

植物に対する害に関する栽培
試験の方法・解説(2017)

独立行政法人
農林水産消費安全技術センター

序

肥料は肥料取締法の中で、普通肥料と特殊肥料に分類されており、指定配合肥料以外の普通肥料を生産及び輸入する場合には登録を受ける必要があります。そして、肥料取締法施行規則では、有害成分を含有するおそれが高い普通肥料、植物に対する害に関する栽培試験の成績を要する肥料に対し、「植物に対する害に関する栽培試験の方法」(昭和 59 年 4 月 18 日付け 59 農蚕第 1943 号農林水産省農蚕園芸局長通知)に基づく試験(以下、植害試験という。)の実施が義務付けられております。さらに、法令等に基づく実施以外にも、実圃場にて植物体に害が認められたときなどは原因追求の観点から植害試験が行われることもあり、これは肥料部門では広く行われている試験です。

当該試験は害の有無を確認しようとする肥料に対して類似した原料、生産工程、保証成分量等を有する肥料を対照肥料とみたと、実際に植物を栽培し、発芽や生育状態の確認、異常症状の有無を相対的に判定し、評価する栽培試験ですが、試験内容を詳細に解説したものがなく、試験を実施する肥料生産業者や検査指導機関、分析試験機関など各方面から解説書の作成が望まれておりました。

このため、独立行政法人農林水産消費安全技術センター(FAMIC)では 2013 年度から解説書の作成に着手し、共同試験を実施するなどして解説書の妥当性を確認し、その正確性、内容の充実に努めて参りました。

本解説書には、通知文に対する解説、施肥設計等の試験を行うにあたっての考え方、試験操作の写真を多用し、用語解説、判定方法等を含めて出来るだけ平易に初心者でもわかりやすくなるように記載を留意致しました。また、初見では判りにくい有害物質による植害と、窒素、りん酸及び加里などの必須元素の過不足による生理障害の写真も収載致しております。

当該解説書は現在 FAMIC で行っている試験内容を記載したものとなりますが、植害試験に携わる方々、また、試験結果を評価する方々の解説書として活用していただければ幸いです。

最後に、外部有識者を含む「肥料等技術検討会 肥料等試験・サンプリング法検討部会」の委員の先生方には丁寧なご指導を賜りました。心より感謝申し上げます。

2017 年 11 月

独立行政法人農林水産消費安全技術センター

理事長 木村 眞人

・本解説書について

1 本解説書の構成

本解説書は全Ⅷ章で構成され、それぞれ以下の内容が記載されている。

I 植物に対する害に関する栽培試験の方法

試験法（59 農蚕第 1943 号通知(抄)）を記載

II 植害試験の方法 ー簡易マニュアルー

植害試験の試験手順を写真入りで簡易解説し記載

III 植害試験の方法 ー詳細及び解説ー

植害試験の施設環境から試験手順までを図や表入りで個別具体的に詳細解説し記載

IV 症状の例

正常生育例、異常症状例及び生理障害例を写真入りで解説し記載

V 写真撮影について

写真撮影時のカメラ選択や構図となる配置例等を解説し記載

VI 植害試験に関する Q&A

お問い合わせが多い事例や疑問に思うところを、質問回答形式で記載

VII 植害試験関係用語の解説

植害試験に焦点をあてて用語を解説し記載

VIII 参考資料（土壌の理化学性等）

跡地土壌の分析で重要となる pH と EC の測定方法について記載

2 本解説書に収載されている試験手順等の取り扱い

本解説書は通知に基づいた植害試験について、FAMIC で行われている試験手順を中心に解説したものです。試験室によっては、本解説の手順どおりに試験を実施しない場合もあると考えられますが、通知から逸脱しない範囲であれば、FAMIC とは異なる手順で試験を実施して頂いても差し支えありません。

また、本解説書は作成時点での法令等に拠った内容となっています。従いまして、植害試験を要する普通肥料の種類など内容が最新ではない場合がありますので、ご利用にあたっては最新の法令等を参照するようにお願いいたします。

—目次—

I	植物に対する害に関する栽培試験の方法	・ ・ ・ ・ ・	I－1
	(昭和 59 年 4 月 18 日付け 59 農蚕第 1943 号農林水産省農蚕園芸局長通知 (抄))		
II	植害試験の方法 ー簡易マニュアルー	・ ・ ・ ・ ・	II－1
1	容積重の測定	・ ・ ・ ・ ・	II－1
2	土壌の充填、施肥	・ ・ ・ ・ ・	II－2
3	播種	・ ・ ・ ・ ・	II－5
4	発芽調査	・ ・ ・ ・ ・	II－7
5	生育調査	・ ・ ・ ・ ・	II－8
III	植害試験の方法 ー詳細及び解説ー	・ ・ ・ ・ ・	III－1
1	試験環境	・ ・ ・ ・ ・	III－1
(1)	施設等	・ ・ ・ ・ ・	III－1
(2)	温度	・ ・ ・ ・ ・	III－1
(3)	日照	・ ・ ・ ・ ・	III－1
2	試験準備	・ ・ ・ ・ ・	III－1
(1)	施肥の設計	・ ・ ・ ・ ・	III－1
(2)	供試土壌	・ ・ ・ ・ ・	III－5
(3)	肥料	・ ・ ・ ・ ・	III－6
(4)	種子	・ ・ ・ ・ ・	III－6
(5)	道具類	・ ・ ・ ・ ・	III－6
3	試験手順	・ ・ ・ ・ ・	III－7
(1)	土壌充填、施肥	・ ・ ・ ・ ・	III－7
(2)	播種	・ ・ ・ ・ ・	III－8
(3)	発芽後の管理	・ ・ ・ ・ ・	III－8
(4)	発芽調査	・ ・ ・ ・ ・	III－9
(5)	日常の管理	・ ・ ・ ・ ・	III－9
(6)	生育調査	・ ・ ・ ・ ・	III－10
(7)	収量調査	・ ・ ・ ・ ・	III－10
(8)	写真撮影	・ ・ ・ ・ ・	III－10
(9)	生体重測定	・ ・ ・ ・ ・	III－10
(10)	判定とまとめ方	・ ・ ・ ・ ・	III－10
(11)	跡地土壌の分析	・ ・ ・ ・ ・	III－12
IV	症状の例	・ ・ ・ ・ ・	IV－1
1	生育状態等による分類	・ ・ ・ ・ ・	IV－1
2	正常例	・ ・ ・ ・ ・	IV－1

3 有害物質による障害	・ ・ ・ ・ ・	IV－3
4 生理障害	・ ・ ・ ・ ・	IV－4
(1) 窒素	・ ・ ・ ・ ・	IV－4
(2) リン酸	・ ・ ・ ・ ・	IV－10
(3) 加里	・ ・ ・ ・ ・	IV－15
(4) 銅	・ ・ ・ ・ ・	IV－20
(5) 亜鉛	・ ・ ・ ・ ・	IV－30
V 写真撮影について	・ ・ ・ ・ ・	V－1
VI 植害試験に関する Q&A	・ ・ ・ ・ ・	VI－1
VII 植害試験関係用語の解説	・ ・ ・ ・ ・	VII－1
VIII 参考資料（土壌の理化学性等）	・ ・ ・ ・ ・	VIII－1

I 植物に対する害に関する栽培試験の方法(59 農蚕第 1943 号通知(抄))

1 試験容器等

(1) 試験容器

試験容器は内径 11.3 センチメートル、高さ 6.5 センチメートルの鉢（ノイバウエルポット）を用い、下記 2 の(3)のイの各試験区ごとに 2 連以上とする。

(2) 供試肥料等

イ 供試肥料は、肥料取締法第 6 条の規定に基づき提出する見本肥料と同等品のものとする。

ロ 対照肥料は、供試肥料と原料、生産工程、保証成分量等が類似している普通肥料（仮登録肥料及び指定配合肥料を除く。）を選定するものとする。

ただし、供試肥料が無機質肥料である場合には、硫酸アンモニア、過りん酸石灰又は塩化加里を用いてもよい。

(3) 供試土壌

供試土壌は、土性が壤土又は砂壤土の沖積土又は洪積土とする。

(4) 供試作物

供試作物は、原則としてこまつなとする。

2 試験の手順

(1) 土壌の調製

イ 土壌の充てん

供試土壌の試験容器中への充てんは、2 ミリメートルの目のふるいを通した風乾土を用い、試験容器当たりの充てん量が約 500 ミリリットルとなるように行う。

ロ 土壌水分

試験容器中における土壌の水分は、水を加えて最大容水量の 50～60 パーセントとなるようにする。

注) 最大容水量は 100 ミリリットルのメスシリンダーに直径約 110 ミリメートルの筋目のあるロートを乗せ、これに水で湿した直径約 185 ミリメートルで 3 種又は 2 種のろ紙を置き、ろ紙の中に乾土（風乾土を摂氏 100 度で 5 時間乾燥した土壌）100 グラムを入れ、土壌表面から 100 ミリリットルの水を静かに注ぎ、ろ液の滴下終了を確認後、その滴下水量から求めた土壌に保持された水量のことである。

(2) 肥料の調製

供試肥料及び対照肥料は、それぞれ粉砕して 1 ミリメートルの目のふるいを通す。

ただし、水分の多い肥料等でこの調製が困難な場合には、できるだけ細かく砕き、均質化する。

(3) 肥料の施用

イ 施肥の設計（試験区）

（イ） 試験区は、供試肥料及び対照肥料を用いた標準量施用区、2 倍量施用区、3 倍量施用区及び 4 倍量施用区並びに標準区を設ける。

(ロ) 供試肥料における試験区

- ① 供試肥料が窒素質肥料、りん酸質肥料、加里質肥料又は複合肥料の場合の標準量施用区の試験容器当たりの施用量（標準施用量）は、試験容器当たり、窒素質肥料又は窒素成分を保証した複合肥料ではNとして100ミリグラム、りん酸質肥料又は窒素成分を保証しない複合肥料では P_2O_5 として100ミリグラム（りん酸吸収係数の高い土壌であるため、りん酸の施用量が不足するおそれのある場合には、100～200ミリグラム。以下同じ。）、加里質肥料では K_2O として100ミリグラムとなる量として、この施用量を基準として、標準量施用区、2倍量施用区、3倍量施用区及び4倍量施用区を設ける。

この場合、N、 P_2O_5 又は K_2O として、試験容器当たり100ミリグラムに満たない成分があるときには、当該成分について、試験容器当たり100ミリグラムの量になるように硫酸アンモニア、過りん酸石灰又は塩化加里を施用する。

- ② 供試肥料が有機質肥料の場合の標準施用量は、試験容器当たり、Nとして100ミリグラム（乾物当たりの窒素成分量が2パーセント以下のものにあつては、肥料の乾物換算重量で5グラム）となる量とし、この施用量を基準として、標準量施用区、2倍量施用区、3倍量施用区及び4倍量施用区を設ける。

これらの場合、すべての試験区について、N、 P_2O_5 又は K_2O としてそれぞれ試験容器当たり25ミリグラム（ P_2O_5 については、りん酸吸収係数の高い土壌であるため、りん酸の施用量が不足するおそれのある場合には25～50ミリグラム。（二）において同じ。）に相当する硫酸アンモニア、過りん酸石灰及び塩化加里を施用する。

- ③ 供試肥料が窒素、りん酸及び加里のいずれの成分も保証しない普通肥料の場合の標準施用量は、その保証する主要な成分の通常の施用量から定めることとし、①に準じて各試験区を設ける。

ただし、当該供試肥料がアルカリ分を保証するものの場合の標準施用量は、試験容器当たり、アルカリ分として0.5グラム（供試土壌が火山灰土壌等の強酸性土壌にあつては1グラム）となる量とし、この施用量を基準として、標準量施用区、2倍量施用区、3倍量施用区及び4倍量施用区を設ける。これらの場合、すべての試験区について、N、 P_2O_5 及び K_2O としてそれぞれ試験容器当たり100ミリグラムに相当する硫酸アンモニア、過りん酸石灰及び塩化加里を施用する。

(ハ) 対照肥料における試験区

対照肥料を用いた試験区は、供試肥料を用いたものに準じて設ける。

(ニ) 標準区

標準区は、N、 P_2O_5 及び K_2O として、それぞれ試験容器当たり25ミリグラムに相当する硫酸アンモニア、過りん酸石灰又は塩化加里を施用した試験区とする。

ロ 施肥の方法

肥料は、試験容器全体の土壌と均一となるようよく混合して施用する。

(4) 作物のは種

イ は種量

は種量は、試験容器当たり20粒又は25粒とする。

ロ は種方法

は種は、種子が等間隔となるようます目状にピンセット等を用いて行い、は種後、風乾土壌で種子が隠れる程度に覆う。

(5) 栽培管理

イ 水分管理

試験期間中における土壌の水分は、試験開始後約 10 日間は 2 の(1)のロの土壌水分調整後の水分状態を保つよう減水分を補給し、その後は作物の生育に応じて適宜給水する。

ロ 温度管理

試験期間中における栽培温度は、原則として摂氏 15 度から 25 度までの範囲内に保つものとする。

ハ 栽培期間

栽培期間は、原則として、は種後 3 週間とする。

3 調査の内容

調査は、別表の調査項目について行う。

別表

調査対象	調 査 項 目	
供試土壌	イ 土性	ロ 土壌(沖積土、洪積土の別)
	ハ 水素イオン濃度(pH)	
	ニ 交換(置換)酸度	ホ 電気伝導率
跡地土壌	ヘ 塩基置換容量	ト 容積重
	チ 最大容水量	
	イ 水素イオン濃度(pH)	ロ 電気伝導率
供試作物	ハ アンモニア性窒素	
	ニ 硝酸性窒素	
	イ 発芽調査	発芽率
	ロ 生育調査	(イ)葉長 (ロ)試験終了時の生体重
	ハ 生育状態	異常症状の有無等
備考		
1 水素イオン濃度及び電気伝導率の測定用溶液は、土壌10グラムを50ミリリットルの水で振とうしたろ液とする。		
2 跡地土壌の調査は、生育状態に異常が観察された場合に行う。		
3 供試作物については、発芽後5～7日及び試験終了時のカラー写真を撮っておく。		

試験成績取りまとめ様式

1 試験機関の名称及び所在地

2 試験担当者の氏名

3 試験の目的

4 試験の設計

(イ) 供試肥料及び対照肥料の種類及び名称並びに分析成績

	肥料の種類	肥料の名称	分 析 成 績 (%)				
			水分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
供試肥料							
対照肥料							

(ロ) 供試土壌の土性、沖積土又は洪積土の別等

土性	沖積土又は洪積土の別	pH	交換(置換)酸度	電気伝導率 mS/cm	塩基置換容量 meq/乾土100g	容積重 g/風乾土500ml	最大容水量 乾土当たり重量%

(ハ) 供試作物の種類及び品種

(ニ) 施肥の設計及び試験区の名称

試験区 No.		施用量 (g/鉢)	成分量 (mg/鉢)				備 考
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
供試肥料	標準量施用区 T ₁						
	2 倍量施用区 T ₂						
	3 倍量施用区 T ₃						
	4 倍量施用区 T ₄						
対照肥料	標準量施用区 S ₁						
	2 倍量施用区 S ₂						
	3 倍量施用区 S ₃						
	4 倍量施用区 S ₄						
標 準 区 B							

(ホ) 栽培方法

施 肥	は 種	収 穫	施 設		
年月日	年月日	年月日			

5 管理の状況

土壌充てん	追 肥	農 薬 散 布			
年月日	年月日	年月日			

6 試験結果

試験区 No.		ポット No.	発 芽 調 査 成 績			生 育 調 査 成 績				異常 症状
			年月日	年月日	年月日	年月日	年 月 日			
			発芽率 (%)	発芽率 (%)	発芽率 (%)	葉 長 (cm)	葉 長 (cm)	生体重 (g/鉢)	生体重 指数	
供試肥料	T ₁	1 2								
		平均								
対照肥料	S ₁	1 2								
		平均								
標準区	B	1 2								
		平均								

- (注) 1 発芽調査は2～3回行う。また、生育調査は2回行い、最終回には地上部を収穫し、生体重等を量る。
- 2 生体重指数は、供試肥料が無機質肥料の場合には対照肥料の S₁ の平均値を 100.0 とし、有機質肥料の場合には標準区 B の平均値を 100.0 とする。
- 3 カラー写真を添付する。

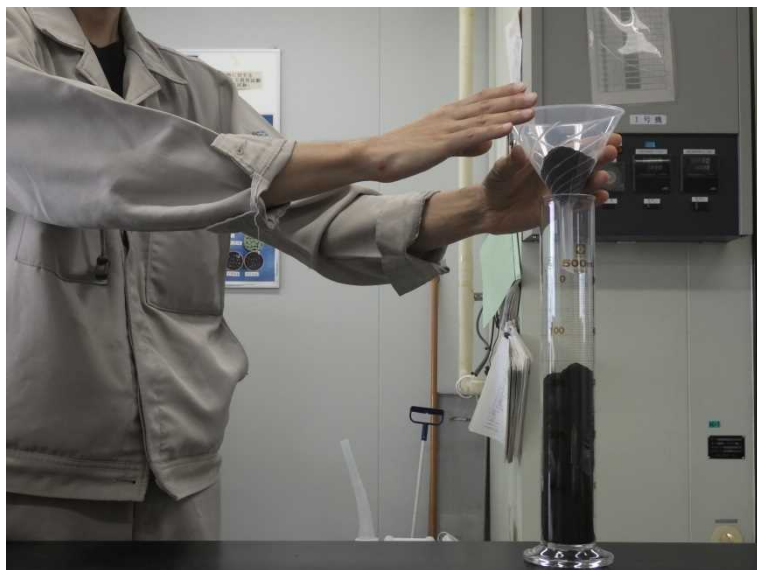
7 考 察

試験成績についての考察を記述する。

8 試験機関の責任者の証明

Ⅱ 植害試験の方法

－簡易マニュアル－



1 容積重の測定

メスシリンダーで、風乾した供試土壌(2 mm の網ふるいを通したもの)500 mLを量り取る。

詰めすぎないように注意する。

・Ⅲ-5 2 (2) a) 参照

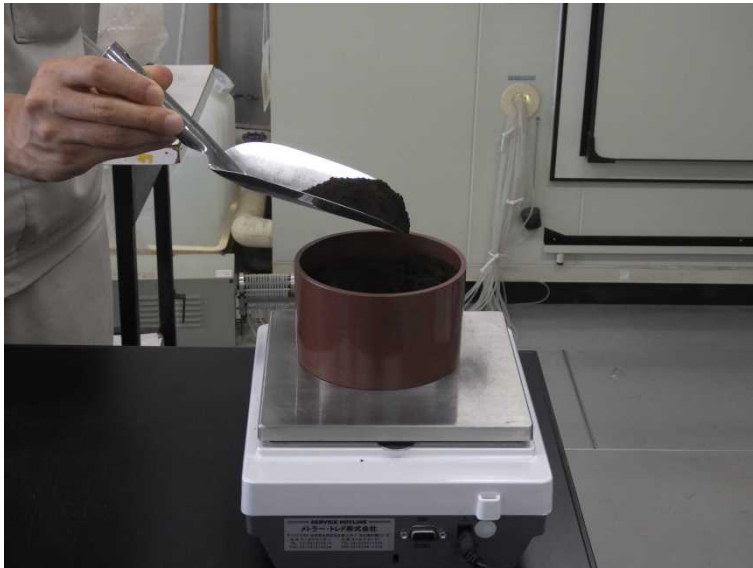


量り取った土壌の重量を測定し、風乾土壌 500 mL 当たりの容積重とする。

・Ⅲ-5 2 (2) a) 参照



容積重を記録する。



2 土壌の充填、施肥

ノイバウエルポットに 500 mL の容積重相当分の土壌を量り取る。

・Ⅲ-7 3 (1) a) 参照



量り取った土壌をビニール袋に入れる。

・Ⅲ-7 3 (1) b) 参照



試験区に必要な供試肥料等(1 mm の網ふるいを通したものを)を加える。

1 か所に偏らないよう、まんべんなく土壌の表面にまく。

・Ⅲ-7 3 (1) b) 参照



ビニール袋に空気を入れて口を閉じ、中の土壌を振り肥料を均一に混合する。

脱水汚泥等、水分が多い試料の場合は均一に混ざらないため、ビニールシート上に土壌を広げ、供試肥料に土壌をまぶして水分を土壌に移行させながら細かくし、よく混合する。

・Ⅲ-7 3 (1) b) 参照



ポットに区名または番号を書いたシールを貼り、最大容水量の 60 % の水分になるようにメスシリンダーで量った水を入れる。

水分が多い肥料を使用する場合は、肥料由来の水分は差し引き、乾燥した肥料を多量に施用する場合は、若干の水を加える。

均質な液状肥料の場合はこの時に加えてもよい。均質でない場合は上記の方法により肥料を混合する。

ポット内壁の高い位置に水が着かないように注意する。

・Ⅲ-7 3 (1) c) 参照



水を入れたポットに、混合した土壌を入れる。

ポットに入れた水があふれないように注意する。

・Ⅲ-7 3 (1) d) 参照



表面を平らにする。ポットの土壌は中央より外側が軽く充填されているのでポットの縁の土壌を少し押し下げると灌水時に陥没しない。

・Ⅲ-7 3 (1) d)及びe) 参照



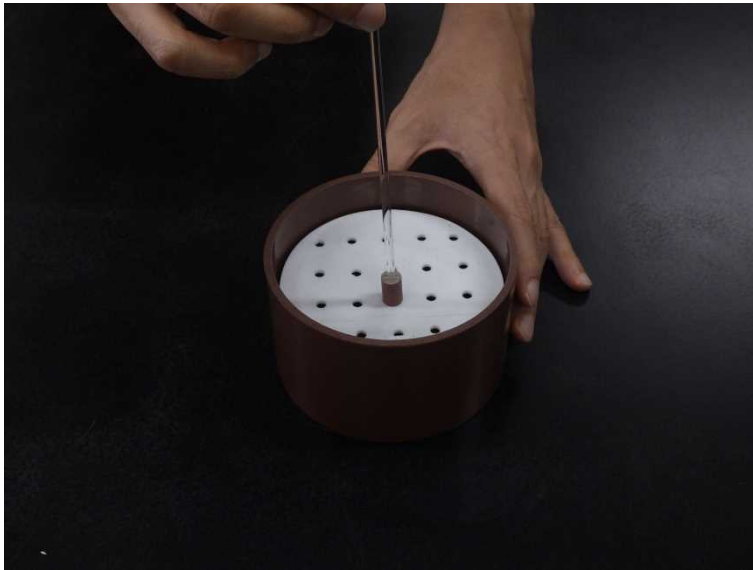
播種板※を用いて土壌表面を平らにする。播種板を動かしながら指3本で軽く抑えるようにする。

