

[3] 畑作物・野菜

【露地】

1 土壌の特徴と管理方法

(1) 露地畑土壌の一般的な特徴

野菜は一般的に生長が早く、養分の吸収量が多いため、多量の施肥が行われるので、土壌の化学性の変化が大きい。また、耕起や管理による土壌への影響も大きく土壌構造が破壊され、単粒構造になりやすい。土壌構造の単粒化は、土壌中の水分の動向に影響を及ぼし、作物の生長、養分の吸収に大きな影響を与える。

畑土壌は常に酸化的な条件にあるため土壌中の有機物の分解が盛んになり、養分が急速に放出され、有機物含量が低下する。また、畑土壌は傾斜地に位置することもあるため、降雨、風による土壌浸食を受けやすい。

本県の畑土壌はかんがい水からの養分の天然供給が少なく、土壌の粘土含量も一般的に少ないので養分の保持力が小さく、土壌養分間のバランスが崩れたり、土壌の酸性化が進みやすい。

また、近年、県内の野菜畑で従来からの養分不足等の不良土壌の他に、土壌改良材や有機物の過剰施用に起因する土壌養分の異常蓄積やアンバランスなほ場も増加している。

表82 土壌の種類と特徴及び改善点

土壌の種類	特徴及び改善点	
砂質土	特徴	保水力や養分に乏しく、乾燥害を受けやすいが、かん水をすれば各種野菜が栽培できる。養分保持力が小さく、施した肥料が流れやすく、生育後半に肥料切れを起こしやすい。一度に多くの肥料を施すと濃度障害を起こしやすい。
	改善点	保水力と養分保持力を高める。栽培管理ではマルチングやかん水によって適度な水分を保ち、肥料を何回にも分けて施すことや、緩効性肥料を使うことにより肥料を効率的に効かせる。
粘質土	特徴	保水性が良く、水分不足にはなりにくいだが、通気性が悪く、根が酸素不足を起こして傷みやすい。養分を保持する力が高いため肥持ちが良い。
	改善点	有機物の施用や高うねや明きよなどにより、排水性、通気性を高める。
火山灰土	特徴	耕土が深く膨軟であるため、根菜類をはじめ、各種野菜の栽培に適する。土壌粒子がりん酸を吸着する（りん酸固定）力が強いので、作物がりん酸を吸収しにくい状態になりやすい。土壌中のカルシウムやマグネシウムなどの塩基が流亡して酸性になりやすい。
	改善点	石灰質肥料を施用して酸性土壌を改善する。不足しやすいりん酸質肥料を補給する。

(「野菜栽培の基礎」より引用)

(2) 露地畑土壌の実態

土壌の地力や生産力は、自然条件だけでなく肥培管理や作付体系など人為的要因によって変化することから、その実態並びに経年変化を総合的に把握することは重要で

ある。ここでは、普通畑と主要な野菜であるながいもとにんにくの土壤実態調査について紹介する。

青森県では、昭和54年から県内耕地土壤の実態調査を実施してきた。表83に畑作物・野菜が栽培される普通畑の土壤調査の結果を示す。

普通畑の多くはpHが低く、りん酸吸収係数が高い火山灰土であることから、他の地目に比べてりん酸、石灰等の土壤改良資材の施用が多い傾向にあった。近年はpH及び交換性塩基含量の上昇、特に有機物の施用の増加から交換性カリの増加傾向が認められている。

表83 普通畑の土壤化学性の動向 (平成26年 青森農総研)

項目	pH	有効態りん酸 mg/100g	交換性塩基 mg/100g		
			石灰	苦土	カリ
1巡目	5.9	32	355	51	67
2巡目	5.8	42	307	45	61
3巡目	5.8	48	299	46	62
4巡目	5.8	47	314	48	60
5巡目	5.7	43	255	37	65
6巡目	5.8	56	358	51	75
7巡目	6.1	40	349	51	74

注1) 1巡目：昭和54～57年、2巡目：昭和59～62年、3巡目：平成元～4年、4巡目：平成6～9年、5巡目：平成11～14年、6巡目：平成16～19年、7巡目：平成20～24年

また、JA全農青森県本部が実施した土壤分析結果では、ながいもでは堆肥の多投入によるカリ過剰が見られる一方で苦土欠乏の傾向であるほか、トレンチャー耕により肥沃度の低い下層土の土が天地返しされることによりCECが低い傾向にある。

表84 ながいもの土壤化学性の動向 (JA全農青森県本部)

