH 耐性

強	中	弱
トウモロコシ, イネ, コムギ, ライムギ, オオムギ, ソルガム, ダイズ, インゲン, アズキ, ソラマメ, トウガラシ, シソ, レタス, アスパラガス, メドウエスタ, リードカナリーダラス, チモシー, トールフェスタ, アルサイタローバ	エンバク, ヒエ, エンドウ, ダイコン, ミズナ, コマツナ, ルタバガ, ハクサイ, ナス, ニンジン, ヘチマ, キュウリ, タマネギ, パセリ, アルファルファ, イタリアンライグラス, オーチャードグラス, シロクローバ, クリムソクローバ	キャベツ, カラシナ, タイナ, カブ, トマト, シュンギク, ゴボウ, セロリ, ビート, ホウレンソウ

(田中・早川, 1974)

各種作物の高 Al 耐性

表 5.11 各種作物の高 Al 耐性

強	強~中	中	中~弱	弱
イネ, シソ, ソラマメ, クランベリー, キヤブ, サバ, チヤ, パーミューダダラス, モラッセル	エンバク, トウモロコシ, キビ, グインズ, ソバ, ギニアダラス	ライムギ, イモ, シンゲン, ドウ, キヤブ, ハクサイ, ゴボウ, ナス	コムギ, ソルガム, ダイコン, カブ, トウガラシ, キュウリ	オオムギ, タマネギ, アスパラガス, カラシナ, コマツナ, イナ, ミズナ, チシャ, レタス, セロリ, シュンギク, ニンジン, パセリ, ビート, ホウレンソウ, ワタ, アルファルファ, プラッセルダラス

(相見ら, 1964; Andrew と Vanden Berg, 1973; Foy と Brown, 1964; Lance と Pearson, 1969; Ligon と Pierre, 1932; McLean と Gilbert, 1927; Medappa, 1970; 田中・早川, 1975; CIAT, 1979; Humphreys, 1981)

乾物重低下をもたらす最低Al濃度

Al感受性		中程度の耐性		Al 耐性	
作物	ppm	作物	ppm	作物	ppm
アルファルファ	0.5	トウモロコシ	2.3	サイトウ	10
オオムギ	0.5	ニンジン	3.6	キュウリ	10
レタス	0.7	コムギ	6.0	キャベツ	10
トマト	0.8	ダイズ	6.0	エンバク	30
トウガラシ	1.5	ダイコン	7.2	イネ	90
ソバ	1.5	カブ	7.2	陸稲	20
テンサイ	1.8				

水耕条件下で30%以上の地上部乾物重低下をもたらした最低Al濃度

各種重金属濃度と植物生育

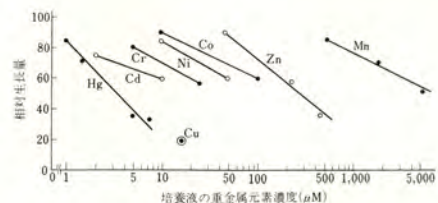
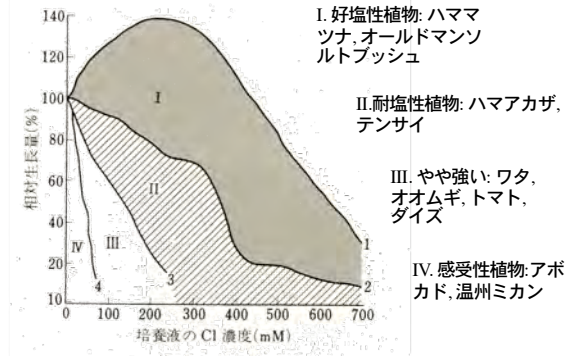


図 5.6 各種重金属元素が作物生育に及ぼす影響の比較 (田中・但野ら, 1975, 1978, 1980)
相対生長量は、Hg, Cd, Cr, Ni, Coでは欠如区, Cuでは0.16 μM区, Znでは4.6 μM区, Mnでは18 μM区を100として算出。16~19種作物の平均値。
処理期間: Cu, Mn以外の元素では18あるいは19日, Cuは24日, Mnは14日。

各種植物の耐塩性

Salt tolerance of various plants



高塩培地で細胞内に蓄積する有機化合物

化合物	各種植物中の分布
D-ソルビトール	オオバコ科, バラ科
D-マンニトール	アカネ科
D-ピニトール	マメ科, ヒルギ科, ナデシコ科
イノシトール	ナス科 (トマト)
グリシンベタイン	アカザ科, ヒコ科, キク科, イネ科
B-アラニンベタイン	イソマツ科, キク科, イネ科

各種作物の低微量要素耐性(1)

作物	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
イネ	Weak	Strong	W-M	Strong	Strong	Strong
コムギ	Strong	Weak	M-S	Weak	Strong	Strong
オオムギ	-	Med.	M-S	W-M	Strong	Strong
エンバク	-	Med.	Strong	W-M	Strong	Strong
トウモロコシ	Med.	Med.	Weak	Med.	Strong	Strong
ダイズ	Weak	W-M	W-M	Strong	M-S	Med.
サイトウ	-	-	Weak	Strong	Med.	Strong

各種作物の低微量要素耐性(2)

作物	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
グリンピース	-	-	Strong	Strong	Strong	M-S
テンサイ	Weak	W-M	Med.	W-M	Weak	W-M
ホウレンソウ	Weak	Weak	-	Weak	Med.	Weak
ダイコン	-	Weak	-	Med.	Weak	Med.
ハクサイ	-	Weak	Med.	Strong	Strong	-
キャベツ	Med.	Med.	Weak	M-S	W-M	W-M
ジャガイモ	-	-	Med.	M-S	Strong	M-S

各種作物の低微量要素耐性(3)

作物	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
トマト	Weak	Med.	Med.	Med.	W-M	W-M
ナス	-	-	Strong	-	Weak	-
キュウリ	-	-	Med.	Med.	Strong	-
レタス	-	-	-	W-M	W-M	Weak
タマネギ	-	Weak	W-M	Weak	Med.	-
ニンジン	-	Med.	Strong	Weak	W-M	M-S

(Andersson, 1956; Berger, 1949; Gartrell, 1981; Gilbert, 1952; Johnson et al, 1952; Lucas et al, 1972; Minami et al, 1972; Tanaka et al, 1975, 1978; Viets et al, 1954; Yamauchi, 1976)