・Ⅲ-7 3 (1) f) 参照

※自作・非売品



土壌表面を平らにした様子。



3 播種

土壌表面に水が浸みたことを確認する。

土壌表面に播種板を置き、上からガラス棒で突き、種子の直径の3倍程度の深さに穴を開ける。

・Ⅲ-8 3 (2) a) 参照



開けた穴に、一粒ずつコマツナの種子を入れていく。

種子は無作為に抽出し、不良種子の使用は避けること。

・Ⅲ-8 3 (2) b) 参照



一つ一つの穴に、少量の供試土壌で覆土し、軽く押さえる。

または、薬さじ等を用いて播種した穴の横の土を寄せるように覆土をしてもよい。

・Ⅲ-8 3 (2) c) 参照



ポットの重量を測定、記録しておく。灌水時の目安重量となる。

・Ⅲ-8 3 (2) d) 参照

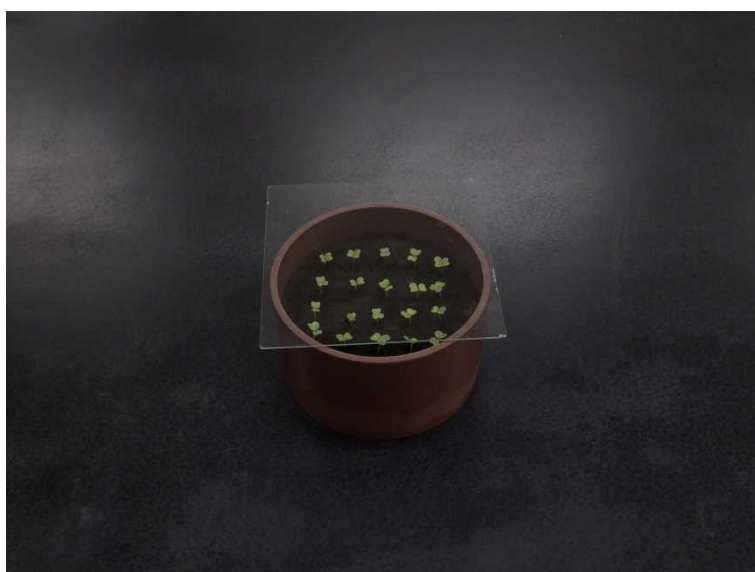


播種を終えたポットは水分蒸発を防ぐためガラス板※で覆う。通気確保のため少し隙間を空ける。

人工気象装置で管理する場合は初めから通常の照明を点灯する。発芽初期に暗い環境に置くと徒長の原因となる。

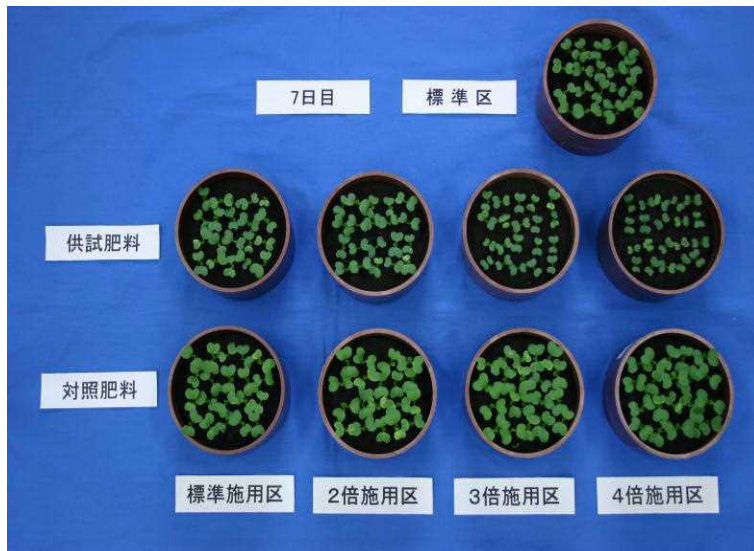
・Ⅲ-8 3 (2) e) 参照

※自作・非売品



発芽が始まったらガラス板を取る。

・Ⅲ-8 3 (3) a) 参照



4 発芽調査

3 日目頃に、発芽している本数を数える。

(5 日目頃および) 7 日目頃に、再度、発芽している本数を数え、左の写真の様に発芽状態の写真を撮っておく。

異常症状の有無についても観察する。

・Ⅲ-9 3 (4) a) 参照



ガラス板を外した後は、毎日、最初に記録したポット重量まで、水を注水する。ただし、試験後半はコマツナの重量を考慮し注水量を増やす。

・Ⅲ-9 3 (5) a) 及び b) 参照



場所による光量の差を考慮し、人工気象装置内では、毎日ランダムにポットの配置を変える。

・Ⅲ-10 3 (5) c) 参照



5 生育調査

14日目頃に、各ポット5個体程度の葉長を測定する。

このとき、他の個体を傷つけないよう注意しながら測定する。

試験終了時（21日目頃）にも同様に葉長を測定する。

異常症状の有無についても観察する。

・Ⅲ-10 3 (6) a) 及び b) 参照



試験終了時、収穫前に左のように生育状態の写真を撮っておく。

・Ⅲ-10 3 (8) a), b) 及び c) 参照



収量調査はポット毎に地上部を地際から切り取る。

このとき、本数を確認しておく。

・Ⅲ-10 3 (9) a) 参照



切り取った地上部は、すぐにポット毎に重量を測定し、これを生体重とする。

・Ⅲ-10 3 (9) a) 参照



ポットから跡地土壌を取り出し、根張りの状態を確認する。

跡地土壌は pH、EC の分析に供する。

・Ⅲ-12 3 (11) a), b) 及び c) 参照

Ⅲ 植害試験の方法

— 詳細及び解説 —

1 試験環境

(1) 施設等

試験はガラス室、温室、人工気象室などの外的環境の影響を受けにくい施設が望ましい。特に風や害虫による影響がないようにする。

(2) 温度

通知に規定されている温度は 15 ℃～25 ℃である。この温度は生育適温であるので極度に低温の場合は生育が鈍化する。春、秋では自然環境下での生育管理も可能であるが、夏、冬では生育適温から外れるため栽培が困難となる。このため、人工気象装置の使用や、室内での空調利用による温度管理が望ましい。

(3) 日照

光量子束密度 $260 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上で 1 日に 12 時間程度の日照が確保できるようにする。(FAMIC では、胚軸の徒長を防ぎ、取扱い易くするため 30000 lx (光量子束密度 $440 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) 白色光下程度で試験実施) また、LED ライトを使用する場合は予備試験等を実施し生育に最適な照度等の設定を確認し試験を実施する。

2 試験準備

(1) 施肥の設計

試験区は、供試肥料及び対照肥料については標準量施用区、2 倍量施用区、3 倍量施用区及び 4 倍量施用区の 4 段階の区を設け、このほかに標準区を設ける。

解説：試験区の構成は供試肥料区、対照肥料区及び標準区からなり、供試肥料区及び対照肥料区については 4 段階の施用量とする。試験区としては 9 試験区となり、試験を最低 2 連で実施し、その場合 18 ポット必要となる。

a) 供試肥料及び対照肥料における試験区

① 供試肥料が窒素質肥料、りん酸質肥料、加里質肥料又は複合肥料の場合

標準量施用区のポット当たりの施用量は、窒素質肥料又は窒素成分を保証した複合肥料では N として 100 mg、りん酸質肥料又は窒素成分を保証しない複合肥料では P_2O_5 として 100 mg (黒ボク土などでりん酸吸収係数が高く、土壤中の有効態りん酸が少ない場合には、100～200 mg。以下同じ。)、加里質肥料では K_2O として 100 mg となる量として、この施用量を基準として、標準量施用区、2 倍量施用区、3 倍量施用区及び 4 倍量施用区を設ける。

解説：①に該当する具体的な肥料の種類は、副産窒素肥料、液体副産窒素肥料、熔成汚泥灰けい酸りん肥、副産りん酸肥料、吸着複合肥料、副産複合肥料、熔成汚泥灰複合肥料等である。基準となる肥料成分は窒素、りん酸、加里の順の優先順位がある。標準量施用区の成分施用量は基準となる成分の量を 100 mg とする。供試土壌が黒ボク土などでりん酸の肥効が著しく低下する場合はりん酸の施用量を 200 mg までは増加してもよい。

この場合、N、 P_2O_5 又は K_2O として、ポット当たり 100 mg に満たない成分があるときに

は、当該成分について、ポット当たり 100 mg の量になるように硫酸アンモニア、過りん酸石灰又は塩化加里を施用する。

解説：それぞれの試験区で、窒素、りん酸又は加里の成分量が 100 mg に満たない場合のみ 100 mg になるまで添加補正する。

② 供試肥料が有機質肥料の場合

標準施用量は、ポット当たり、N として 100 mg (乾物当たりの窒素成分量が 2 % 以下のものにあつては、肥料の乾物換算重量で 5 g) となる量とし、この施用量を基準として、標準量施用区、2 倍量施用区、3 倍量施用区及び 4 倍量施用区を設ける。

解説：②に該当する具体的な肥料の種類は、魚かす粉末やなたね油かす等の一般的な有機質肥料、乾燥菌体肥料等であり、窒素は窒素全量で保証している肥料である。乾物当たりの窒素成分量が 2 % 以下のものは 100 mg の基準量を適用すると多量の肥料を混合することになるため乾物で 5 g を基準量としている。また、供試肥料と対照肥料の施肥設計に同一適用する（（参考）試験設計例 ②-1 有機質肥料、②-2 有機質肥料（乾物の窒素量が 2 % 以下）参照）。

これらの場合、すべての試験区について、N、 P_2O_5 又は K_2O としてそれぞれポット当たり 25 mg (P_2O_5 については、りん酸吸収係数の高い土壌であるため、りん酸の施用量が不足するおそれのある場合には 25～50 mg。標準区も同様とする。) に相当する硫酸アンモニア、過りん酸石灰又は塩化加里を施用する。

解説：供試肥料が有機質肥料の場合は供試肥料区、対照肥料区及び標準区の試験区全てのポットに 25 mg の N、 P_2O_5 又は K_2O を施用する。供試土壌が黒ボク土などでりん酸の肥効が著しく低下する場合は P_2O_5 の施用量を 50 mg までは増加してもよい。

③ 供試肥料が窒素、りん酸及び加里のいずれの成分も保証しない普通肥料の場合

標準施用量は、その保証する主要な成分の通常の施用量から定めることとし、①に準じて各試験区を設ける。

ただし、当該供試肥料がアルカリ分を保証するものの場合の標準施用量は、ポット当たり、アルカリ分として 0.5 g (供試土壌が火山灰土壌等の強酸性土壌にあつては 1 g) となる量とし、この施用量を基準として、標準量施用区、2 倍量施用区、3 倍量施用区及び 4 倍量施用区を設ける。

これらの場合、すべての試験区について、N、 P_2O_5 又は K_2O としてそれぞれポット当たり 100 mg に相当する硫酸アンモニア、過りん酸石灰又は塩化加里を施用する。

解説：③に該当する具体的な肥料の種類は、副産苦土肥料、副産マンガン肥料、液体副産マンガン肥料、硫黄及びその化合物等である。供試肥料には窒素、りん酸及び加里が含まれていないので、生育を確保するために供試肥料区と対照肥料区に 100 mg の成分量を施用する。

b) 対照肥料における試験区

対照肥料を用いた試験区は、供試肥料を用いたものに準じて設ける。

解説：①の場合、窒素、りん酸又は加里の成分量は供試肥料と同じとし、N、 P_2O_5 又は K_2O として、ポット当たり成分が 100 mg に満たない場合のみ 100 mg になるまで添加補正する。②の場合、窒素の成分量は供試肥料と同じとし、全ての容器に 25 mg の N、 P_2O_5 及び K_2O を施用する。供試土壌が黒ボク土などでりん酸の肥効が著しく低下する場合はりん酸の施用量を 50 mg までは増加してもよい。③の場合、保証する主要な成分量を供試肥料と同じにする。対照肥料については肥料の種類が同じ、製造工程、含有成分量、N、 P_2O_5 及び K_2O の含有成分比などの項目を確認し類似したものを選定する。

c) 標準区

標準区は、N、 P_2O_5 及び K_2O として、それぞれポット当たり 25 mg に相当する硫酸アンモニア、過りん酸石灰又は塩化加里を施用した試験区とする。

解説：25 mg の窒素、りん酸及び加里を施用する。供試土壌が黒ボク土などでりん酸の肥効が著しく低下する場合はりん酸の施用量を 50 mg までは増加してもよい。過りん酸石灰は可溶性りん酸の成分量で算出する。

(参考)

試験設計の例

※ 肥料の分析値に基づいて施用量を決定する。

① 窒素質肥料、りん酸質肥料、加里質肥料又は複合肥料

(例) 供試肥料の成分量 5-4-2

対照肥料の成分量 4-5-2

		施用量(g)	成分量(mg)			添加補正量(mg)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
供試肥料	標準量施用区	2.00	100	80	40	—	20	60
	2倍量施用区	4.00	200	160	80	—	—	20
	3倍量施用区	6.00	300	240	120	—	—	—
	4倍量施用区	8.00	400	320	160	—	—	—
対照肥料	標準量施用区	2.50	100	125	50	—	—	50
	2倍量施用区	5.00	200	250	100	—	—	—
	3倍量施用区	7.50	300	375	150	—	—	—
	4倍量施用区	10.00	400	500	200	—	—	—
標準区			25	25	25			

②-1 有機質肥料

(例) 供試肥料の成分量 5-2-1

対照肥料の成分量 4-3-1

		成分量(mg)				添加補正量(mg)		
		施用量(g)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
供試肥料	標準量施用区	2.00	100	40	20	25	25	25
	2倍量施用区	4.00	200	80	40	25	25	25
	3倍量施用区	6.00	300	120	60	25	25	25
	4倍量施用区	8.00	400	160	80	25	25	25
対照肥料	標準量施用区	2.50	100	75	25	25	25	25
	2倍量施用区	5.00	200	150	50	25	25	25
	3倍量施用区	7.50	300	225	75	25	25	25
	4倍量施用区	10.00	400	300	100	25	25	25
標準区			25	25	25			

②-2 有機質肥料(乾物の窒素量が2%以下)

(例) 供試肥料の成分量 1-1-2(乾物値)

対照肥料の成分量 2-1-1(乾物値)

			成分量(mg)			添加補正量(mg)			
			施用量(g)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
供試肥料	標準量施用区	5.00	50	50	100	25	25	25	
	2倍量施用区	10.00	100	100	200	25	25	25	
	3倍量施用区	15.00	150	150	300	25	25	25	
	4倍量施用区	20.00	200	200	400	25	25	25	
対照肥料	標準量施用区	2.50	50	25	25	25	25	25	
	2倍量施用区	5.00	100	50	50	25	25	25	
	3倍量施用区	7.50	150	75	75	25	25	25	
	4倍量施用区	10.00	200	100	100	25	25	25	
標準区			25	25	25				

※ 対照肥料の施用量は、供試肥料の窒素成分量をもとに算出する。

③-1 窒素、りん酸及び加里のいずれの成分も保証しない普通肥料

(例) 供試肥料の成分量 40(MgO) 通常の施用量は20kg MgO/10a

対照肥料の成分量 50(MgO)

			成分量(mg)			添加補正量(mg)		
			施用量(g)	MgO		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
供試肥料	標準量施用区	0.50	200	/	/	100	100	100
	2倍量施用区	1.00	400			100	100	100
	3倍量施用区	1.50	600			100	100	100
	4倍量施用区	2.00	800			100	100	100
対照肥料	標準量施用区	0.40	200	/	/	100	100	100
	2倍量施用区	0.80	400			100	100	100
	3倍量施用区	1.20	600			100	100	100
	4倍量施用区	1.60	800			100	100	100
標準区			25	25	25			

③-2 アルカリ分を保証する肥料

(例) 供試肥料の成分量 80(AL)

対照肥料の成分量 90(AL)

		施用量 (g)	成分量 (g)			添加補正量 (mg)		
			AL			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
供試肥料	標準量施用区	0.63	0.5			100	100	100
	2倍量施用区	1.25	1.0			100	100	100
	3倍量施用区	1.88	1.5			100	100	100
	4倍量施用区	2.50	2.0			100	100	100
対照肥料	標準量施用区	0.56	0.5			100	100	100
	2倍量施用区	1.11	1.0			100	100	100
	3倍量施用区	1.67	1.5			100	100	100
	4倍量施用区	2.22	2.0			100	100	100
標準区			25	25	25			

(2) 供試土壌

供試土壌は通知においては壤土又は砂壤土と規定されている。土壌はある程度の水分を含ませた状態でポリ袋に入れ直射日光が当たらない場所に保管する。採取後ポリ袋などで保管している場合は土壌の不均一による生育のばらつきをなくするためよく混合してから使用する。また、長期間保存した土壌や乾燥状態で保管した土壌は微生物活性が低くなっていることがあるので、畑地の状態に近づけるために、適度に水を含ませた状態で一週間程度放置する。なお、容積重、土壌水分及び最大容水量は試験を実施するに当たって事前に調査する。

参考：微生物活性を高める作業として一例を挙げる。土壌をバットに出しほぼ最大容水量の水を加え1週間程度放置する。放置している間に日光に当てて乾燥してもよい。その後適度に乾燥し2 mm のふるいを通して供試土壌とする。

a) 容積重 (C)

メスシリンダー又はビーカーに供試土壌 500 mL を入れて土壌重量を測定する。数回繰り返してその平均値を土壌 500 mL の容積重とする。求めた容積重はポットに充てんする土壌重量である。

b) 水分 (B)

ハロゲン水分計や乾燥機等により 100 °C で加熱して求める。

c) 最大容水量 (D)

100 mL のメスシリンダーに直径約 110 mm の筋目のあるロートを乗せ、これに水で湿した直径約 185 mm で3種又は2種のろ紙を置き、ろ紙の中に供試土壌 100 g を入れ、土壌表面から 100 mL の水を静かに注ぎ、ろ液の滴下終了を確認後、その滴下水量 (A) から求める。また、ポット当たりの供試土壌が最大容水量の 60 % の水分量にするための水の量を算出する。

解説：水を静かに注がないと、土壌に水が保持されず、最大容水量が低めに見積もられることがあるため留意する。

(最大容水量 (D) を求める計算式)

$$\frac{\text{注いだ水量(100 mL)} - \text{滴下量(A mL)} + \text{風乾土 100 g 中の水分量(B g)}}{\text{風乾土(100 g)} - \text{風乾土 100 g 中の水分量(B g)}} \times 100$$

(ポットに加える水量 (最大容水量の 60 % にする場合) を求める計算式)

$$\left(\frac{\text{土壌 500 mL の容積重 (C g)} \times \left(\frac{100 - \text{風乾土水分 (B \%)} }{100} \right)}{100\text{g}} \right) \times \text{最大容水量 (D mL/100 g)} \times \frac{60 \%}{100}$$

$$- 500 \text{ mL 容積重 (C g)} \times \frac{\text{風乾土水分 (B \%)} }{100}$$

解説：風乾土 100g 中の水分量 (B g) とは、風乾土 100g あたりに含まれる水分量を表し、風乾土水分 (B %) とは、当該の数値を百分率で表したものである。一般的に、含水率と呼ばれる。