年度	pH(H ₂ O)	EC (mS/cm)	石灰 (mg/100g)	苦土 (mg/100g)	カリ (mg/100g)	有効態りん酸 (mg/100g)	硝酸態窒素 (mg/100g)	アモニア態窒素 (mg/100g)	CEC (meq/100g)	診断数
H21	6.1	0.2	204.3	39.2	46.4	37.3	2.5	2.4	17.2	402
H22	5.9	0.1	209.9	41.8	47.0	42.6	0.7	2.4	18.0	320
H23	5.7	0.1	220.0	43.8	50.8	42.7	0.7	2.8	19.0	149
H24	5.7	0.1	220.6	44.2	49.5	45.5	0.6	2.5	19.4	34
H25	6.2	0.2	209.0	37.5	42.7	68.5	1.8	2.0	18.1	30
H26	6.1	0.1	209.2	40.4	58.3	46.4	0.3	4.9	18.5	92
H27	6.3	0.3	368.7	100.8	53.3	117.8	3.5	3.2	24.8	65
H28	6.3	0.1	192.2	45.6	51.1	43.6	1.4	3.8	17.3	83
平均	6.0	0.1	229.2	49.2	49.9	55.6	1.4	3.0	19.0	—

にんにくでは、堆肥の多投入によるカリ過剰や土づくり資材の多投入によるリン過剰の傾向が見られる。近年、土壤病害対策として輪作体系が導入されていることから、CECが年々減少傾向にある。

表85 にんにくの土壌化学性の動向（JA全農青森県本部）

年度	pH(H ₂ O)	EC (mS/cm)	石灰 (mg/100g)	苦土 (mg/100g)	カリ (mg/100g)	有効態りん酸 (mg/100g)	硝酸態窒素 (mg/100g)	アンモニア態窒素 (mg/100g)	CEC (meq/100g)	診断数
H21	6.2	0.2	296.3	60.3	63.4	96.2	2.4	3.0	20.8	1,037
H22	6.2	0.1	286.3	58.2	59.5	100.9	1.8	3.8	20.1	701
H23	6.2	0.1	283.2	57.6	58.3	101.2	1.8	3.9	20.0	1,123
H24	6.2	0.1	276.4	56.7	56.7	106.2	1.6	4.2	19.6	330
H25	6.2	0.1	271.8	55.6	56.1	97.2	1.4	2.7	19.5	1,245
H26	6.2	0.1	283.5	58.6	58.6	124.0	1.8	6.6	19.8	886
H27	5.9	0.1	263.8	56.3	59.6	89.0	3.2	4.8	18.3	989
H28	6.3	0.1	293.4	59.5	64.8	111.8	1.8	3.2	19.7	1,157
平均	6.2	0.1	281.8	57.8	59.6	103.3	2.0	4.0	19.7	—

ア ながいも

平成20～24年度にながいもほ場について実施した土壌調査を表86に示す。pH及び石灰、苦土飽和度は適正な傾向にあったが、有効態りん酸、交換性カリは蓄積する傾向が見られている。

表86 ながいもほ場の土壌化学性（平成26年 青森農総研）

項目	pH(H ₂ O)	有効態りん酸 (mg/100g)	塩基飽和度(%)		
			石灰	苦土	カリ
平均	6.3	61.5	57.3	12.1	7.3
最大	6.7	118.4	72.4	20.4	9.3
最小	5.5	11.9	43.9	6.7	3.5
改良目標値	6.0～6.8	30	45～65	10～25	3～6

イ にんにく

平成20～24年ににんにくほ場について実施した土壌調査した結果を表87に示す。pH及び石灰、苦土飽和度は適正な傾向にあった。有効態りん酸、交換性カリは蓄積する傾向がみられており、特に交換性カリは平均値が改良目標値を超えており、有機物等を多量施用する傾向があると考えられる。

表87 にんにくほ場の土壌化学性（平成26年 青森農総研）

項目	pH(H ₂ O)	有効態りん酸 (mg/100g)	塩基飽和度(%)		
			石灰	苦土	カリ
平均	6.3	73.4	52.3	12.5	7.3
最大	6.6	179.7	67.7	17.3	10.5
最小	5.9	3.7	33.2	7.9	5.3
改良目標値	6.0～6.8	50(上限150)	45～75	10～25	3～6

2 土壌改良基準

土壌改良目標は、土壌の持つ肥沃度を高めることである。土壌の肥沃度とは、「植物が生育するための要求、即ち生存の二つの要因—水と養分—を同時に共存して保証する土壌の能力」と定義されている。「水はけが良く、しかも水持ちが良い」という相反する条件を同時に満足させることが、水と空気を同時に根に供給することであり、その条件の下で養分の吸収も円滑に行われる。

化学性については、作物全般において良好な生育及び収量を得るために基本的に満たすべき基準を示した。物理性については、作物全般において良好な生育及び収量を得るために望ましい基準を示した。

(1) 土壌の物理性

土壌の物理性は、化学性ととも重要なものである。作土の浅層化は、畑作物・野菜の根張りを悪くし、結果として化学性を改善したつもりでも収量・品質が改善されないこともある。

作物の生育や品質の良否は、土性、通気性、排水性、保水性、耕土の硬さ、深さ、有機物の含量、肥料成分等に大きく左右される。排水良好でしかも適度な保水性を保ち、有機物の豊富な肥えた土壌は一般に収量、品質とも良く、栽培が楽である。

しかし、近年、労力不足、規模拡大等の中で、作土が浅くなり、堆肥等の投入量も減少し、土壌物理性が悪化してきている例も多く見られる。

ア 栽培に適する土壌

土壌物理性の好適条件は土壌条件、作物の種類によって異なり、現地で対応する場合には、よりきめ細やかなものが求められる。

表88 畑作物・野菜に適する土壌条件

品 目	好適土壌	保水性	排水性	通気性
小麦	埴壤土、壤土	中	大	大
大豆	埴土、壤土	中	大中	大
そば	重粘土以外	中	大	中
ばれいしょ	壤土、砂壤土	中	大	大
ながいも	壤土、砂壤土	中	大	大
にんにく	砂壤土、粘質壤土	大	大	大
だいこん	壤土、砂壤土、火山灰土	大	大	大
にんじん	壤土、砂壤土、火山灰土	大	大	大
ごぼう	壤土、火山灰土	大	大	大
すいか	砂壤土、火山灰土	中	大	大
メロン	砂土、砂壤土、壤土、火山灰土	中	中	大
スイートコーン	壤土、砂壤土	中	中	中
キャベツ	砂壤土、粘質壤土	大	大	中
はくさい	砂壤土、粘質壤土	大	大	大
レタス	砂壤土、粘質壤土	大	大	大
なす	壤土、粘質壤土	大	大	中
トマト	壤土	大	大	大
ピーマン	砂壤土、粘質壤土	大	大	中
きゅうり	砂壤土、粘質壤土	大	中	大
かぼちゃ	砂壤土	中	中	中
カリフラワー	砂壤土、粘質壤土	大	中	中
ほうれんそう	砂壤土、粘質壤土	大	中	大
アスパラガス	壤土、砂壤土、火山灰土	大	大	大
たまねぎ	砂壤土、粘質壤土	大	中	中

(「平成22年新潟県野菜栽培指針」を一部参考に作成)

イ 土壌の物理性の改良目標値

表89 土壌の物理性の改良目標（畑作物）

項 目	小 麦	大豆・小豆	なたね
作土深(cm)	25	25	25
主要根群域の深さ(cm)	25	25	30
有効根群域の深さ(cm)	60	40	60
有効根群域の最高ち密度(mm以下)	22	22	22
地下水位(cm以下)	80	60	80
pF1.5の気相率(%)	15	20	15

(平成4年「土壌及び作物体分析の手引き」より引用)

表90 土壌の物理性の改良目標（露地野菜）

項 目	ながいも ごぼう	にんにく たまねぎ	にんじん だいこん	ばれい しよ	トマト きゅうり	すいか メロン	スイート コーン	キャベツ はくさい レタス
作土深(cm)	30~40	20~30	30~40	25	20~30	20~30	20~30	20~30
主要根群域の深さ(cm)	50	30	40	25	30	30	30	30
有効根群域の深さ(cm)	50~100	50	50~100	40	50	50	50	50
有効根群域の最高ち密度(mm以下)	15	20	15	18	20	20	20	20
地下水位(cm以下)	100	60	100	60	80	80	60	60
pF1.5の気相率(%)	20	20	20	15	20	20	20	20

(「平成4年土壌及び作物体分析の手引き」より引用)