(3) 肥料

ポット毎に施用する供試肥料、対照肥料及び補正用三要素肥料を薬包紙等に量りとり。

注意：供試肥料や対照肥料と補正用肥料は混合しないこと。三要素肥料のうち過りん酸石灰は薬包紙を変質させるので長期間の保存はできない。また、過りん酸石灰と他の塩化加里等と混合しておくとは固結することがある。

(4) 種子

種子は発芽率、発芽勢が良いものを準備する。容器から開封した場合は清潔な器具を用いて小分けしアルミ箔で包んで密閉容器に入れ冷暗所保管する。

解説：コマツナの種子は冷暗所で保管していても発芽率等の低下は免れないので2年程度を目安に更新する。また、一度シャーレ等に出して播種した残りの種子は土壌等が付着し発芽率が低下することがあるので清潔な種子と混合しない。

(5) 道具類

- ノイバウエルポット：内径 11.3 cm、高さ 6.5 cm の鉢。
- ラベルシール：ポットに試験区名、ポット重量を記載する。
- ポリ袋：土壌と肥料を混合する。例；大きさ 280 mm×410 mm 厚さ 0.08 mm 材質 PE
- メスシリンダー：播種前の水分調整の際に水を量る。例；100 mL 容
- 薬さじ：ポットに土壌を充填した後に表面を平らにする。覆土の際に用いる。
- 播種板・ガラス棒：播種板は土壌を充填した後に平らな土壌表面を作り、播種する際にガラス棒のガイドとする。ガラス棒は播種穴を開ける。一定の深さとなるよう調整する。樹脂製の円盤状で 20 個の穴が開いている自作品。



- ガラス板：12 cm 四方形程度のガラス板。播種後にポットを覆う。
- シャーレ：種子を入れる。
- ピンセット：種子を挟む。

- j) はかり：ポット重量を測定する。例；1000 g まで秤量可能なもの。
- k) 洗浄瓶：ポットに水を給水する。
- l) 定規：コマツナの葉長を測定する。
- m) カメラ：発芽状況、生育状況を撮影する。
- n) 試験区名ラベル：写真撮影の際に用いる試験区名等が書かれたもの。
- o) 青い布：写真撮影時のバックとする。
- p) 鋏：収穫に用いる。

3 試験手順

(1) 土壌充填、施肥

- a) ノイバウエルポットに試験区名を記載したラベルシールを貼りつけ、500 mL の土壌を量り取る。
- b) ポリ袋に土壌を移してポットに施用する肥料を入れ、ポリ袋を風船状にして激しく振り混合する。
- c) 最大容水量の 60 %にするのに必要な水をメスシリンダーで量りとり静かにポットに注ぐ。

解説：土壌中の水分量を最大容水量の 60 %に合わせる方法については、①あらかじめポット内に必要量の水を注ぎ、その後、肥料と混合された土壌を入れて下から浸透させる方法、②袋に土壌と肥料を入れ混合し、その後、水を少しずつ入れて混ぜ合わせる方法、③肥料と土壌を混合後、ポットに充填し、上から必要量の水を注ぐ方法がある。いずれを選択しても差し支えないが、一連の試験では水の供与方法を統一して行う。

注意：施用する肥料の水分が少なく施用量が多い場合は、試料が水を吸収して土壌水分量が規定に満たないことがあるので、試料の給水に必要な水分量を以下の例を参考に算出して段階的に添加する水量を増加する。

(例) 汚泥肥料の場合

サンプル量 (S g) が 2.5 g の肥料の乾土当たりの最大容水量を 100 %と想定して、肥料を実際に施用する際の水分含有率 (W1 %) を 60 % にする場合、肥料に必要な水分量は、試験に使用する肥料の水分含有率 (W2 %) の測定値が 10 % だとすると、

$$\begin{aligned} \text{必要な水分量} &= S \times \left(\frac{(100-W2) \times W1}{100 \times 100} - \frac{W2}{100} \right) \\ &= 2.5 \times \left(\frac{(100-10) \times 60}{100 \times 100} - \frac{10}{100} \right) = 1.1 \text{ g} \end{aligned}$$

- d) 土壌をポットの中央に静かに戻し、土壌を葉さじで平らにする。
- e) ポットの縁の土壌を少し押し込み葉さじで再度平らにする。

解説：水が下から浸透する過程でポットの縁に空隙ができるため、その空隙を少なくして後の灌水時に陥没することを防ぐ。

- f) 播種板を用いて軽く押さえて表面を平らにする。

注意：各ポットの土壌の押さえる力は一定となるようにする。

- g) 水が浸透するまでガラス板で覆い静置する。

解説：ガラス板が乾燥を防ぐ。

- h) 直ちに播種しない場合はこのまま静置する。

解説：供試肥料が副産窒素（複合）肥料、乾燥菌体肥料、汚泥発酵肥料等では有機質のものを多く含み、施肥直後の急激な分解で発芽障害が起こる可能性があるときには7日間前後を目安に静置するとよい。また、発芽試験など予備的調査を行うことも推奨される。なお、土壌表面が固結していたりカビが生えたりして播種が困難な場合は土壌表面を1 cm程度混合してから播種を行う。播種の際は水分量を確認し、不足していれば補う。

(2) 播種

- a) 水が土壌表面に浸透してから播種板とガラス棒を用いて一定の深さの穴を20個開ける。

注意：穴の深さは3～5 mm程度が適当であるが、土壌の種類により最適な深さがあるため、発芽試験を行うなど事前の確認が望ましい。なお、黒ボク土を使用しコマツナを播種する場合は穴の深さ3 mmが最適である。

- b) 穴にコマツナの種子を1つずつ入れる。

注意：種子の大きさが平均的でないものや、欠損、変色、割れ等のある不良な種子は使用しないこと。種子の大きさは子葉の大きさを表し発芽後の生育差が出ることがある。一般に大きい種子から拾う傾向があるので、種子は少量ずつ出すとよい。

- c) 葉さじの小さい方で播種穴の直ぐ横の土を寄せて覆土する。

解説：通知では風乾土を覆土するように規定しているが、覆土の厚さが不均一となり易く発芽が揃わないことがある。供試土壌が黒ボク土の場合は播種穴に土壌が完全に詰まっていなくても問題はない。

- d) ポットの重量を測定し、ラベルシールに記載する。

解説：ポット全体の重量は土壌水分が最大容水量の60%の時の重量である。

- e) ガラス板でポット上部を覆い、栽培施設に移動する。ポット上部は全て塞がずに通気のために少し開ける。

解説：ガラス板での覆いは土壌水分の蒸発を防ぐ。通気のための隙間はポット内の蒸れを防ぐ。隙間が大きすぎると土壌が乾燥し発芽遅延の原因となることがある。ガラス板を外すまでのポット当たりの減水量は1日当たり約3 g以下となるように栽培環境を管理するとよい。

(3) 発芽後の管理

- a) 発芽し始めたらガラス板は取る。

注意：ガラス板を取る時期が遅いと徒長する。子葉が展開する前がよい。ただし、ガラス板を取ると土壌水分が多く蒸発するようになる。施肥量が多い区などで、発芽又は子葉の展開にばらつきがある場合は、発芽が揃うまでガラス板を取らないこと。ガラス板を取った後は、土壌水分の管理に注意すること。発芽が揃っていない状態で、播種時のポット重量から1日当たり約20 g以上減水した場合、発芽率不良の原因となることがある。

- b) 子葉が展開した頃から給水を始める。

注意：発芽直後は根の張りが弱く倒れやすいので葉にかけないようにする。洗浄瓶を用いて株間に給水する。

c) 給水量はラベルシールに記載した重量を目安にする。

(4) 発芽調査

a) ガラス板を取る頃とその後 1～2 回の発芽調査をする。

解説：一例であるが、1 回目の調査を土壌表面から子葉が離れた頃に、2 回目の調査を子葉が展開した頃に行う。1 回目の調査は一番発芽の動きが激しい時なので微妙な発芽の遅延が数値に表れる。

b) 発芽調査は調査時に発芽率と異常症状の有無について調査する。その他、必要があれば、①肥料の施用量の違いによる差、②供試肥料と対照肥料の差、③異常症状がある場合はその症状と程度等を確認して記録する。

解説：一般に塩類濃度の関係から標準区の発芽が速いことが多い。標準区は最もストレスを受けず正常に発芽したものとして判断する。

(5) 日常の管理

a) ラベルシールに記載した重量を目安に毎日 1～2 回給水する。

b) 試験後半は植物体の重量と蒸散量を考慮して灌水量を増加する。

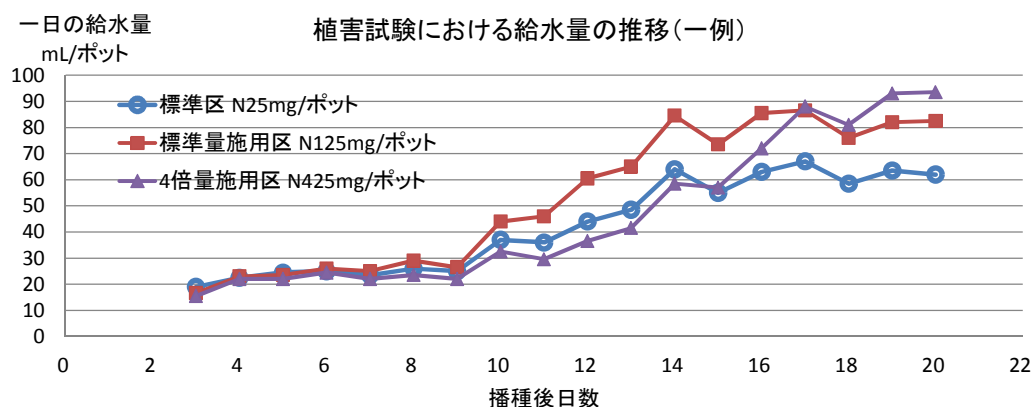
解説：最大容水量の 60 % となるように重量で水管理をしているが、植物体の生長とともに植物体に含まれる水分も多くなるためその分を上乗せする。また、植物が生長すると蒸散量も多くなるので最大容水量の 60 % 以上の水を灌水する。この際は試験区毎の灌水量を合わせる。

休日等で水管理ができない場合は、自動給水装置を利用してもよい。この場合、装置使用前の給水量を記録しておき、この推移を目安に装置による給水量を設定する。

(例) 植害試験における給水量の一例

○栽培環境

供試土壌	黒ボク土(洪積土)
栽培環境	昼夜各 12 時間。昼 25 °C 夜 15 °C。湿度 70 % 照度約 30,000 lx (光量子束密度 440 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$) 白色光下



注意：自動給水する際は同じ位置に続けて給水しないように給水位置を変える。水溶性

の成分が水とともに移動してポット内の生育差が大きくなることもある。

- c) ポットの配置換えを行う。

解説：原則毎日、発芽後はポットの配置換えを行い環境による生育差を少なくする。ポットの間隔は隣のポットの葉が重ならない程度とする。

(6) 生育調査

- a) 生育調査は播種 14 日後頃と 21 日後の試験終了日の 2 回実施する。
b) ポットの中から 5 個体以上抽出して葉長を計測する。1 個体の中で最大葉の葉長を測定する。

解説：葉長とは葉柄と葉身を合わせた長さである。個体の抽出方法については次のようにしてもよい。20 個体（5×4 列）の場合、外側にある株が 14 個体、中央部にあ
る株が 6 個体であるので 5 個体測定するのであれば外側から 4 個体、中央部から
1 個体選定する。6 個体測定するのであれば中央部を増やして 2 個体とする。外側
から選定する個体は角から数えて右に 2 つ目に位置するものとし、中央部からは
無作為に 1 個体または 2 個体を抽出すると同じ個体を測定することがない。

注意：葉を傷めたり、引き抜いたりしないようにする。

(7) 収量調査

- a) 試験終了日は、写真撮影、生育調査、生体重測定の前に行う。

解説：写真撮影は植物が生育調査で全体の形が崩れたり傷んだりする前に行う。生育調
査は 14 日後頃に実施した時と同様に行う。

(8) 写真撮影

- a) 青い布を敷きポットを並べる。
b) 発芽が揃った頃と試験終了時に真上からの写真を撮影する。

注意：写真は試験区名が分かるように撮影することとし生長の差が判りやすいように真
上から撮影する。2 回の撮影時のポットの配置と間隔は同じとする。

- c) 異常症状が確認された場合は、症状が現れた日、どのような症状か、症状の進行具合等につ
いて記録し、写真撮影を行う。

(9) 生体重測定

- a) 生体重は植物の地上部を切り取り、直ちに重量を測定する。

注意：生体重を測定する 30 分前までに灌水を十分にしておき、コマツナが十分に吸水し
ている状態で測定する。測定は生体のみとし枯死、落葉は測定しない。コマツナ
に付着した土壌や水滴は拭き取る。切り取り後素早く重量を測定しないと蒸散に
より重量が減少する。

(10) 判定とまとめ方

- a) 植害試験は施用した肥料が植物に害を及ぼすか否かを判定するために実施する試験であるの
で肥効による生育の差については、判定の際に注意する。

解説：植物に対しての害の有無を判定する目的であるため生育がよくないからといって
直ちに害があるとは言えない。肥料は、速効性や緩効性といった肥効が現れるま
での時間がそれぞれ違うことがある。また、発酵途中の堆肥の場合は窒素飢餓症
状が現れることもある。なお、窒素飢餓症状の発現により判定が困難な際には再
試験を行う必要が出てくるため留意すること。

- b) 発芽調査の結果、標準量施用区で明らかに発芽異常があったり、その後の生育が鈍化したりすれば何らかの障害があったものとする。

解説：発芽時に異常があった場合は、根が土壌中に伸長できないか、有害な物質を吸収した結果と考える。このような場合は施用量の増加に伴い異常の度合いも大きくなる。

- c) 生育調査の結果、供試肥料区と対照肥料区を比較して大きく生育差があれば、その要因が有害物質によるものか、単なる肥効特性によるものかを判断する。

解説：植害試験では対照肥料をなるべく供試肥料を同じようなものを選定するが、肥効特性や成分量の違いによって生育差があることを考慮する。

- d) 生体重指数は供試肥料が窒素質肥料、りん酸質肥料、加里質肥料又は複合肥料の場合は対照肥料の標準量施用区の平均値を 100.0 とし、供試肥料が有機質肥料の場合は標準区の平均値を 100.0 とする。

解説：生体重指数が目安として 80 未満の場合は何らかの生育阻害物質が含まれている可能性がある。特に生体重指数が施用量に従い小さくなっているときはその可能性がより高くなるが、窒素飢餓などの各種症状等から、濃度障害か有害物質による障害かを総合的に判断をする。

事例 1：汚泥肥料を用いて試験を行ったところ、供試肥料の 2 倍量施用区までは生体重指数 100 以上あったところが、段階的に落ち込み 4 倍量施用区では 50 になった。また、電気伝導率 (mS/cm) は標準量施用区から段階的に上昇し、同 4 倍量施用区の跡地土壌の電気伝導率 (mS/cm) は 2.0 であった。一方、対照肥料の生体重指数はすべての区で 100 以上であり、4 倍量施用区までの跡地土壌の電気伝導率 (mS/cm) は 0.4 以下であった。これらの状況及び、肥料の生産・保管状態の聞き取りから、肥料の濃度障害と考えられた。

事例 2：化成肥料を用いて試験を行ったところ、供試肥料の 2 倍量施用区までは生体重指数 90 以上あったところが、段階的に落ち込み 4 倍量施用区では 50 になった。また、電気伝導率 (mS/cm) は標準量施用区から段階的に上昇し、同 4 倍量施用区の跡地土壌の電気伝導率 (mS/cm) は 3.0 であった。一方、対照肥料の生体重指数はすべての区で 90 以上であり、4 倍量施用区の跡地土壌の電気伝導率 (mS/cm) は 3.0 以上であった。これらの状況から、肥料中に含まれる有害物質による障害と考えられた。

- e) 異常症状については標準区や対照肥料の標準量施用区と比較して判断する。

解説：標準区や対照肥料の標準量施用区は比較的肥料の濃度が低いいためほぼ正常に生育していると見て全体を比較する。異常症状が確認された場合は施用量が多い区から少ない区に見ていくと、どの試験区まで異常なのかが分かりやすい。

- f) 異常症状が確認された場合は写真撮影をして観察メモをとっておく。

解説：ある症状が現れた場合は試験終了時まで同じ症状であることは殆どなく枯死することもある。生育阻害物質は濃度の違いにより症状の現れ方が違うこともある。また、写真と観察メモは後の考察の際に役立つ。

- g) 異常症状が現れ、その原因が分かる場合は症状と共に考察に記載する。

解説：例えば、明らかに養分の過不足等による生理障害であると確認できる場合には試験結果の表中に「異常あり」と記載し、考察欄に「有害物質によるものではない」旨記載する。

(11) 跡地土壌の分析

- a) 跡地土壌の調査は、生育状態に異常が観察された場合に行う。

解説：跡地土壌の調査を実施しても異常の原因が有害物質である場合はこれらの項目では分からない。pHや電気伝導率が異常な値ではないか、肥料成分がどの程度残存しているかの確認をする。

- b) 跡地土壌は風乾または乾燥機で60℃の温度で乾燥する。その後2 mmのふるいを通して調査用跡地土壌とする。

注意：日数をかけて風乾すると、無機化が進行し硝酸態窒素が増加し電気伝導率も上昇する。

- c) pH及び電気伝導率の測定用溶液は土壌10 gに水50 mLの水で振とうしたろ液とし、測定器により測定する。
- d) アンモニア性窒素及び硝酸性窒素の分析用試料液は土壌50 gに10 %塩化カリウム液400 mLを加え1時間振とう後、同液で500 mLとしたのちろ過したろ液とする。なお、実情に応じて固液比を維持しつつ試料液を調製しても差し支えない。
- e) アンモニア性窒素はセミクロ蒸留法、硝酸性窒素の分析はフェノール硫酸法などによる。

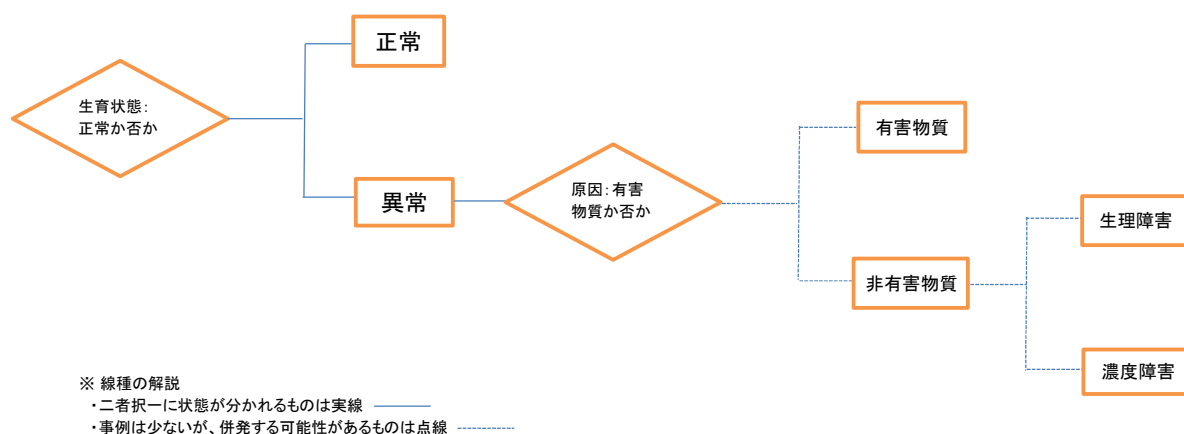
IV 症状の例

1 生育状態等による分類

植害試験の生育状況は正常生育と異常生育に分類され、異常生育が確認された際には、それが肥料中の有害物質によるものか否かに分けられます。さらに有害物質ではないと判断されるものは、植物の必須元素の過剰または欠乏による生理障害や、肥料中の塩類濃度の影響による濃度障害に大別されます。

本章では、まず正常生育例を示し、次に異常症状例を、そして最後に各種生理障害例を紹介します。

【生育状態等による分類模式図】



2 正常例

下記の栽培条件により、コマツナを栽培し、正常に生育した状態の一例を示します。

供試作物	コマツナ(品種:夏楽天)	供試土壌	黒ボク土(洪積土)
供試肥料	硫酸アンモニア Nとして 100 mg 塩化加里 K ₂ Oとして 100 mg 過りん酸石灰 P ₂ O ₅ として 100 mg	栽培環境	昼夜各 12 時間。昼 25 ℃ 夜 15 ℃。 湿度 70 % 照度約 30000 lx(光量子束密度 440 μmolm ⁻² s ⁻¹) 白色光下
栽培方法	「植物に対する害に関する栽培試験の方法」に準じて 21 日間栽培 人工気象装置を使用し、土壌水分は最大容水量の約 60 %となるように管理		



写真 1 上から見た様子



写真 2 横から見た様子



写真 3 収穫したコマツナ(本葉 4 枚)



写真 4 収穫時の根張りの様子(上から)



写真 5 収穫時の根張りの様子(バットに出したもの)

3 有害物質による障害

(1) 過塩素酸イオンによる症状



本葉の癒着が確認できる。発芽時の子葉は特に害を受けていないように見受けられたが本葉が生長するに従い癒着葉が確認できるようになった。



癒着葉は1枚の葉の葉縁部が点で癒着したものや2枚の葉が癒着したのが見られる。このポットには健全葉も混在している。



異常葉は葉縁部の生長に制限があるもののある程度の生長はする。

4 生理障害 (1) 窒素

a. 窒素の欠乏症状

症状	下葉の黄色化
特徴	下葉の黄色化は生育中期（播種後 10 日）以降に観察される。最初に子葉から黄色化し、本葉一葉目へ進行する。黄色化した葉は最終的に落葉する場合もある。
生理作用	下葉中窒素の新葉への転流
発生しやすい条件	・ 土壌中の可給態窒素が少なく（約 5 mg/100 g 以下）、窒素の施用量が少ない標準区（窒素施用量 25 mg/ポット）などで発生することがある。 ・ 高温、高湿度条件で生育が旺盛な場合において、生育後期に発生することがある。
参考文献	肥料研究報告 第五号 p.147～p.155 14. コマツナの生理障害-窒素-



症状①下葉の黄色化（正常なものとの比較）-1

播種 24 日後の様子。

土壌中の可給態窒素 約 5 mg/100 g 以下。

左が正常。右が窒素欠乏。

下葉の黄化がみられる。



症状①下葉の黄色化-2

窒素欠乏の初期の様子。

子葉の葉色が緑から黄緑に変化。



症状①下葉の黄色化-3

窒素欠乏が進行し、子葉が黄化した様子。

本葉の下葉も緑色から黄緑色に変化している。

4 生理障害 (1) 窒素



症状①下葉の黄色化（拡大）-1

土壤中の可給態窒素 約 5mg/100g 以下。

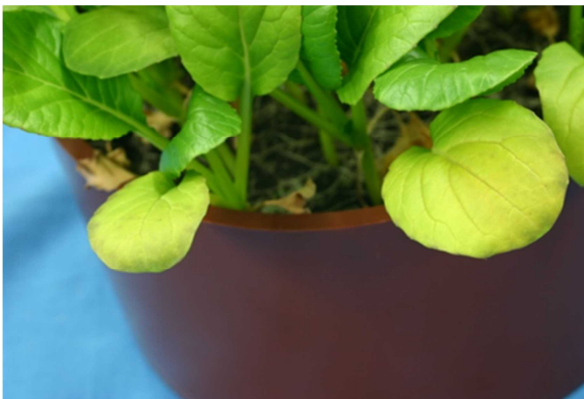
窒素が不足し始めた黄緑色の子葉。

植害試験の場合、窒素が過剰にある時は収穫時でも子葉は緑色をしているが、標準区など窒素の施用量が少ないポットは試験途中でも子葉が葉色変化する。



症状①下葉の黄色化（拡大）-2

窒素欠乏が進行した子葉。色は殆ど黄色となっている。



症状①下葉の黄色化（拡大）-3

本葉第一葉がほぼ黄色く変色した様子。個体全体の色は当初の緑から黄緑色へと変化している。展開していない小さい葉は緑色がやや濃い様子が観察される。



症状①下葉の黄色化（収穫物）

収穫後の様子。

左が正常。右が窒素欠乏。

子葉及び本葉 1 葉目の黄化がみられる。

本葉 2～3 葉目も黄緑色へと変化しているが、最も新しい本葉 4 葉目は緑色を保っている。

4 生理障害 (1) 窒素

b. 窒素飢餓症状

症状	窒素欠乏症状の誘発（下葉の黄色化、生育抑制）
特徴	初期生育が抑制される。生育初期に窒素欠乏症状と同様に子葉から黄色化の症状が見られ、その後本葉の下葉へと進行する。
生理作用	未熟な有機物の分解時に微生物が土壌中の窒素を取り込むため、植物に利用される窒素が減少することによって発現すると考えられる。
発生しやすい条件	易分解性炭素が多い未熟な有機物（稲わら、コーヒーかす、木の実油かすなど）の施用により発現することがある。
参考文献	肥料研究報告 第五号 p.147～p.155 14. コマツナの生理障害-窒素-



播種 10 日後の様子。

三要素肥料を全てのポットに各 100 mg 施用し、さらにコーヒーかすをポット当たり 0 g～20 g 添加した。

コーヒーかすの添加量が多くなるに従い生育の抑制が認められた。子葉の色はやや黄色い。



播種 16 日後の様子。

0 g と比較して葉色の差がはっきり現れた。葉色からみて 5 g 区はポット内の窒素が不足し始めていると推察される。

コーヒーかすの添加量が多くなるに従い生育が停滞し 20 g 区は停止している。



播種 22 日後の様子。

5 g 区は黄色い葉が目立ってきた。10 g 区は子葉が黄色くなり小さな黄緑色の本葉が現れた。

15 g 区及び 20 g 区は子葉のまま生育が停滞しており葉色が黄色くなった。

4 生理障害 (1) 窒素



播種 10 日後の 15 g 区の様子。

通常この時期に土壌表面に根を確認することはまれである。養分を求めて根の伸長が活発化している様子うかがえる。土壌中に有害物質が存在する場合には根の伸長は抑制されるので、この場合はそうではないと推察できる。



播種 16 日後の 5 g 区の様子。

この頃から急速に葉色が黄色みを帯びた。その症状は子葉と古い本葉が同時に現れているが、若い本葉には現れていない。



播種 22 日後の 10 g 区の様子。

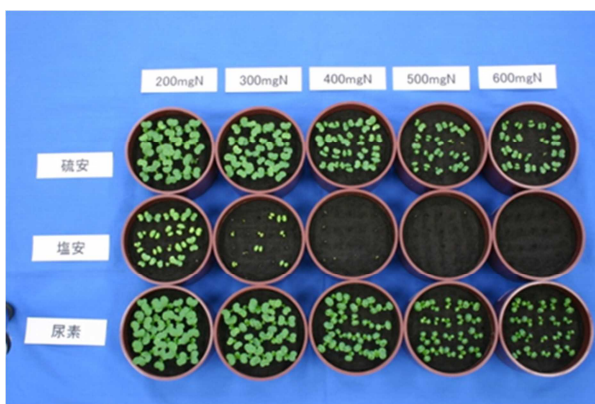
子葉は黄色く変色し、本葉は 2 枚目まで出ているがとても小さく、この 2 枚の本葉の大きさはほぼ同じであった。

通常の植害試験期間の終了時の姿である。

4 生理障害 (1) 窒素

c. 窒素の過剰症状

症状	①発芽時の子葉の変形（カップ状）、②葉色の濃緑化
特徴	尿素を窒素として 600 mg/ポット施用した場合、生育初期の子葉がカップ状になり、生長すると葉が正常な個体と比較して色が濃くなる。 塩類過剰による発芽障害、付随するイオン（塩素イオン、硫酸イオン）の過剰によると考えられる生育後期の子葉や下葉の急速な枯死が見られる。
生理作用	アンモニアによる害、肥料の過剰施用による塩類障害
発生しやすい条件	植害試験における 4 倍量施用区（窒素 400 mg/ポット）で発生するおそれがある。
参考文献	肥料研究報告 第五号 p.147～p.155 14. コマツナの生理障害-窒素-



症状①発芽時の子葉変形（カップ状）-1

播種 7 日後の様子。

硫酸アンモニア、塩化アンモニア及び尿素をポット当たり 200 mg～600 mg 施用。施用量増加に伴い発芽の遅延が認められる。

塩化アンモニアは 200 mg 施用区のポットから塩素による発芽障害が認められた。



症状①発芽時の子葉変形（カップ状）-2

播種 7 日後の尿素 600 mg 区の様子。

子葉が外側に反ったカップ状になる。葉の縁が若干枯れている。



症状①発芽時の子葉変形（カップ状）-3

播種 12 日後の尿素 600 mg 区の様子。

発芽後に子葉に枯れ症状が認められたが、その個体から本葉が展開しているのが確認できる。過剰に存在するアンモニアが減少したためと考えられる。

4 生理障害 (1) 窒素



症状②葉色の濃緑化

播種 12 日後の尿素 600 mg 区の様子。

コマツナの正常な色合い（左）と窒素が過剰な状態（右）。

窒素過剰であると葉が大きく生育し緑色が濃くなる。

（塩素イオン、硫酸イオンの過剰によるものと考えられる症状）



播種 21 日後の様子。

硫酸アンモニア 200 mg 施用区、塩化アンモニア 100 mg 施用区のポットから萎凋症状が認められ施用量の増加に伴いその程度が強い。アンモニアの害の他、硫酸イオン、塩素イオンによる害の可能性もある。

尿素では萎凋症状が少ない。施用量の増加に伴い生育量が減少した。

4 生理障害 (2) リン酸

a. リン酸の欠乏症状

症状	①生育不良 ②葉の暗緑色化 ③下葉の赤紫色化
特徴	①植物体全体の大きさが小さくなる。 ②葉が暗緑色化する。 ③葉の赤紫色化は生育後期（播種 20 日前後）にみられる。最初に下葉の葉裏から赤紫色化し、欠乏が著しい場合は上葉も赤紫色化する。
生理作用	下葉中りん酸の新葉への転流。植物体内のりん酸欠乏により，炭水化物がエネルギー源として利用されなくなり，糖分とアントシアニンとが結合してアントシアニンを生成し葉が赤紫色化する。
発生しやすい条件	黒ボク土などでりん酸吸収係数が高く、土壌中の有効態りん酸が少ない（約 5 mg/100 g 以下）場合、りん酸の施用量が少ない標準区（りん酸施用量 25 mg/ポット）などで発生することがある。
参考文献	肥料研究報告 第六号 p.117～p.129 10. コマツナの生理障害-りん酸-



症状①生育不良

播種 24 日後の様子。

過りん酸石灰を P_2O_5 として 1 ポット当たり 0 mg、10 mg、25 mg、50 mg、100 mg 及び 200 mg 添加した。

0 mg 区の生育状況が著しく悪い。葉体の乾物重及びりん含有率（乾物当たり）も施用量が少なくなるに従って低下した。



症状②葉の暗緑色化

播種 21 日後の 10 mg 区の様子。

本葉の表面は生育初期から暗緑色を呈し、生育後期まで保持した。

4 生理障害 (2) リン酸



症状③下葉の葉裏の赤紫色化-1

播種 24 日後の 25 mg 区の様子。

葉表は暗緑色を呈し、葉裏は葉脈を中心としてアントシアニンによる赤紫色化がみられた。25 mg 区より軽度ではあるが 50 mg, 100 mg 区でも同様の症状がみられた。一般に欠乏症状は、生育の盛んな上葉にりん酸が移動して、下葉で不足するため発症するので、ある程度生育した生育後期にみられる。



症状③下葉の葉裏の赤紫色化-2

N、 P_2O_5 、 K_2O として各々 25 mg 添加した通常の植害試験の標準区での播種 24 日後の様子。

りん酸欠乏による葉裏の赤紫色への変色だけでなく、窒素欠乏による子葉の黄化もみられた。



症状③下葉の赤紫色化-3

品種 極楽天を用いた試験での播種 21 日後の様子。

25 mg 区で葉表の周辺部が赤紫色を呈した。

4 生理障害 (2) リン酸

b. リン酸の過剰症状

症状	① 本葉 1～2 葉目の先端から葉脈間への枯れ
特徴	生育後期（播種 17 日以降）に本葉 1～2 葉目から発症し、加里欠乏の症状に類似している。
生理作用	下葉にリン酸が異常蓄積したことに端を発して、リン酸に対して加里が相対的に不足。
発生しやすい条件	土壌の有効態リン酸が高い（100 mg/100 g 以上）場合に、標準施用量区（リン酸 100 mg/ポット）でも発生するおそれがある。
参考文献	肥料研究報告 第六号 p.117～p.129 10. コマツナの生理障害-リン酸-



症状①本葉先端から葉脈間への枯れ-1

播種 21 日後の様子。

供試肥料としてリン酸二水素カルシウムを P_2O_5 として 1 ポット当たり 100 mg、300 mg、500 mg、700 mg、900 mg、1100 mg、1300 mg 及び 1500 mg 添加。

リン酸施用量増加に伴う生育状況の悪化は発芽率も同様の傾向がみられることから、多量施肥による塩類濃度障害と考えられた。



症状①本葉先端から葉脈間への枯れ-2

播種 17 日後の 100 mg 区の様子。

主に本葉 1～2 葉目の葉縁部から脱色が始まり、その後内部に向かって葉脈間で進行した。生育の良好な低施用量区から順次発生した。

4 生理障害 (2) リン酸



症状①本葉先端から葉脈間への枯れ-3

播種 18 日後の 100 mg 区の様子。

葉脈間の脱色が目立ってきた。症状は急速に進行した。



症状①本葉先端から葉脈間への枯れ-4

播種 20 日後の 100 mg 区の様子。

さらに症状が進行して、壊死した状態。一連の過程はカリウムの欠乏症状とよく似ている。

(参考) リン酸過剰試験でのその他の症状



症状②子葉の黄緑色化

播種 13 日後の 100 mg 区(左側)と 1100 mg 区(右側)の比較。

1100 mg 区で子葉全体が黄緑色を呈した。子葉ほどではないが、本葉の緑色も薄くなった。亜鉛欠乏の可能性もある。

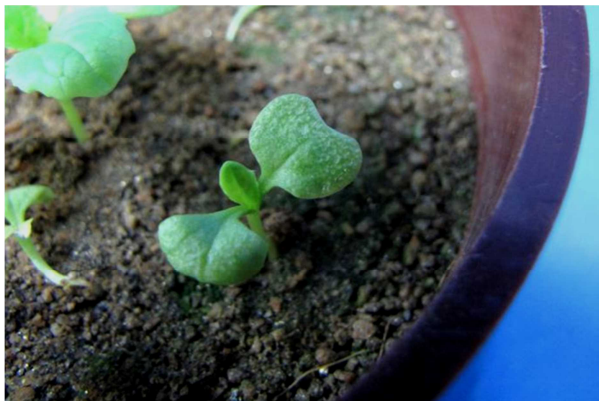


症状③本葉周辺部の淡緑色化

播種 13 日後の 300 mg 区の様子。

本葉周辺部の淡緑色化は、300 mg 区以降で見られたが、背景となる緑色が濃い 300 mg、500 mg 区で特に明瞭であった。本葉 2 葉目以降についてもある程度の大きさになると発症した。

4 生理障害 (2) リン酸



症状④子葉の白色斑点群

播種 12 日後の 1300 mg 区の様子。

高施用量区では、塩類濃度障害と考えられる子葉の枯れも見られたことから、白色斑点群はその軽い症状とも考えられる。原因についてはさらに検討する必要がある。

4 生理障害 (3) 加里

a. 加里の欠乏症状

症状	本葉 1～2 葉目の先端から葉脈間への枯れ、生育不良
特徴	①生育中期（播種 14 日後頃）に主に本葉 1 葉目の葉縁から黄化が発症する。 ②生育後期（播種 20 日後頃）に主に本葉 2 葉目の葉脈間から脱色が発症する。 ③生育後期（播種 20 日後頃）に新葉に相当する本葉 3 葉目に三角状の形状異常がみられる。
生理作用	下葉中加里の新葉への転流。
発生しやすい条件	・ 土壌中の交換性加里が少なく（約 6 mg/100 g 以下）、加里の施用量が少ない標準区（加里施用量 25 mg/ポット）などで発生する恐れがある。
参考文献	肥料研究報告 第八号 p.182～p.200 14. コマツナの生理障害-加里-



症状①生育不良

播種 21 日後の様子。

供試肥料として硫酸加里を K_2O として 1 ポット当たり 0 mg、10 mg、25 mg、50 mg、75 mg 及び 100 mg 施用した。

加里の施用量が減少するに従って、葉体の生育不良が認められた。



症状②葉縁が黄化するタイプ-1

播種 14 日後の 0 mg 区の様子。

葉縁が黄化するタイプの欠乏症状は、栽培期間後期に下葉先端部が暗緑色を呈することから始まった。

4 生理障害 (3) 加里



症状②葉縁が黄化するタイプ-2

播種 17 日後の 0 mg 区の様子。

下葉先端部から葉縁部へと症状が広がってきた。



症状①葉縁が黄化するタイプ-3

播種 21 日後の 0 mg 区の様子。

さらに症状が進行して、枯死した状態。このタイプの症状は主に本葉 1 葉目でみられた。



症状②葉脈間が脱色するタイプ

播種 20 日後の 0 mg 区の様子。

葉脈間が脱色するタイプは葉縁の黄化より 2 日ほど遅れて発症した。この症状は主に本葉 2 葉目でみられた。

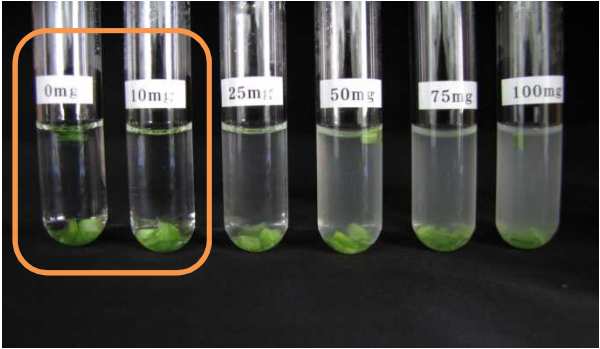


症状③本葉 3 葉目が三角状化するタイプ

播種 20 日後の 10 mg 区の様子。

0 mg 区の半数程度及び 10 mg 区の一部で、新葉に相当する本葉 3 葉目に三角状の形状異常がみられた。

4 生理障害 (3) 加里



カリウム簡易検出試験写真

カリウムの簡易検出試験の様子。

下葉の異常症状がみられた 0 mg 及び 10 mg 区ではテトラフェニルホウ酸カリウムの白濁が認められず、加里の施用量が増加するに従って白濁の度合いが増した。

b. 加里の過剰症状（発現せず）

症状	塩化加里及び硫酸加里を多量施用しても加里の過剰症状は確認されなかった。
特徴	塩類過剰による発芽障害、加里に付随するイオン（塩素イオン、硫酸イオン）の過剰によると考えられる生育後期の子葉や下葉の急速な枯死が見られる。
生理作用	作物は加里をぜいたく吸収するので、過剰症状は出にくい。
発生しやすい条件	通常の植害試験では加里による過剰症状は発現しないと考えられる。塩類濃度障害や付随するイオンの過剰によると考えられる生育後期の子葉及び下葉の枯死に注意する必要がある。
参考文献	肥料研究報告 第八号 p.182～p.200 14. コマツナの生理障害-加里-

(塩類濃度障害と考えられる症状)



症状①塩類濃度障害による生育不良
播種 14 日後の様子。

1 ポット当たり施用量。

上段：塩化加里 100 mg～800 mg

中段：硫酸加里 100 mg～800 mg

下段：硫酸加里 1200 mg～2800 mg

加里施用量の増加に従い生育状況悪化。塩化加里区の方が顕著。発芽率も同様の傾向がみられ、多量施用による塩類濃度障害と推察。

4 生理障害 (3) 加里



症状①子葉の枯れ

播種 7 日後の硫酸加里 2800 mg 区の様子。

塩類濃度障害による子葉の枯れは、写真のように 2 葉間で症状の度合いに差異がある場合が多かった。塩類濃度障害は発芽時から生育初期にかけて発症しやすい。この時期は、まだ塩類に対する抵抗力が弱いと考えられる。



症状②子葉の展開異常

播種 7 日後の塩化加里 700 mg 区の様子。

種皮に包まれて子葉が展開せず、胚軸を伸ばしている状態。この他に、種皮が外れても胚軸が土壌に埋没したままで子葉展開しなかったり、子葉が外側に反るなどの塩類濃度障害がみられた。

(塩素イオン、硫酸イオンの過剰によるものと考えられる症状)