ウ 土壌の物理性の診断法及び改良方法

(ア) 作土深

作土は作物の根が水分及び養分を吸収するために、容易に根が伸長していきことができる土層のことで、作土深はその深さを示す。人工的に耕起などの影響を直接受けた膨軟な土層の部分である

a 測定法

土壌断面で山中式硬度計で20mm以上のち密層が現れるまでの深さを測定する。簡易法としては長さ1m程度の栽培用支柱などで地面の上から先の尖った棒を挿して入らなくなる深さを測定する。

b 改善法

土壌の保水力、養分保持容量に留意し、必要に応じ、深耕用のロータリー又はプラウを用いて耕うんする。急激に作土を厚くすると、新たに耕起される土層の性質によっては作物の生育不良等を生ずることがあるので、必要に応じて堆肥等を施用する。

(イ) 主要根群域の深さ

主要根群域は根群の大部分（約90%以上）が分布する土層である。

a 測定法

収穫直後、スコップ等で深さ30～40cmの穴を掘って根張りの状態を観察し、達観で測定する。

b 改善法

作土深と同様である。

(ウ) 有効根群域の深さ

有効根群域は根が伸長できる土層である。有効土層にほぼ相当し、基岩、盤層、ち密層などの出現しないことを基準とする。

a 測定法

土壌断面で地表面から山中式土壌硬度計で29mm以上のち密層あるいは極端な礫層までの深さを測定する。

b 改善法

作土深と同様である。

(エ) 有効根群域の最高ち密度（土壌硬度）

土壌硬度が山中式硬度計の値で17～20mmになると根の伸長が押さえられはじめ、25～27mmになると伸長が停止する。また、10mm以下であると機械の走行には軟弱とされる。

a 測定法

土壌断面を山中式硬度計で測定する。

b 改善法

心土破碎耕又は混層耕により、ち密層を破壊する。

(オ) 地下水位

地下水位は地表面から地下水面までの深さを示す。地下水位が高いほど地表面から地下水面までの距離が近い。

a 測定法

一般的にはボーリング調査等で行われるが、簡易地下水位測定法としてラセン式穴掘り機を利用する方法もある (<http://www.ari.pref.niigata.jp/nourinsui/seika12/katuyou/03/120203.html>)。

b 改善法

地下水位を低下させるには、排水路の水位を下げるるとともに暗きよを設ける必要がある。しかし、転作田の場合、暗きよ排水を行っても水田のかんがい期には隣接田や用水路から横方向からの浸透水によって湿害が発生しやすいので、水を遮断するための明きよやかなり深い遮断暗きよが必要となる。

(カ) p F 1.5の気相率

土壌水分 p F 1.5は、普通の土壌水分含量のときに1日30～50mm程度以上の降雨後、約15～20時間後の状態であり、この状態では大きな孔隙には水が含まれておらず、重力水は更に下層へ移行している。このような時点での気相を p F 1.5の気相率(%V)として表す。

a 簡易な気相率の調査法

100mlの円筒に採取した試料について、
土壌サンプルの重量・・・①生土重量

105°Cで24時間乾燥後のサンプル重量・・・②乾燥重量

$$\text{液相率} = \frac{\text{①} - \text{②}}{100} \times 100$$

$$\text{固相率} = \frac{\text{②}}{\text{土壌の真比重}^{\text{注)}}} \times 100$$

注) 黒ボク土で2.4～2.9、非黒ボク土で2.6～3.0、泥炭などの有機質土で1.2～1.5

気相率：100-(液相率+固相率)