症状③葉脈間の脱色・萎凋-1

播種 18 日後の塩化加里 500 mg 区の様子。

下葉の葉脈間が脱色して、萎凋した状態。この他に、全体的に淡緑色を帯びていたり、葉脈も含めて萎凋する下葉もみられた。



症状③葉脈間の脱色・萎凋-2

播種 20 日後の塩化加里 500 mg 区の様子。

ほどなく葉脈も含めて枯死した。

4 生理障害 (3) 加里



症状③下葉の一部剥離

播種 21 日後の塩化加里 200 mg 区の様子。

下葉の一部剥離は、硫酸加里 1600 mg 区以降及び塩化加里 200 mg 区以降の施用量区で栽培期間後期から急に目立ち始めた。



症状④子葉の枯死

播種 19 日後の硫酸加里 2400 mg 区の様子。

下葉の異常とほぼ同時期の栽培期間後期に急に子葉も萎凋し、間もなく枯死した。塩類濃度障害による子葉の枯れとは発症時期や様相が異なっていた。

4 生理障害 (4) 銅

a.銅の欠乏症状 (植害試験の条件下では発現のおそれが低い)

症状	未確認
特徴	麦類で発生が認められているものの、その他作物ではほとんど確認されていない。
生理作用	該当なし
発生しやすい 条件	・ 供試土壌が腐植質に富む土壌の場合 ・ 供試土壌がアルカリ性（概ね pH 7.0 以上）の場合
参考文献	肥料研究報告 第九号 p.170～p.184 10. コマツナの生理障害-銅-

4 生理障害 (4) 銅

b (1-1) 銅の過剰症状 (硫酸銅 (Ⅱ) 五水和物 (以下、硫酸銅) を多量施用した場合)

施肥方法について

植害試験の方法には「肥料は、試験容器全体の土壌と均一となるようよく混合して施用する」とあるが、供試試薬の形状、性質によって土壌との混合が困難となる場合がある。このため、銅と亜鉛の試験については施肥方法について次の2種類を掲げ行った。

(a) 土壌混合法

- ① ビニール袋に、供試土壌（風乾土）、Cu もしくは Zn を含む供試試薬及び肥料（硫安、過石、塩加）を入れる。
- ② ビニール袋を密封して振とう、十分混合させる。
- ③ 試験容器に土壌水分を最大容水量の 60 % に設定するのに必要な量の水を入れる。
- ④ ③の水を入れた試験容器に②を入れる。

当該施肥法によると、液状のものや潮解性のある試薬（例：硝酸系試薬）は土壌と均一に混合できない場合がある。

(b) 水溶液浸透法

- ① ビニール袋に、供試土壌（風乾土）及び肥料（硫安、過石、塩加）を入れる。
- ② ビニール袋を密封して振とう、十分混合させる。
- ③ 土壌水分を最大容水量の 60 % に設定するのに必要な量の水に Zn もしくは Cu を含む供試試薬を溶解させ、試験容器に入れる。
- ④ ③の Zn もしくは Cu を含む供試試薬水溶液を入れた試験容器に②の土壌を入れる。

供試試薬水溶液を土壌下層から上層に向けて浸透させることで土壌と混合させる。

本施肥方法は潮解性のある試薬を用い、異常症状を発現させるために行ったものであり、実際に植害試験を行う際には適切ではないことに留意すること。

(a) 土壌混合法 による。

症状	① 発芽障害、②本葉の黄化症状、③本葉裏の赤紫色化
特徴	著しい発芽障害が特徴的である。生育中期（播種 11 日後頃）になると、上位葉に黄化症状が発現する。収穫時に本葉裏の赤紫色化が観察される。
生理作用	銅の拮抗作用による欠乏症状や銅そのものによる影響が予想される。
発生しやすい条件	・ 供試土壌が腐植低含有の砂壤土の場合 ・ 供試肥料もしくは土壌に過剰の銅が混入されていた場合 ・ 供試土壌が酸性（概ね pH5.5～pH6.5）の場合
参考文献	肥料研究報告 第十号収載予定 コマツナの生理障害確認試験（亜鉛）

4 生理障害 (4) 銅



症状① 発芽障害 -1

硫酸銅を Cu として 400 mg/pot 添加区 (Cu 826 mg/kg 乾土) 播種 4 日後の様子。

子葉が展開する前に枯死する個体がいくつか見られた。



症状① 発芽障害 -2

播種後 7 日目の様子。硫酸銅の添加量に伴って発芽障害が顕著となることがわかる。硫酸銅を Cu としての施用量は次のとおりである。

上段 : 標準区

下段左 : 100 mg/pot 区 (Cu 207 mg/kg 乾土)

下段中 : 250 mg/pot 区 (Cu 516 mg/kg 乾土)

下段右 : 400 mg/pot 区 (Cu 826 mg/kg 乾土)



症状② 本葉の黄化症状 -1

250 mg/pot 添加区 (Cu 516 mg/kg 乾土) 播種 11 日後の様子。

本葉第一葉に黄化症状が確認された。

なお、子葉には発現しなかった。

4 生理障害 (4) 銅

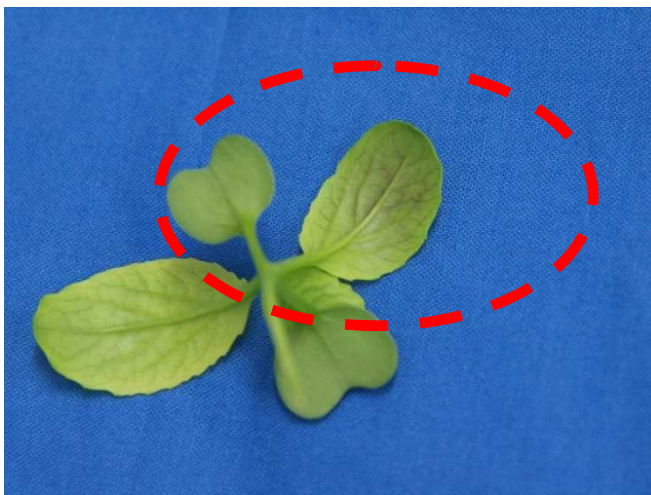


症状② 本葉の黄化症状 -2

250 mg/pot 添加区 (Cu 516 mg/kg 乾土) 播種 17 日後の様子。

黄化症状は本葉第一葉から症状を呈していき、本葉第二葉、第三葉へと進行している。

なお、葉柄部から葉の先端にかけて症状が発現していることがわかる。



症状③ 本葉裏の赤紫色化

250 mg/pot 添加区 (Cu 516 mg/kg 乾土) 播種 21 日後、収穫した個体の様子。

葉裏の葉脈に沿って赤紫色化していることがわかる。銅の拮抗作用によるりん酸欠乏症状、もしくはその他の要因によってアントシアニンが生成されたものと思われる。

b (1-2) 銅の過剰症状 (硫酸銅 (Ⅱ) 五水和物 (以下、硫酸銅) を多量施用した場合)

(b) 水溶液浸透法による。

症状	① 下位葉の黄化症状及び壊死、②生育不良
特徴	黄化症状は生育後期以降 (播種 17 日後) に観察される。最初に子葉から黄化症状し、本葉第一葉へ進行する。黄化症状した葉は最終的に壊死に至る場合がある。また、生育不良となり標準区と比較すると植物体全体の大きさが小さくなる。
生理作用	銅及び硫酸イオンの吸収による影響が考えられる。
発生しやすい条件	・ 供試土壌が腐植低含有の砂壤土の場合 ・ 供試肥料もしくは土壌に過剰の銅が混入されていた場合 ・ 供試土壌が酸性 (概ね pH5.5～pH6.5) の場合
参考文献	肥料研究報告 第九号 p.170～p.184 10. コマツナの生理障害-銅-

4 生理障害 (4) 銅



症状① 下位葉の黄化症状及び壊死 -1

硫酸銅を Cu として 1800 mg/pot 添加区 (Cu 約 3700 mg/kg 乾土) の播種 21 日後の様子。黄化症状は古い葉から順に進行していき、新葉には発現しなかった。



症状① 下位葉の黄化症状及び壊死 -2

播種 21 日後。写真左は標準区の正常なコマツナ个体。正常な个体には黄化症状は発現していない。

一方、1800 mg/pot 添加区 (Cu 約 3700 mg/kg 乾土) は子葉が脱落し、本葉第一葉の中央から葉先にかけて黄化症状が著しく、一部が壊死しているように見える。



症状① 下位葉の黄化症状及び壊死 -3

1800 mg/pot 添加区 (Cu 約 3700 mg/kg 乾土) 播種 17 日後の症状が発現し始めている本葉第一葉の様子。

新葉と比較すると葉の色が薄くなっており、一部壊死が見られる。子葉も黄化症状が見られ、一部が脱落している。

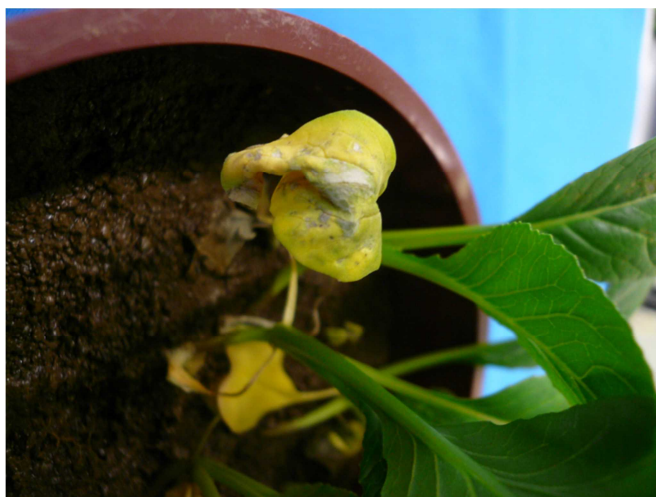
4 生理障害 (4) 銅



症状① 下位葉の黄化症状及び壊死 -4

1800 mg/pot 添加区 (Cu 約 3700 mg/kg 乾土)
播種 18 日後の症状が進行した様子。

進行のスピードが速く、部分的な壊死が増え、
黄化症状が進行している。



症状① 下位葉の黄化症状及び壊死 -5

1800 mg/pot 添加区 (Cu 約 3700 mg/kg 乾土)
播種 20 日後には葉全体が丸まり、枯死に至った。



症状② 生育不良

1800 mg/pot 添加区 (Cu 約 3700 mg/kg 乾土)
播種 21 日後 (左上) と標準区 (右上) を比較すると生育が著しく悪い。

4 生理障害 (4) 銅

b (2) .銅の過剰症状 (硝酸銅 (Ⅱ) 三水和物 (以下、硝酸銅) を多量施用した場合)

(b) 水溶液浸透法による.

症状	作物体への害症状は特に見られない。跡地土壌の観察で根域制限が見られる。
特徴	硝酸銅は吸湿性があることから施肥方法に注意が必要である。 コマツナは好硝酸性植物に分類されることから硝酸イオン害のリスクは低いと思われる。
生理作用	試験容器内土壌の上層と下層の銅分布に差異が生じる。このため、土壌下層中の銅が上層と比較して高濃度となり、下層に根域制限が見られる。
発生しやすい条件	・ 供試土壌が腐植低含有の砂壤土の場合 ・ 供試肥料、土壌に過剰の銅が混入されていた場合 ・ 供試土壌が酸性（概ね pH 5.5～pH 6.5）の場合
参考文献	肥料研究報告 第十号収載予定 コマツナの生理障害確認試験（亜鉛）



播種 21 日後の様子である。

硝酸銅による作物体への害症状は確認されなかった。

硝酸銅を Cu としての施用量は次のとおりである。

上段：標準区

下段左：100 mg/pot 区 (Cu 207 mg/kg 乾土)

下段中：250 mg/pot 区 (Cu 516 mg/kg 乾土)

下段右：400 mg/pot 区 (Cu 826 mg/kg 乾土)



(参考) 根張りの状態 -1

収穫後、跡地土壌の根張りを観察すると、100 mg/pot 添加区 (Cu 207 mg/kg 乾土) で土壌下層に根張りが無い様子が確認された。

なお、写真にある土層上部の面が試験容器内では土壌下層面となる。

4 生理障害 (4) 銅



(参考) 根張りの状態 -2

100 mg/pot 添加区 (Cu 207 mg/kg 乾土) の跡地土壤。

当該区はコマツナの生理障害確認試験注意事項」2 (b) による施肥方法としたため、下層中に銅が蓄積し、コマツナの根張りが比較的銅が低濃度である上層に集中したことから根域制限が生じたと思われる。

b (3) .銅の過剰症状 (EDTA 銅を多量施用した場合)

(b) 水溶液浸透法による.

症状	① 生育不良、②根の伸長不良、③本葉のモザイク状の症状、④黄化症状
特徴	標準区と比較すると生育初期（概ね播種後 10 日まで）の生育は著しく悪く、根の伸長不良により倒れる個体も観察された。生育後期（播種後 18 日）には全体的に黄化症状し、本葉がモザイク模様を呈した。
生理作用	EDTA 吸収による害が考えられる
発生しやすい条件	・ 供試土壤が腐植低含有の砂壤土の場合 ・ 供試肥料もしくは土壤に過剰の銅が混入されていた場合 ・ 供試土壤が酸性（概ね pH 5.5～pH 6.5）の場合
参考文献	肥料研究報告 第九号 p.170～p.184 10. コマツナの生理障害-銅-



症状① 生育不良 -1

播種 7 日後 EDTA 銅を Cu として 150 mg/pot 添加区 (Cu 約 310 mg/kg 乾土) の様子。発芽後に生育が止まっている個体や生育スピードは遅いものの成長を続ける個体が観察された。

4 生理障害 (4) 銅



症状① 生育不良 -2

播種 7 日後の様子。左が標準区、右が 150 mg/pot 添加区 (Cu 約 310 mg/kg 乾土) である。標準区と比較すると生育が明確に劣った。



症状② 根の伸長不良

播種 10 日後 150 mg/pot 添加区 (Cu 約 310 mg/kg 乾土) において根が萎縮し、倒れる個体が観察された。



症状③ 黄化症状と葉のモザイク状症状 -1

播種 12 日後 100 mg/pot 添加区 (Cu 約 210 mg/kg 乾土) の様子。発芽後の枯死が見られなかった個体は生育速度が遅いものの成長を続けた。

4 生理障害 (4) 銅



症状③ 黄化症状と葉のモザイク状症状
-2

播種 18 日後 100 mg/pot 添加区 (Cu 約 2 10 mg/kg 乾土) の様子。播種 14 日後ごろから黄化症状が発現しはじめ、18 日目には全体的に黄化症状が明確に現れた。



症状③ 黄化症状と葉のモザイク状症状
-3

播種 18 日後 100 mg/pot 添加区 (右) は標準区 (左) と比較すると、黄化症状が顕著であった。本葉は葉縁及び葉脈間の色が薄くなっており、モザイク状の様な症状を呈した。

4 生理障害 (5) 亜鉛

a. 亜鉛の欠乏症状 (植害試験の条件下では発現のおそれが高い)

症状	未確認
特徴	農地での亜鉛欠乏症の事例は少なく、特に野菜類での発生は稀であるとされている。
生理作用	該当なし
発生しやすい条件	・ 供試土壌がアルカリ性（概ね pH 7.0 以上）の場合 ・ 供試土壌中の亜鉛が低含有であり、砂質沖積土の場合
参考文献	肥料研究報告 第十号収載予定 コマツナの生理障害確認試験（亜鉛）

4 生理障害 (5) 亜鉛

b (1-1) 亜鉛の過剰症状 (硫酸亜鉛七水和物 (以下、硫酸亜鉛) を多量施用した場合)

(a) 土壌混合法による.

症状	①生育不良、②子葉の黄化症状、③子葉の下垂、④子葉裏の赤紫色化、⑤本葉の黄化症状、⑥本葉葉縁の黄化症状
特徴	生育初期 (播種 7 日後頃) に子葉の黄化症状や、特徴的な子葉の下垂が見られる。生育中期から後期にかけて、本葉の黄化症状が確認される。
生理作用	タンパク質や葉緑素合成阻害等の影響があるものと見られる。
発生しやすい条件	・ 供試肥料もしくは供試土壌に過剰の亜鉛が混入されていた場合 ・ 供試土壌が酸性 (概ね pH 5.5～pH 6.5) の場合
参考文献	肥料研究報告 第十号収載予定 コマツナの生理障害確認試験 (亜鉛)



症状① 生育不良 -1

播種 4 日後の様子。

硫酸亜鉛の添加量に伴い、生育不良の度合いが強いことがわかる。硫酸亜鉛を Zn としての添加量は次のとおりである。

上段 : 標準区

下段左 : 100 mg/pot 区 (Zn 207 mg/kg 乾土)

下段中 : 250 mg/pot 区 (Zn 516 mg/kg 乾土)

下段右 : 400 mg/pot 区 (Zn 826 mg/kg 乾土)



症状① 生育不良 -2

播種 21 日後の様子。100 mg/pot 添加区以外の区では生育初期の生育不良が継続し、生育は改善されなかった。

4 生理障害 (5) 亜鉛



症状② 子葉の黄化症状

播種 10 日後の様子。

左：400 mg/pot 添加区 (Zn 826 mg/kg 乾土)

右：標準区

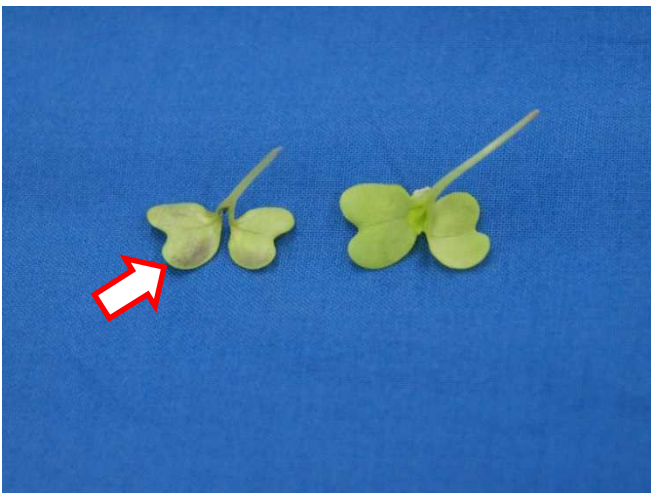
標準区と比較すると子葉の黄化症状が確認できる。



症状③ 子葉の下垂

400 mg/pot 添加区 (Zn 826 mg/kg 乾土) の播種 10 日後の様子。

特徴的な子葉の下垂が窺える。



症状④ 子葉裏の赤紫色化

左が 400 mg/pot 添加区 (Zn 826 mg/kg 乾土)、右が 250 mg/pot 添加区 (Zn 516 mg/kg 乾土) の個体である。

左の個体の葉縁部の赤紫色化が見られた。

亜鉛の拮抗作用によるりん酸欠乏症状、もしくはその他の要因によってアントシアニンが生成されたものと思われる。

4 生理障害 (5) 亜鉛

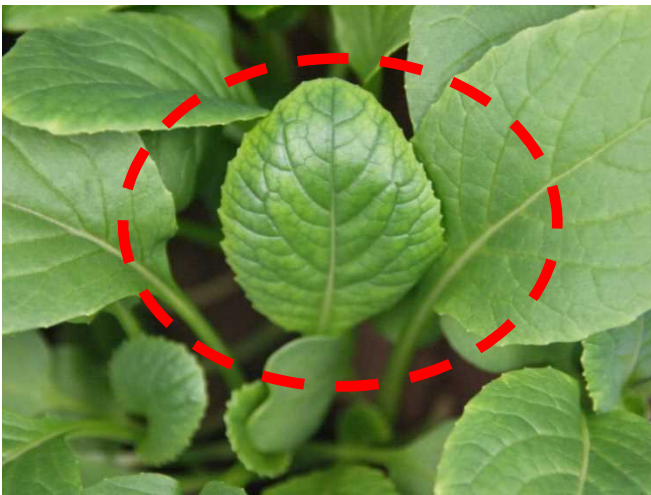


症状⑤ 本葉の黄化症状 -1

400 mg/pot 添加区 (Zn 826mg/kg 乾土) の播種 20 日後の様子。

本葉第一葉に黄化症状が発現している。

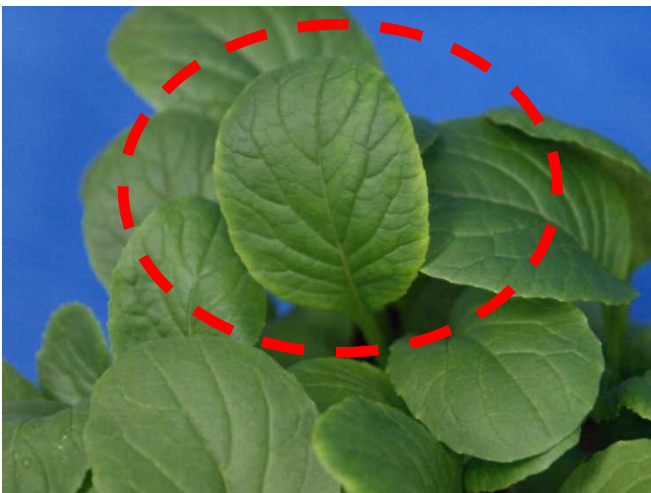
また、本葉第一葉が生長せず、枯死に近い個体も見られる。



症状⑤ 本葉の黄化症状 -2

播種 20 日後の 100 mg/pot 添加区 (Zn 207 mg/kg 乾土) の様子である。

本葉第三葉に黄化症状が見られた。葉縁が特に黄化している。生育中期から後期にかけて発現するものと思われる。



症状⑥ 本葉葉縁の黄化症状

播種 20 日後の 100 mg/pot 添加区 (Zn 207 mg/kg 乾土) の様子である。

本葉第二葉の葉縁に薄い黄化症状が見られた。

4 生理障害 (5) 亜鉛

b (1-2) 亜鉛の過剰症状 (硫酸亜鉛七水和物 (以下、硫酸亜鉛) を多量施用した場合)

(b) 水溶液浸透法による。

症状	①生育不良、②本葉の黄化症状、③子葉葉縁の黄化症状、④本葉葉縁の黄化症状
特徴	生育初期 (播種 7 日後頃) に子葉の一部で黄化症状が見られる。生育中期 (播種 12 日後頃) になると標準区と比較して生育速度が劣り、生育に差異が生じる。生育後期 (播種 17 日後頃) には本葉の葉縁に薄い黄化症状が見られ、その一部が白化する場合がある。b (1-1) の場合と比較すると、症状は軽い。
生理作用	タンパク質や葉緑素合成阻害等の影響があるものと見られる。
発生しやすい条件	・ 供試肥料もしくは供試土壌に過剰の亜鉛が混入されていた場合 ・ 供試土壌が酸性 (概ね pH 5.5～pH 6.5) の場合
参考文献	肥料研究報告 第十号収載予定 コマツナの生理障害確認試験 (亜鉛)



症状① 生育不良

播種 12 日後の様子。

上段左: 硫酸亜鉛を Zn として 250 mg/pot 添加区 (Zn 516 mg/kg 乾土)

下段右: 標準区

標準区と比較すると 250 mg/pot 添加区 (Zn 516 mg/kg 乾土) の生育不良が見られる。



症状② 本葉の黄化症状

播種 17 日後の様子。

左: 250 mg/pot 添加区 (Zn 516 mg/kg 乾土)

右: 標準区

標準区と比較すると 250 mg/pot 添加区の株全体が黄化症状を呈している。また、本葉の一部が湾曲しているように見える。

4 生理障害 (5) 亜鉛



症状③ 子葉葉縁の黄化症状

播種 21 日後、250 mg/pot 添加区 (Zn 516 mg/kg 乾土) の様子。

子葉先端の縁に黄化症状現象が見られた。



症状④ 本葉葉縁の黄化症状 -1

播種 17 日後、250 mg/pot 添加区 (Zn 516 mg/kg 乾土) の様子。

本葉第二葉の葉縁に薄い黄化が見られた。一部は白化しているように見える。



症状④ 本葉葉縁の黄化症状 -2

播種 21 日後、250 mg/pot 添加区 (Zn 516 mg/kg 乾土) の様子。

播種 17 日後と比較すると葉先の縁で白化が若干進行しているが、葉の壊死には至らなかった。

4 生理障害 (5) 亜鉛

b (2) .亜鉛の過剰症状 (硝酸亜鉛 (Ⅱ) 三水和物 (以下、硝酸亜鉛) を多量施用した場合)

(b) 水溶液浸透法による.

症状	①生育不良、②子葉の黄化症状、③子葉葉縁の黄化症状、④本葉の黄化症状
特徴	施用量に伴って生育不良が顕著に現れる。硝酸銅の場合と比較すると症状は重い。生育中期 (播種 12 日目頃) から本葉を中心に黄化症状が見られる。
生理作用	タンパク質や葉緑素合成阻害等の影響があるものと見られる。
発生しやすい条件	・ 供試肥料もしくは土壤に過剰の亜鉛が混入されていた場合 ・ 供試土壤が酸性 (概ね pH 5.5～pH 6.5) の場合
参考文献	肥料研究報告 第十号収載予定 コマツナの生理障害確認試験 (亜鉛)



症状① 生育不良 -1

播種 10 日後の様子。上段が硝酸亜鉛施用区、下段が硝酸銅施用区、下段右が標準区。

硝酸亜鉛を Zn として、硝酸銅を Cu としての施用量は次のとおり。

右下：標準区

左列：100 mg/pot 区 (207 mg/kg 乾土)

中列：250 mg/pot 区 (516 mg/kg 乾土)

右列：400 mg/pot 区 (826 mg/kg 乾土)

硝酸亜鉛区の生育不良が見られる。



症状① 生育不良 -2

播種 21 日後の様子。

硝酸亜鉛の施用量に伴って生育量が劣っていることがわかる。硝酸亜鉛の Zn としての施用量は次のとおり。

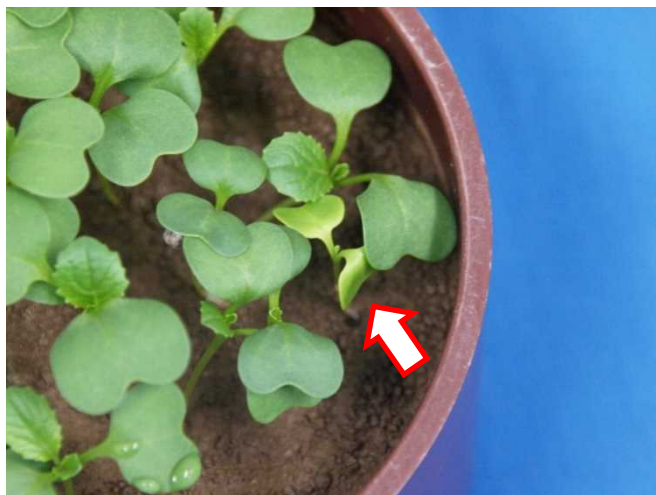
上段：標準区

下段左：100 mg/pot 区 (207 mg/kg 乾土)

下段中：250 mg/pot 区 (516 mg/kg 乾土)

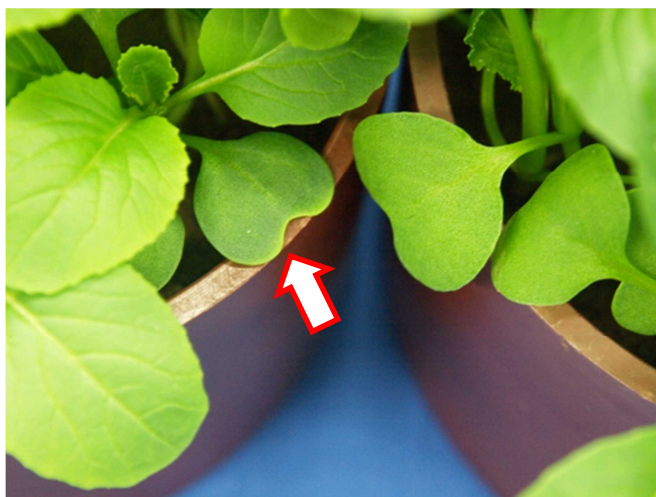
下段右：400 mg/pot 区 (826 mg/kg 乾土)

4 生理障害 (5) 亜鉛



症状② 子葉の黄化症状

播種 10 日後、400 mg/pot 区 (Zn 826mg/kg 乾土) の一部個体で、子葉の黄化症状が見られた。



症状③ 子葉葉縁の黄化症状

播種 19 日後の様子である。

左 : 400 mg/pot 添加区 (Zn 826 mg/kg 乾土)

右 : 標準区

硝酸亜鉛区の子葉が標準区と比較すると葉縁が黄化症状を呈していることがわかる。上位葉で症状が顕著である。



症状④ 本葉の黄化症状

播種 20 日後の様子である。

左 : 250 mg/pot 添加区 (Zn 516 mg/kg 乾土)

右 : 標準区

硝酸亜鉛区の本葉が標準区と比較すると黄化症状を呈していることがわかる。上位葉で症状が顕著である。

V 写真撮影について

1 カメラの設定等のヒント

- ・使用カメラはデジタルカメラとする。
- ・通常の印刷用であればカメラの画素数は500万画素あれば十分である。
- ・カメラの設定はフルオートでよい場合があるが、実際の葉色と異なる場合は以下の撮影メニューの変更を試みる。
- ・ホワイトバランスはオートでよい場合が多いが蛍光灯下やガラス越し光ではホワイトバランスのモードを変更して撮影するとより実際の色合いに近いことがある。
- ・露出をアンダーにすると明るすぎない写真が撮影できる。その分シャッタースピードが速くなる。
- ・ISO感度を高くするとシャッタースピードは速くなるがノイズが多くなる。
- ・ズームレンズは広角にしすぎると歪みが大きくなる。
- ・絞りが調節可能なカメラであれば絞り値を大きくして被写界深度を確保する。絞り優先モードでの撮影がよい。

2 撮影時の注意点

- ・極力ストロボ撮影はしない。被写体との距離が近いと、ストロボ撮影をすると反射光を避けられず実際の色合いが表現できない。
- ・手ぶれに注意する。固定せずに撮影できるシャッタースピードは30分の1秒程度までなので暗い場合は三脚、一脚等で手ぶれを防止する。三脚を使用してセルフタイマーモードで撮影するとシャッターを押したときのぶれがない。
- ・ピントは確実に合わせる。
- ・写真のバックは青系の布とする。ブルーシート等の光沢があるものは反射がある。
- ・クローズアップの写真は何がポイントかわかるように撮影角度や構図を工夫する。

3 発芽時の写真撮影

- ・発芽後5～7 日の写真を撮影する。撮影時期の目安は標準区の子葉が展開し本葉が現れる前までがよい。この頃に供試肥料等の試験区の発芽が遅れている場合は数日後に再度撮影する。
- ・発芽の状態が異常である場合はクローズアップ写真を撮影する。
- ・発芽時の全体写真は真上から撮影する。各試験区1ポットを抽出して撮影する。
- ・ポットは写真の例のように配置し、ポット間の距離は試験終了時の撮影を考慮して、5～6cmとする。コマツナ株の縦横のラインを揃えると見栄えがよい。
- ・試験区等のラベルは6 写真の例に準じる。
- ・被写体との距離が近いと写真の左右が歪むので極力歪まないように被写体との距離とズームを決定する。

4 試験終了時の写真撮影

- ・試験終了時に写真を撮影する。収量調査（葉長測定）をする前に撮影するとコマツナの生育状態が変わらず傷みがない。
- ・異常症状がある場合はクローズアップ写真を撮影する。

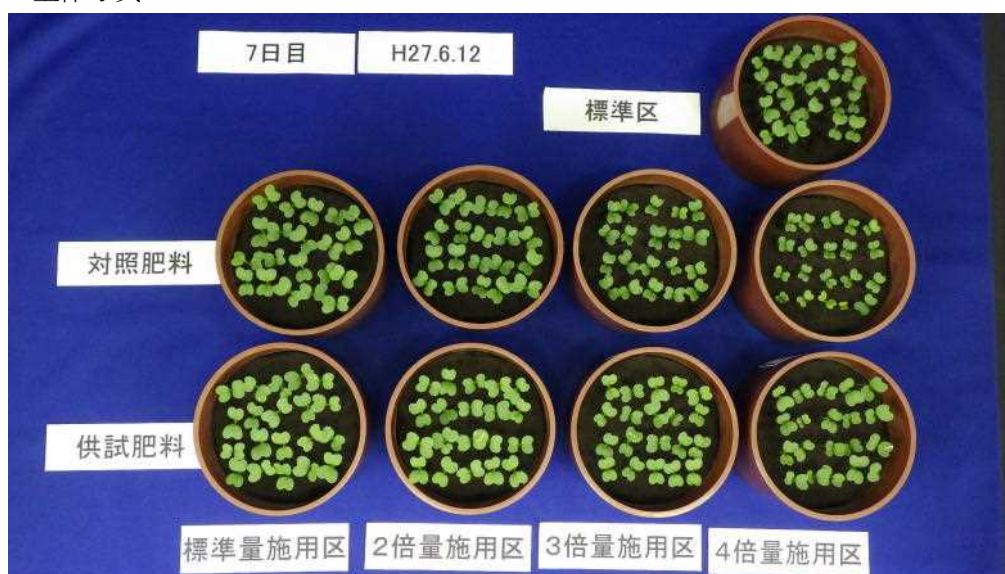
- ・試験終了時の全体写真は真上から撮影する。各試験区1ポットを抽出して撮影する。
- ・ポットは写真の例のように配置し、ポット間の距離は発芽時の写真と同じとする。
- ・試験区等のラベルは「6 写真の例」に準じる。
- ・被写体との距離が近いと写真の左右が歪むので歪まないように被写体との距離とズームを決定する。

5 試験中の写真撮影

- ・試験中に異常症状を発見した場合は直ちに写真撮影を行う。異常症状の進行状況がわかるような写真撮影を心がける。
- ・写真は考察する際の資料となる。

6 写真の例

発芽時の全体写真



試験終了時の全体写真



VI 植害試験に関する Q&A

植害試験は供試肥料が無機質肥料等の場合と有機質肥料等の場合で試験方法が異なることから Q&A については、共通、無機質肥料等及び有機質肥料または汚泥肥料等の 3 つに分けて掲載しています。

1 共通

◎試験に使用する土壌は、どのようなものがよいのでしょうか。

→ 栽培歴のある土壌が望ましいですが、肥料成分が多い場合は各試験区の収量が多くなったり、濃度障害が出るなどして収量差が判然としない場合があります。肥料成分が少なく理化学性の明らかな土壌を用いることが必要です。

なお、山土、心土等の栽培歴のない土（未耕土）は微生物活性が低いこと、pH が低いこと等が考えられますので注意が必要です。

◎試験に使用する土壌は、どのようにして入手すればよいのでしょうか。

→ 農業試験場などに紹介してもらい、農家等の休耕地土壌を入手するとよいでしょう。黒土として市販されている土壌は、ほとんどが取り扱いの容易な黒ボク土です。ただし、植害試験に適しているかどうかの確認は必要です。

◎土壌の分析方法は、どこに掲載されていますか。

→ 土性等の物理的性質は土壌物理性測定法（土壌物理性測定法委員会）、化学的性質は土壌養分分析法（土壌養分測定法委員会）等により分析・試験方法が解説されています。

参考までにこれらの分析・試験法が記載されている書籍を記載します。

土壌物理性測定法（養賢堂）

土壌養分分析法（養賢堂）

土壌標準分析・測定法（博友社）

土壌環境分析法（博友社）

土壌、水質及び植物体分析法（日本土壌協会）

◎施肥の設計は、保証値に基づいて算出してもよいのでしょうか。

→ 施肥の設計は分析値で行ってください。「試験成績取りまとめ様式」のなかに供試肥料及び対照肥料の分析成績を記入することになっており、供試肥料及び対照肥料の分析が必要です。

◎試験に使用する供試肥料等で水分含量が多いものは乾燥してもよいのでしょうか。

→ 高温での強制乾燥は、基質、組成の変化等を起こすことが懸念されますので避けましょう。しかし、通常は分析を行うために風乾する必要がありますので一般に、65℃程度までであれば、通風乾燥器等を用いて乾燥しても特に問題はないと思われます。65℃程度の温度でも、試料がアルカリ性の場合、

アンモニアの揮散の可能性があります。例えば、乾燥のために石灰処理した汚泥は試料がアルカリ性のためアンモニアの揮散が起きる場合があります。

◎「対照肥料は、供試肥料と原料、生産工程、保証成分量等が類似している普通肥料を選定する」と通知にはありますが、類似したものが無い場合は、対照肥料を設定しなくてもよいでしょうか。

→ 対照肥料を設けるように通知で明記されていますので、省略はできません。肥料の種類が同じものを選定するのが基本ですが、やむを得ず特殊肥料等を用いる場合でも、極力類似したものを用いて下さい。

◎植害試験で発芽調査と生育調査は別々のポットを設定して行う必要がありますか。

→ 植害試験は一連の流れの試験なので、発芽調査の後に生育調査を行い最終的には収穫まで行います。

◎植害試験はどのような場所で実施するのがよいでしょうか。また、人工気象装置で実施する場合の温度等の条件について教えてください。

→ 試験の実施場所（施設）は問いませんが、条件としては照度が十分であること、気温は概ね 15 °C ~25 °C の範囲内であることが挙げられます。また、植物体を痛めないように風当たりが強くない場所がよいでしょう。15 °C 以下では生育が遅くなり、25 °C 以上では灌水の頻度が多くなり 2 連の生育量に差が出やすくなります。当センターでは、人工気象装置を使用しています。その条件の一例として、日照時間は昼間 12 時間、夜間 12 時間、照度は約 17000 lx 程度 (光量子束密度 260 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) 白色光下、気温は昼間 25 °C 夜間 15 °C、湿度は 70 % に設定しています。

また、発芽時に照度が不足するとモヤシ状になるので注意が必要です。なお、蛍光灯だけでは実際に植物が必要とする波長が欠如していることがあります。

◎植害試験は計量証明事業所で行わなければならないでしょうか。

→ 試験の実施は特定の機関を限定していませんので、通知に記載されている方法に従って実施し、通知で定める必要項目が報告書に記載されていれば、自社で実施しても構いません。

◎コマツナの発芽率が極端に悪い場合、2 連の間で異なる場合がありますが、原因は何でしょうか。

→ 種子が古い、保存状態が悪いなどの理由で発芽率が悪いことがあります。試験実施前に発芽試験等で種苗会社が保証する発芽率（90 % 等と記載してある）があるかを確認しておくといよいでしょう。

また、2 連の間で発芽率が異なるようであれば何らかの管理の不具合が考えられます。使用する土壤の土性、土壤の詰め方、播種する深さ、土壤水分量等が一定になるように気をつけて試験を行ってください。

なお、市販されている種子はよく選別されていますが、大きさ、色等のバラツキがあります。極端に大きなものや小さなもの、傷があるもの、種皮が剥けたもの等は避けて播種する必要があります。

◎植害試験で、異常があるかどうかはどのように判断するのですか。

→ 発芽時には、供試肥料区が対照肥料区の同じ濃度区に比べて極端に発芽が遅れていないか、正常に

発芽しているか等を観察します。その後、収穫までに葉の巻症状、白化症状、萎れ、枯死等明らかな異常症状が確認された場合は、「異常症状あり」と判定できます。また、外見上の異常症状が無い場合は、生育量で判断することになります。供試肥料が無機質肥料の場合は、対照肥料の標準量施用区の生体重指数の平均値を 100.0 とし、供試肥料が有機質肥料の場合は、標準区の生体重指数を 100.0 として、供試肥料区の生体重指数が目安として 80 未満であれば何らかの生育阻害物質が含まれている可能性があります。なお、試験期間中において、施用した肥料のうち植物が利用できる成分やその量は試験区間で異なることも想定されますので安易に生育差を「異常」と判断しないようにしてください。

◎植害試験の肥料濃度は、当社の肥料の施用量からかけ離れて 10 倍ほど少ないのですが、実際の施用量で試験してもよいでしょうか。

→ 通知に記載されている方法で試験を実施するのが望ましいのですが、その濃度が施用実態に依拠していないのであれば、通知を外れた施用量で試験を実施しても差し支えありません。その際は、「試験成績取りまとめ様式」に通知に基づかない理由等を明記してください。

◎写真撮影で、注意すべき点を教えてください。

→ 「発芽後 5～7 日」「試験終了時」のカラー写真が必要です。1 枚の写真で全体像が明確に判るように供試肥料区、対照肥料区及び標準区からそれぞれ 1 ポット分を選んで 1 枚の写真に収まるように撮影してください。また、カメラからポットまでの距離が違えば遠いものほど小さく写りますので全てのポットとカメラの距離が等しくなるように上から撮影してください。

◎試験に使う鉢は園芸用のプラスチックの鉢でもよいでしょうか。

→ 植害試験で使用する鉢は内径 11.3 センチメートル、高さ 6.5 センチメートルの鉢（ノイバウエルポット）と規定されています。この容器は円筒形で底に穴が開いていません。これは肥料成分や含有の可能性がある有害成分を容器から出さないで試験を行うためです。したがって、園芸用のプラスチックの鉢は試験に用いることはできません。

◎使用している施設は、植物を早く生育させることができますが、試験期間を 2 週間にしてもよいでしょうか。

→ 試験期間は原則として播種後 3 週間と規定されています。植物が早く大きくなるからといって試験期間を短縮することは認められません。例えば、有害成分が含まれている肥料を施用して、植物が有害成分をある一定量蓄積しなければ異常な症状が現れない場合や、肥料が分解途中で有害成分が短期間では生成されない場合を想定しているからです。

◎試験を実施するに当たって、準備する供試土壌の水分含量はどの位がよいでしょうか。

→ 風乾土の水分含有量は特に規定されていません。極端に乾燥した土壌を使用すると埃などがたち作業がし難い、土壌微生物が死滅してしまう等の問題があります。風乾土といっても水分は土壌によって様々で、灰色低地土では数%、黒ボク土では 20 %程度あります。作業しやすい水分量で試験を実施してください。

◎播種前のポットに水はどのように加えたらよいでしょうか。

→ 最大容水量の 60 %にする添加水分量をポットに加えてから、肥料を混ぜた土壌を詰めて土壌表面を平らに均します。土壌表面に水が染みてから播種をするとよいでしょう。上から水を加える場合は、土壌表面が凸凹になり土壌が硬く締まってしまうことがあるので注意が必要です。

◎過度に乾燥させたバーク堆肥のような資材は、給水の際に水をはじいて困るのですがよい対処方法はないでしょうか。

→ 植物系の原料が使用されている肥料は乾燥させると水を弾いてしまうことがよくあります。このようなときにはポリ袋に供試土壌の一部を取り、その供試土壌の最大容水量の 60 %程度の水分量と肥料を加えてよく混合します。これで肥料が吸湿しているようであればよいのですが、そうでない場合はこの状態で水分が浸透するまで放置する必要があります。この土に残りの供試土壌を加えてよく混合します。ポットに最大容水量の 60 %になるように追加で水を加えて供試土壌を充填します。施用量が多いときは肥料そのものの吸湿により計算上の最大容水量の 60 %を下回るので少し多めに水を加える必要があります。

◎供試土壌の調査項目は、全て調べる必要があるでしょうか。

→ 通知に記載の調査項目はある程度絞り込んでいるものであり、省略できません。

◎コマツナの品種はどのようなものがよいでしょうか。

→ 通知では品種は特定されていません。発芽率が高いもので、試験時期に合った品種を選定してください。F1 品種の「極楽天」「夏楽天」「笑天」「楽天」「おそめ」等は個体差が少なく生育します。高温期であれば「極楽天」「夏楽天」がよいでしょう。また、異なる品種のものを混ぜて植害試験を行わないようにしてください。

◎コマツナの種子を播種するときの穴の深さはどの程度がよいでしょうか。

→ 一般に 3~5 mm 程度の深さがよいと考えられますが、土壌の種類や硬さ等により発芽に適した深さがあるので一度、発芽試験を行うなどして確認した方がよいでしょう。穴を開けるにはガラス棒の一定の位置にテープ等を巻いて全ての穴の深さを揃えると発芽が揃います。

◎播種する種子の数は、20 と 25 のどちらがよいでしょうか。また、穴の位置関係は格子状と円状のどちらがよいでしょうか。

→ 播種数は 20 粒で格子状に播種してください。格子状の方が発芽調査時に数え間違いがないでしょう。

◎播種した後、覆土をしたほうがよいでしょうか。

→ 乾燥すると発芽しないので、供試土壌を覆土するか、軽く土を寄せるようにして播種穴を塞いでください。発芽がある程度揃うまではガラス板などでポット上部の大部分覆って乾燥を防いでください。

◎給水の方法は、どの様な点に注意すべきでしょうか。

→ 生育初期においては、土壌の最大容水量が 60 %となるように給水をします。その際、発芽したコマツナを倒さないようにポットの縁及び株と株の間に滴下注水します。植物体がある程度大きくなれば生体重及び蒸散量を考慮して多めに注水します。試験後半は蒸散量が多くなるので 1 日に 2～3 回の給水をしなければならないときがあります。なお、出来るだけ土壌に均一に注水してください。

◎発芽調査においては、どの状態を発芽としたらよいでしょうか。

→ 発芽とは、子葉が土壌表面から出た時点とします。その後順調に子葉が展開すれば問題ないのですが、子葉が展開する前に萎れたり枯死したりする異常症状がある場合はその旨を記録してください。発芽は先ず吸水した種子から根が伸びて、更に水分を吸収し子葉を展開するという順に生長します。つまり、発芽調査は、根が正常に伸びているかどうかを子葉が展開するまでの間に確認する調査になります。

◎生育調査での葉長の測り方と測る株は決められていますか。

→ 葉長の測定は、1 株の内一番大きな葉を測定します。本葉の形は一般に光を受ける平たい部分（葉身）と茎のように細くなっている部分（葉柄）がありますが、それらを併せた長さを測定します。その長さが葉長となります。測定する株の位置については特に決められていませんが、5 株程度を測定してその平均値を葉長としてください。5 株を選ぶのであれば、次のようにしてもよいでしょう。格子状に播種している場合は外側の 4 辺から 1 株ずつと中央部分から 1 株選べば 5 株となり、同じ株を選ぶことがなくなります。また、1 回目と 2 回目に測定する株が、同じである必要はありません。

2 無機質肥料等

◎無機の肥料を通知のとおり試験すると肥料の濃度がとても高くて枯れてしまうのですが、低い濃度で試験してもよいでしょうか。

→ 基本的には通知のとおり試験を実施してください。供試肥料区、対照肥料区ともに植物が枯れてしまう等の症状がでるのであれば供試土壌の肥料成分が高いことや砂質の土壌を使用しているなどの問題があるかもしれません。供試土壌を選定し直すか、供試土壌の肥料成分が高い場合は、予め供試土壌に作物を栽培し肥料成分の収奪を行うなどの対応が必要です。やむを得ず通知を逸脱した施用量で試験を実施した場合は、「試験成績取りまとめ様式」に通知に基づかない理由等を明記してください。

◎液状の亜りん酸肥料の植害試験をしたいのですが、対照肥料は何を用いればよいでしょうか。

→ ホスホン酸や亜りん酸塩類の試薬を供試肥料と同濃度に水で希釈して対照肥料とするのがよいでしょう。亜りん酸肥料は濃度障害を引き起こしやすく、通常低濃度で使用するので実際の施用量に基づき施肥設計を行ってください。

3 有機質肥料または汚泥肥料等

◎植害試験では対照肥料を使用することとなっていますが、どのようなものがよいでしょうか。また、どこで入手できますか。

→ 通知では、対照肥料は普通肥料となっていますので、普通肥料の中から選んで下さい。対照肥料は含有成分量や生産工程が類似していることが基本となります。有機質肥料の場合の植害試験は、あくまで供試肥料区の植害の有無を標準区との比較において試験するものであり、対照肥料区は、類似する肥料の生育状況との比較に用います。

汚泥肥料であれば肥料の種類が同じで生産工程が類似しているものがよいのですが、適当な肥料がない場合は「乾燥菌体肥料」がよいでしょう。

また、家畜糞を使用する汚泥発酵肥料等では「加工家きんふん肥料」等を使用してください。

これらの肥料は県知事登録なので、FAMIC のホームページで検索していただくか貴社を管轄する都道府県へ問い合わせれば、生産業者名等がわかります。

◎当社の肥料は焼成汚泥で窒素成分がほとんどありません。試験を行う際の対照肥料は何が適当でしょうか。

→ 窒素成分がないのでりん酸を基準に施用量を決定してください。普通肥料であれば、焼成汚泥肥料を対照肥料とするのがよいですが、入手が難しい時には、窒素成分のほとんどない「蒸製骨粉（脱こう骨粉）」、「副産複合肥料（パームアッシュ）」、「副産りん酸肥料」等が考えられますが、類似したものがない場合には、特殊肥料の「鶏糞燃焼灰」を用いることもやむを得ません。

◎汚泥発酵肥料を試験する場合、対照肥料はどのような肥料を選べばよいでしょうか。

→ 発酵処理した肥料では、含有成分とともに CN 比、腐熟度が植物の生育に大きく影響します。このため、同じような原料で生産された汚泥発酵肥料がよいでしょう。原料と CN 比を見比べ類似した肥料を選定してください。

また、肥料の腐熟が不十分な場合やアルカリ分が多い場合は、施肥から播種までの期間を 1 週間程度空ける等の対応が必要です。

◎アルカリ分を保証できないし尿汚泥肥料ですが、乾物換算で窒素が 5 %、アルカリ分が 20 %以上あります。植害試験する場合は、窒素基準とアルカリ分基準の何れで試験するのがよいでしょうか。

→ 一般的には、窒素基準で試験をしますが、その資材の使用目的が pH 矯正用であればアルカリ基準で試験を実施してください。

◎液状たい肥等の三要素の含有量が極端に少ない肥料は、どのように試験すればよいでしょうか。

→ 供試する資材の標準的な施用量を基準として施用しますが、供試する土壌は十分乾燥させ、水分が少ない状態とし、4 倍量施用区でも施用される水分量が、供試土壌の最大容水量の 60 %以内となるよう留意して下さい。

最大容水量の 60 %以内に納まらない場合は、供試資材の基質、成分等に変化がないように乾燥器等を用いて水分を蒸発させ、濃縮する等の処理が必要と考えられます。

◎供試肥料区の収量が標準区を下回っていますが、どの程度下回った場合に植害ありと判定をしたらよいでしょうか。

→ 標準区は、作物（コマツナ）の生育に最低限必要な三要素の無機成分量を施用したものです。供試肥料区は供試肥料に標準区と同様の三要素を併せて添加していますので、問題がなければ供試肥料区は標準区を上回る収量が得られます。供試肥料区の収量が標準区を下回るのであれば、何らかの生育阻害があるものと考えられます。

供試肥料の CN 比が高い場合、堆肥などで完熟していない場合等には有機物を分解する際に微生物が窒素の取り込むことにより窒素が不足し、害を生ずる場合があります。また、易分解性有機物が多い場合には分解に伴う有機酸等の影響があります。

植害試験以外の試験、例えば無機化試験や CN 比確認等を実施し総合的に判断する必要がありますが、植害試験のみで判断する場合は、当センターでは生体重指数が目安として概ね 80 以上あれば異常ありとはいえないであろうとしています。

◎植害試験の方法で、土壌と肥料の容積比を 1:1 で混合し試験を行って害がなければよいということを聞きましたが、その方法で実施してもよいでしょうか。

→ 通知に記載されている方法で実施してください。

◎供試肥料区の収量が、標準区の収量は上回っていますが対照肥料区よりは劣っています。どの程度劣っていると植害ありと判定するのですか。

→ 植害試験は、供試肥料と対照肥料を比較する肥効試験ではありません。対照肥料区については、対照肥料の選び方や種々の環境要因により、極端に生育が良かったり反対に悪かったりというように、必ずしも植害の判定に適当な生育をしているとは限りません。

対照肥料区は供試肥料区の生育で異常の有無を判断する場合の比較として用いるものであり、収量を比較するものではありません。収量による植害の有無の判定はあくまでも標準区との比較です。対照肥料区と比べて葉色が悪い、葉縁が白化している、葉が巻いている等の明らかな症状が認められる場合以外は、植害があると判断するのは難しいと考えます。

◎当社の肥料は、土壌に施用して 1 週間程度置いてから播種してほしい旨を肥料袋に記載しています。植害試験を実施する場合、その点は考慮していただけるのでしょうか。また、この場合、供試肥料区だけでなく対照肥料区についても同様の処理期間を設けるべきなのでしょうか。

→ 通知では、明確な基準は得られていませんが、施用の実態においてその様な注意事項を消費者に知らせているのであれば、植害試験においても同様な期間の処理は必要と考えます。対照肥料区も同様に行ってください。

◎供試肥料が有機質肥料の場合、全ての試験区に窒素、りん酸及び加里を 25 mg 添加することとなっていますが、入れなければならないでしょうか。

→ 試験設計は通知のとおりとしてください。通常は窒素、りん酸及び加里を 25 mg 添加しますが、通知では、りん酸吸収係数の高い土壌であるため、りん酸の施用量が不足するおそれのある場合には 25

mg～50 mg を供与しても構わないこととなっています。それゆえ、供試する土壌によってはりん酸の量を 35 mg にすることもあります。例えば、火山灰土壌のようにりん酸吸収係数が高くりん酸の不足が懸念される土壌の場合、りん酸の量を 35 mg として全ての試験区に同量加えます。

◎硫黄資材の植害試験はどのようにすればよいのでしょうか。pH が相当低下してそれだけで植害が発生すると思うのですが。

→ 一例を示しますが、まず、供試する土壌がアルカリ性である土壌を選択する必要があります。その土壌を用いて、あらかじめ供試する資材の施用量と pH の関係を把握し、適正な pH となる施用量を決める必要があります。その量を標準的な施用量（基準量）として、その 2 倍量、3 倍量等を施用して試験してください。

なお、植害があった場合は、供試肥料によるものか、pH によるものかを判断するために、対照肥料は供試肥料と同様の資材を用いる必要があります。pH が下がる速度が資材によって違うので注意してください。

VII 植害試験関係用語の解説

はじめに・・・

植害試験関係用語は植害試験以外で使う場合と意味合いが異なることがありますのでご注意ください。

【あ】

跡地土壌

植害試験を終えた土壌のこと。跡地土壌の調査は生育状態に異常が観察された場合に行うように規定されている。調査項目は水素イオン濃度、電気伝導率、アンモニア性窒素及び硝酸性窒素がある。これらの分析は試験終了時からなるべく早く行う。土壌中のアンモニア性窒素は硝酸性窒素へと変化することで pH が低下し、電気伝導率が上昇する。

アルカリ分

0.5M 塩酸で煮沸浸出するカルシウム (CaO) とマグネシウム (MgO) の合計量であるが、マグネシウムは CaO 換算 ($MgO \times 1.3914$) して合計する。アルカリ分は石灰質肥料の土壌酸度矯正能力を表す。植害試験ではアルカリ分を保証する肥料の場合、アルカリ分として 0.5 g を基準量として 4 倍施用量まで試験区を設けるように規定されている。

アンモニア化成

土壌中の有機態窒素が土壌微生物により無機態窒素のアンモニア性窒素に変化すること。通常は畑状態であれば、土壌中の硝酸化成菌により硝酸性窒素にまで変化する。

アンモニア性（態）窒素

肥料では硫酸アンモニア、塩化アンモニア、りん酸アンモニウムなどのようにアンモニウム基の形態の窒素のこと。土壌中では有機態窒素からアンモニア性窒素、硝酸性窒素へと形態が変化し植物に吸収されるようになる。アンモニウムイオンは陽イオンであるため土壌に吸着される。

塩基置換容量（陽イオン交換容量、CEC）

土壌中の粘土と腐植で作られる土壌コロイドはマイナスに帯電しており、これに陽イオンのカルシウム、マグネシウム、カリウム、アンモニウム、ナトリウム、水素などを吸着している。土壌が陽イオンを吸着できる最大量を陽イオン交換容量 (CEC) または塩基置換容量という。単位は乾土 100 g 当たりの陽イオン吸着容量を表し、meq (ミリグラム当量) で示される (1 meq/100 g)。日本の土壌では数 meq~40 meq が一般的である。また、値が大きいほど保肥力が大きい。単位換算は $1 \text{ meq/100 g} = 1 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ となる。

塩化加里

塩化カリウムのこと。植害試験で標準区や補正用に使用する肥料である。加里の含有量は理論値で 63.18 %である。

塩類

酸性物質と塩基性物質が結合すると塩を生ずる。このような化合物を総称して塩類と呼ぶ。化学肥料の大部分は塩類である。施用した肥料の残肥由来で塩化カルシウム、硝酸カルシウムなどの塩類が集積することがある。

【か】

過剰症状

植物がある成分を過剰に吸収したことにより通常の状態とは違った症状を示すことがある。このような症状を過剰症状という。

加里

肥料三要素のひとつのカリウムであるが、加里と記載した場合は K ではなく K_2O のことである。植物体内では不溶性の化合物を作らずイオンとして存在しており、浸透圧の調節、酵素の活性化等多くの役割を担っている。

過りん酸石灰

りん鉱石に硫酸を反応させて製造した肥料で、可溶性りん酸は 15 %以上、水溶性りん酸は 13 %を含むりん酸質肥料である。主成分はりん酸一カルシウムである。植害試験で標準区や補正用使用する肥料である。

灌水

水やりのこと。コマツナの発芽及び生育に適する水分量となるように水管理をする。適する土壌水分量は土壌の最大容水量 50 %～60 %程度である。

含水比

乾土 100 g に対する水分量を百分率で表したもの。次式で定義されるものである。

$$\text{含水比 \%} = \frac{\text{土壌中に含まれている水分重量}}{\text{乾土重量}} \times 100$$

含水率

湿土 100 g 中に対する水分量を百分率で表したもの。次式で定義されるものである。

風乾土を用いて最大容水量を求める際の計算に用いられる。

$$\text{含水率 \%} = \frac{\text{土壌中に含まれている水分重量}}{\text{湿土重量}} \times 100$$

乾土

水分が全くない土壌のこと。植害試験では最大容水量の説明文中に乾土の表記があるが実際には乾土を用いることはない。土壌、特に黒ボクでは吸湿が速く乾土の状態を維持することが難しい。加熱乾燥した土壌は土壌微生物の死滅や土壌物理性の変化などが生じるため、植害試験の供試土壌

には使用できない。

緩効性肥料

肥効がゆっくりと現れる肥料で窒素についていうことが多い。アセトアルデヒド縮合尿素、イソブチルアルデヒド縮合尿素、ホルムアルデヒド加工尿素など水にほとんど溶けず加水分解や微生物分解によって肥効が現れる肥料。

気温

植害試験の期間中の温度は原則として 15℃～25℃に保つよう規定されている。この温度はコマツナの生育適温であるため、この気温を大幅に超えた場合には正常な生育を確保できないことがある。また、夜温が高い場合は徒長することがある。

拮抗作用

植物が養分を吸収するとき、共存養分が他の養分の吸収を阻害する現象をいう。例えば、カリウムの多量施肥でマグネシウム欠乏の発生がある。この現象と逆に窒素を施用するとりん酸の吸収が増加するような現象は相乗作用と呼ばれる。

供試作物

植害試験で栽培する作物のこと。作物は原則としてコマツナと規定されている。コマツナは生長が速く 3 週間の試験期間で十分に大きくなる。

供試土壌

植害試験で使用する土壌のこと。土壌は土性が壤土又は砂壤土の沖積土又は洪積土と規定されている。黒ボク土などの比重が小さく最大容水量が大きい土壌は取り扱いが容易なためよく使用されている。供試土壌はある程度の水分（そのまま使用できる水分量）を含ませビニール袋に入れ保管する。

供試肥料

植害試験で調査対象の肥料のこと。供試肥料は粉碎して 1 mm の目のふるいを通すよう規定されている。

黒ボク土

黒色の火山灰土壌である。腐植が多く保水性や通気性が良好だが活性アルミニウムを多く含むため、リン酸固定力が強い。

クロロシス（白化、黄白化）

植物体内の葉緑素がなくなり白化又は黄白化する現象をいう。クロロフィルの構成要素である窒素やマグネシウムの不足やクロロフィルの生成に関与する鉄やマンガンの不足により発生する。

欠乏症状

植物の必須元素の不足または欠乏により通常の状態とは違った症状を示すことがある。このような症状を欠乏症状という。例えば窒素が欠乏した場合には植物体は小さくなり葉が黄変するなどの症状が現れる。

交換（置換）酸度

1 規定塩化カリウム溶液に交換浸出される水素イオン及びアルミニウムイオンなどの酸の量をいい、 y_1 で表す。この値から酸性土壌の矯正の目安石灰量を知ることができる。1.1～3.0 は微酸性、3.1～6.0 は弱酸性、6.1～15.0 は強酸性、15.1 以上は極強酸性に分類される。

洪積土

地質学でいう洪積世の時代(約 200 万年前から 1 万年前)までの間に、土砂が河川、湖沼、海底に堆積し生成された土壌をいう。

光量子束密度

光子が1秒間にあたる数を受ける面積で割った値が光量子束密度と定義される。植物のクロロフィルが吸収できる 400 nm から 700 nm までの波長領域のみの光量子束密度を測定することで実際に植物が使用できる光の量が確認できる。単位は多くの場合、 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (マイクロモル毎平方メートル毎秒)。

こまつな(コマツナ)

植害試験で供試作物となっている。アブラナ科の植物で生長が速い。

根毛

根の表皮起源の単細胞性の毛で、養分や水分を吸収する。ふつう根の伸長に伴って順次枯死していくため根の先端近くに多くの根毛を発生している。肥料の濃度が高い場合や有害物質の存在などにより根毛の発育は抑制される。

【さ】

最大容水量

乾土 100 g が保持できる水分の最大量のことである。植物に対する害に関する栽培試験の方法の中に、「最大容水量は 100 ミリリットルのメスシリンダーに直径約 110 ミリメートルの筋目のあるロートを乗せ、これに水で湿した直径約 185 ミリメートルで 3 種又は 2 種のろ紙を置き、ろ紙の中に乾土（風乾土を摂氏 100 度で 5 時間乾燥した土壌）100 グラムを入れ、土壌表面から 100 ミリリットルの水を静かに注ぎ、ろ液の滴下終了を確認後、その滴下水量から求めた土壌に保持された水量のことである。」と記載されている。実際には乾土ではなく風乾土を用いて最大容水量を求める。

砂壤土

国際土壌学会法では粘土(粒径 0.002 mm 以下)15 %以下、シルト(粒径 0.02～0.002 mm)35 %以下、砂(粒径 2～0.02 mm)65 %～85 %のものと規定している。壤土と共に植害試験で使用する土壌である。

酸性土壌

pH が 7 より低い土壌であるが、通常の作物は pH 6.0～6.5 程度の土壌が適正であることからこれより低い pH の土壌を表すことが多い。

CN 比

炭素率ともいう。有機物の窒素含量に対する炭素含有比。CN 比の大小は土壌中における窒素の有効性と密接な関係を有する。一般に土壌の CN 比は 10 前後であるため土壌に施用する資材の CN 比が大きい場合には土壌中の無機窒素を微生物に取り込まれることがある。逆に CN 比が小さい場合には資材から窒素を放出しやすい。

施設

試験成績取りまとめ様式中にある項目である。植害試験を実施した場所等を表す。例えば人工気象装置、ガラス室、温室などである。

湿度

植害試験では特に規定されていない。湿度が低いと蒸散量が多くなる。

収穫

植害試験では 3 週間の試験終了時に地際から切り取ることを収穫という。

子葉

双葉ともいう。発芽して初めに出る葉のこと。コマツナは双子葉植物であるため 2 枚出る。

硝酸化成

土壌中で有機物が微生物によって分解されて生じたアンモニア性窒素あるいは施肥されたアンモニア性窒素が亜硝酸菌、硝酸菌によって硝酸性窒素に変わること。

硝酸性（態）窒素

肥料では硝酸塩の形で存在する窒素である。土壌に施用した肥料は最終的に硝酸性窒素に変化し、多くの植物は硝酸性窒素の形で窒素を吸収する。

照度

ある面に光がどれくらい照らされているかを表す心理的な物理量である。1 m²の面内に 1 lm (ルーメン)の光束が入射しているときの面の照度が 1 lx (ルクス)である。

壤土

国際土壌学会法では粘土(粒径 0.002 mm 以下)15 %以下、シルト(粒径 0.02 mm～0.002 mm)20 %～45 %、砂(粒径 2 mm～0.02 mm)40 %～65 %のものと規定している。砂壤土と共に植害試験で使用する土壌である。

植害試験

「植物に対する害に関する栽培試験」を省略した言葉。

植物に対する害に関する栽培試験

昭和 59 年 4 月 18 日付け 59 農蚕第 1943 号農林水産省農蚕園芸局長通知による栽培試験。

なお、当該試験を要する普通肥料には、し尿汚泥肥料、工業汚泥肥料、混合汚泥肥料、焼成汚泥肥料、汚泥発酵肥料、水産副産物発酵肥料、硫黄及びその化合物、副産窒素肥料、液体副産窒素肥料、熔成汚泥灰けい酸りん肥、副産りん酸肥料、乾燥菌体肥料、吸着複合肥料、副産複合肥料、熔成汚泥灰複合肥料、副産苦土肥料、副産マンガン肥料、液体副産マンガン肥料がある。

生育調査

植害試験において試験途中で葉長測定をして、試験終了時に葉長測定及び生体重測定を行うことが規定されている。

生体重

植害試験において試験終了時にコマツナを地際で切り取った重量のこと。生体重測定に際しては予め灌水を行いコマツナが十分に吸水している状態とし地際で切る。切り離し作業はポットごとに行い直ちに重量を測定することが重要である。

生体重指数

供試肥料が無機質肥料の場合には対照肥料の標準量施用区の平均値を 100.0 とし、有機質肥料の場合には標準区の平均値を 100.0 として各試験区の値を算出する。

生理障害

植物が何らかの成分の過不足の状態の際に現れる症状のこと。濃度障害とはっきりとした区別はされていない。

施肥

肥料を与えること。通常の植害試験では土壌全体に肥料を混合する。

速効性肥料

施肥してすぐに植物が吸収し肥効が現れる肥料。ほとんどの肥料は水溶性である。

【た】

対照肥料

植害試験では「供試肥料と原料、生産工程、保証成分量等が類似している普通肥料（仮登録肥料及び指定配合肥料を除く。）を選定するものとする。ただし、供試肥料が無機質肥料である場合には、硫酸アンモニア、過りん酸石灰又は塩化加里を用いてもよい。」と規定されている。これは、生育量をなるべく揃えるためである。

遅効性肥料

速効性肥料に対していう言葉であり、緩効性肥料と同義で使われることがある。施肥初期にはほとんど肥効が現れずに後半に肥効が現れる肥料を指すこともある。

窒素

肥料三要素のひとつである。肥料ではアンモニウム塩、硝酸塩、尿素などの形態がある。植物はタンパク質、核酸、クロロフィルなど多くの生体構成成分となっている。植物は土壌中の窒素を硝酸性窒素あるいはアンモニア性窒素の形で吸収する。

窒素飢餓

CN比が大きく、比較的窒素含有量が少ない資材を土壌に施用したとき、それを分解する微生物が増殖のため資材から放出される窒素を微生物体内に取り込むことがある。その結果土壌中には植物が利用する無機態窒素が少なくなり窒素欠乏症状が現れる。これを窒素飢餓という。

沖積土

地質学でいう沖積世の時代(今から約1万年前から現在)に、河川や海水により土砂が運ばれて堆積して出来た新しい土壌をいう。地形は沖積平野や扇状地となっている。一般に稲作地帯として利用されていることが多い。

追肥

は種前に施用する基肥に対して生育途中で施用する肥料のこと。植害試験では通常行わない。

電気伝導率

抵抗率の逆数である。イオン総量の簡易指標であるが硝酸性窒素量と相関が高い。目安として電気伝導率が1 mS/cmのとき硝酸性窒素は約25 mg~30 mg/100 gである。単位はmS/cm(ミリジーメンズ毎センチメートル)、dS/m(デシジーメンズ毎メートル)等を用いる。なお、1 mmho/cm(ミリモー毎センチメートル) = 1 dS/m。ちなみに、0.01 mS/m = mS/cm = dS/m = mmho/cm。

土性

粒径組成により区分した土壌分類のひとつ。砂、シルト、粘土の3成分の重量百分率を求め土性三角図表に当てはめて決定する。植害試験で使用する土壌は「土性が壤土又は砂壤土」と規定されている。

徒長

一般に茎や枝が通常より伸びてしまうこと。植害試験では日照不足のときによく起こる。発芽時に日照不足だと胚軸の徒長が顕著である。

【な】

ネクロシス

植物体の一部である器官、細胞等が壊死する現象をいう。様々な部位に現れ、カルシウムなど特定元素の不足により引き起こされる。クロロシスの延長上にネクロシスが起こることがある。

ノイバウエルポット

植害試験で使用する容器のこと。内径 11.3 cm、高さ 6.5 cm の円筒形の容器で鉢底穴はない。表面積は 100 cm²(1 万分の 1 a)となっている。

濃度障害（塩類障害）

高濃度の塩類による作物の生育障害のこと。植害試験では無機質肥料を供試肥料とした場合、3 倍量施用区や 4 倍量施用区で濃度障害が起きることがある。

【は】

胚軸

子葉から繋がる茎で根の手前までの間の部位。

発芽

本来の発芽の意味は種子から芽（根）が出ること。植害試験では土壌に種子を播種するので土壌から葉、胚軸などが現れた状態をいう。一般に、子葉が土壌から出たときから子葉が展開したときの間で「発芽した」と表現している。

発芽勢

種子の善し悪しを表現する言葉であり、播種をして一斉に発芽することを発芽勢がよいという。種子が古くなると種子が吸水し難くなるなどで発芽が揃わなくなることがある。

発芽調査

植害試験では「発芽調査は 2～3 回行う。」と規定されている。発芽した個体を数える調査である。

発芽適温

種子がよく発芽する温度。コマツナの場合 20℃～25℃程度が発芽適温といわれているが、日数を要するもののある程度低温でも発芽する。

発芽率

播種した種子数のうち発芽した個体の割合を百分率で表したもの。植害試験に用いる種子の発芽率は 100 %が望ましい。

播種

種子を播くこと。植害試験では「播種量は 20 粒又は 25 粒」と規定されているが、20 粒とすることが一般的である。

播種板

播種する際に農林水産消費安全技術センターで使用している道具。樹脂製の円盤状で 20 個の穴が開いている。ポットに土壌を充填した後に土壌表面を平らにし、ガラス棒を穴に刺して播種穴を開けるのに用いる。ガラス棒は予め一定の深さの穴となるように調整してある。

標準区

植害試験で供試肥料と対照肥料の区の他に設ける区でポット当たりの窒素、りん酸及び加里の施用量はそれぞれ 25 mg と規定されている。供試肥料が有機質肥料の場合は標準区の生体重を 100.0 として各区の生体重指数を算出する。

標準量施用区

植害試験で基準となる施用区でポット当たり 100 mg と規定されている。供試肥料が無機質肥料の場合は対照肥料の標準量施用区の生体重を 100.0 として各区の生体重指数を算出する。

風乾土

自然に乾燥させた土壌のことである。風乾土は過度に乾燥することもあり、微生物活性が低下するなど供試土壌として使用する場合には注意を要する。このため実際には風乾土よりやや湿った土壌を用いることが多い。土壌を保管する際はやや湿らせておいた方がよい。

覆土

播種した種子に土壌を被せること。通常は播種する際に穴を開けて種子を入れ土壌を被せている。

放線菌

真菌と細菌の中間的な微生物で土壌中に多種類、多数生息している。多くは好気性の菌で抗生物質を産生するものが多い。抗生物質によって真菌や細菌を抑制する働きもある。放線菌はセルロース、リグニン、タンパク質などの高分子物質を分解している。

補正肥料

植害試験で一定量に満たない成分の添加肥料を合わせて補正肥料という。例えば硫酸アンモニア、過りん酸石灰または塩化加里で標準区に使用する肥料である。

保肥力

土壌における養分の保持能力のこと。一般に塩基置換容量が大きいと保肥力は大きい。

本葉

コマツナでは子葉が出た後から出てくる葉のこと。

【ま】

間引き

植物の発芽後に苗の本数を減らす作業である。植害試験では発芽した個体を収穫まで生育させるため間引きは行わない。

無機質肥料

有機質肥料に対して用いられる用語で、肥料の化学的組成が無機化合物からなるものをいう。

毛細管現象

細い管を液体の中に入れた時に、管の中の液体が、周りの液体の水面より高くなったり、低くなったりする現象のことをいう。乾いた土壌で水が染みていく現象も同じである。

元肥

播種する前に施す肥料のこと。通常、植害試験では元肥のみで追肥はしない。

【や】

薬剤散布

通常は薬剤による病虫害の防除は行わない。

有機質肥料

植害試験で言う有機質肥料は肥料公定規格の「有機質肥料」は基より有機物が主と考えられる「汚泥肥料」も含まれる。

容積重

単位容積当たりの土壌重量。植害試験ではポット当たり 500 mL の土壌を充填するので 500 mL の重量をさす。供試土壌をメスシリンダー、ビーカーなどに 500 mL 入れてその土壌重量を測定する。

葉身

いわゆる「葉」の本体。光を受け光合成をする場所。養分や水分の通り道である葉脈が走っている。

葉長

葉柄と葉身を合わせた長さのこと。

葉柄

葉身と茎をつなぐ部分。

葉脈

葉身にある維管束。

【ら】

硫酸アンモニア

アンモニア性窒素 20.5 %～21.0 %を含有する水溶性の肥料である。標準区や補正用に使用する肥

料である。

りん酸

肥料三要素のひとつのリンであるが、りん酸と記載した場合は P ではなく P_2O_5 のことである。土壌中では粘土鉱物のけい酸や水酸イオンと置き換わったり、カルシウム、鉄、アルミニウムなどと塩を生成したりする。植物体内では核酸、りん脂質などに有機態りんとして存在しタンパク質合成など重要な生体反応の多くに関与している。

りん酸吸収係数

土壌に一定量のりん酸塩溶液を加えたとき、乾土 100 g に吸収されたりん酸の量をりん酸吸収係数という。この値が大きい土壌は活性のアルミニウム及び鉄と結合して不溶態化している場合が多い。火山灰土壌では 1500 以上ある。このような土壌ではりん酸肥料を多く施用する必要がある。また、りん酸吸収係数は 960, 1230 など一桁目は四捨五入した値で表され、通常 mg 単位は付けない。

VIII 参考資料（土壌の理化学性等）

跡地土壌の試験法（pH 及び EC 参考法）

1.1. pH(H₂O)

1.1.a ガラス電極法

(1) 概要

ガラス電極を用いた pH 計によって測定する。

参考文献

- 1) JIS Z 8802: pH 測定方法 (2011)
- 2) 土壌、水質及び植物体分析法 H13 年 3 月 財団法人 日本土壌協会

(2) 試薬 試薬は、次による。

- a) **しゅう酸塩 pH 標準液**: 計量法第 134 条に基づく特定標準物質(国家計量標準)にトレーサブルなしゅう酸塩 pH 標準液 第 2 種。
- b) **フタル酸塩 pH 標準液**: 計量法第 134 条に基づく特定標準物質(国家計量標準)にトレーサブルなフタル酸塩 pH 標準液 第 2 種。
- c) **中性りん酸塩 pH 標準液**: 計量法第 134 条に基づく特定標準物質(国家計量標準)にトレーサブルな中性りん酸塩 pH 標準液 第 2 種。
- d) **ほう酸塩 pH 標準液**: 計量法第 134 条に基づく特定標準物質(国家計量標準)にトレーサブルなほう酸塩 pH 標準液 第 2 種。
- e) **炭酸塩 pH 標準液**: 計量法第 134 条に基づく特定標準物質(国家計量標準)にトレーサブルな炭酸塩 pH 標準液 第 2 種。

備考 1. 各 pH 標準液は、保存中に pH 値が変化することがあるので長期間保存したものは使用しない。
特に、ほう酸塩 pH 標準液及び炭酸塩 pH 標準液は、容易に大気中の二酸化炭素を吸収し、pH 値が低下するので注意する。

各 pH 標準液は、一度使用したもの及び大気中に開放して放置したものは使用しない。

(3) 装置 装置は、次のとおりとする。

- a) **pH 計**: JIS Z 8802 に規定する形式Ⅱを用いる。
- b) **水平振り混ぜ機**: 100 mL 容の容器を振幅 5 cm、200 往復／分で水平に振り混ぜられるもの。

備考 2. pH 計の校正は、JIS Z 8802 のとおり行う。具体的な校正操作は測定に使用する pH 計の操作方法による。

なお、試料溶液の pH が 7 以下の場合は、中性りん酸塩 pH 標準液並びにしゅう酸塩 pH 標準液又はフタル酸塩 pH 標準液を用いる。また、試料溶液の pH が 7 を超える場合は、中性りん酸塩 pH 標準液並びにほう酸塩 pH 標準液又は炭酸塩 pH 標準液を用いる。

(4) 試験操作

(4.1) **試料溶液の調製** 試料溶液の調製は、次のとおり行う。

(4.1.1) 土壌

- a) 風乾細土⁽¹⁾ 10 g を密栓可能なポリプロピレン瓶 100 mL にとり、水 50 mL を加える⁽²⁾。
- b) 200 往復／分で 1 時間振り混ぜ、1 時間以上放置する。
- c) 測定前に軽くかき混ぜて懸濁状態としたものを、試料溶液とする。

注(1) 土壌を風乾し、2 mm 目の網ふるいを通したもの。

注(2) 我が国では、新鮮な生土を用い、土壌に対する水の比を 1:2.5 として調製した懸濁液の pH を測定する方法が広く用いられている(土壌、水質及び植物体分析法 H13 年 3 月 より)が、電気伝導率との同時測定を考慮し、上記方法で行う。また、振り混ぜ時間は文献等では特に規定はないが、1.2.a と共通の試料溶液とするため 1 時間とする。

備考 3. (4.1.1) の操作は、1.2.a (4.1.1) と同様の操作である。

(4.2) **測定** 測定は、JIS Z 8802 及び次のとおり行う。具体的な校正操作は、測定に使用する pH 計の操作方法による。

- a) 校正した pH 計の検出部を水で繰返し 3 回以上洗い、きれいな柔らかい紙などでぬぐっておく。
- b) 試料溶液に、検出部を浸し、pH 値を測定する。

備考 4. 温度補正用ダイヤル又はデジタルスイッチの設定のあるものは目盛り値を試料の温度に合わせた後、pH を測定する。

(5) **pH(H₂O)試験法フローシート** 土壌の pH(H₂O)試験法のフローシートを次に示す。

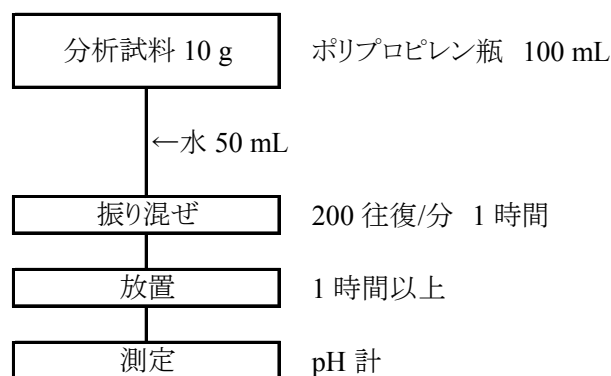


図 土壌の pH(H₂O)試験法フローシート

1.2 電気伝導率

1.2.a 電気伝導率計による測定法

(1) 概要

化成肥料、堆肥、汚泥肥料等の電気伝導率を電気伝導率計によって測定する。

参考文献

- 1) JIS K 0130: 電気伝導率測定方法通則 (2008)
- 2) 土壌、水質及び植物体分析法 H13 年 3 月 財団法人 日本土壌協会

(2) 試薬 試薬は、次による。

- a) **塩化カリウム**: JIS K 8121 に規定する電気伝導率測定用の塩化カリウムをめのう乳鉢で粉末にし、 $500\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ で4時間加熱し、デシケーター中で放冷したもの。
- b) **塩化カリウム標準液**⁽¹⁾: a)の塩化カリウムの一定量⁽²⁾をひょう量皿にはかりとり、少量の水に溶かして全量フラスコ 1000 mL に移し入れ、標線まで水を加える。

注(1) 塩化カリウム標準液は、ポリエチレン瓶又はほうけい酸ガラス瓶に密栓して保存する。

(2) 確認する装置及びセルで推奨する量。

備考 1. 塩化カリウム標準液は、一度使用したもの及び大気中に開放して放置したものは使用しない。

(3) 装置 装置は、次のとおりとする。

- a) **電気伝導率計**: JIS K 0130 に規定する電気伝導率計。

備考 2. 指示値の確認は、必要に応じて JIS K 0130 の 8.2 のとおり行う。具体的な確認操作は測定に使用する電気伝導率計の操作方法による。

(4) 試験操作

(4.1.1) 土壌

- a) 風乾細土⁽¹⁾ 10 g を密栓可能なポリプロピレン瓶 100 mL にとり、水 50 mL を加える⁽²⁾。
- b) 200 往復／分で1時間振り混ぜ、1時間以上放置する。
- c) 測定前に軽くかき混ぜて懸濁状態としたものを、試料溶液とする。

注(1) 土壌を風乾し、2 mm 目の網ふるいを通したもの。

注(2) 我が国では、新鮮な生土を用い、土壌に対する水の比を 1:5 として調製した懸濁液の EC を測定する方法が広く用いられている(土壌、水質及び植物体分析法 H13 年 3 月 より)。

備考 3. (4.1.1)の操作は、1.1.a(4.1.1)と同様の操作である。

(4.2) 測定 測定は、JIS K 0130 及び次のとおり行う。具体的な測定操作は、測定に使用する電気伝導率計の操作方法による。

- a) 電気伝導率計の検出部を水で繰り返し3回以上洗う。
- b) 試料溶液に、検出部を浸し、電気伝導率を測定する。

(5) **電気伝導率試験法フローシート** 土壌の電気伝導率試験法のフローシートを次に示す。

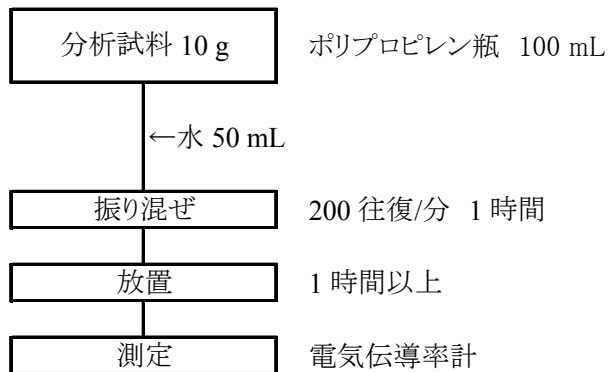


図 土壌の電気伝導率試験法フローシート