b 改善法

堆肥等有機物を施用し、耕起を行う方法が一般的であるが、限られた用土では土壌改良資材を用いる方法も行われている。

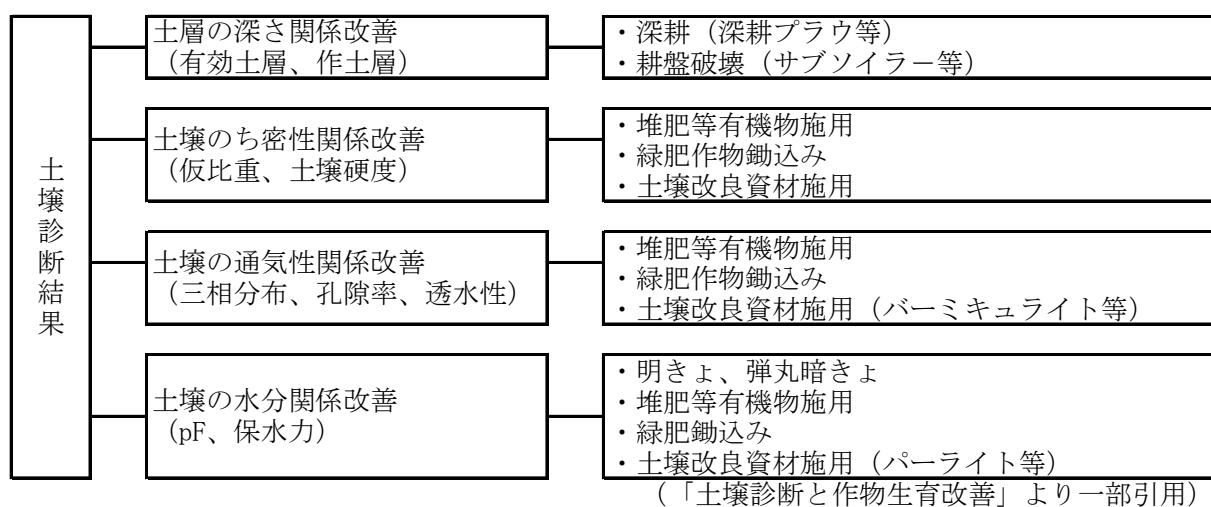


図31 土壌の物理性診断結果の対応方法

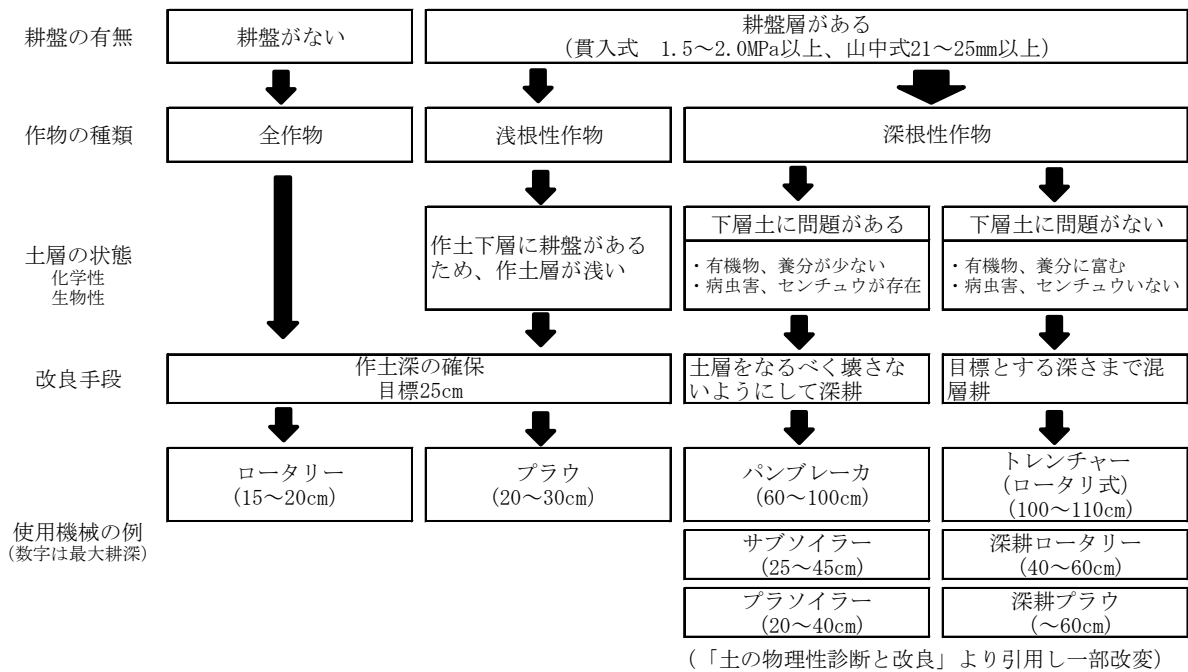


図32 土の物理性改良を軸にした機械選択フローチャート

注) 耕起後に土の保水性や養分量が劣る場合は、良質なもみがら、おがくず、バークなどの副資材入り家畜ふん堆肥や緑肥作物を施用する。

(2) 土壌の化学性

ア 土壌の化学性の改良目標値

土壌の化学性とはpHや石灰、苦土、カリなどの土壌に含まれる養分などをひとまとめにしたものである。土壌のpH、EC、塩基含有量等は施肥などに影響を受けてすぐに変化するが、塩基交換容量やりん酸吸収係数は短期間ではあまり変化しない。塩基の施用に関しては、塩基飽和度、塩基バランスに注意する必要がある。塩基飽和度は土壌pHと関係が強い。

表91 土壌の化学性の改良目標 (畑作物)

項目	小麦	大豆・小豆	そば	なたね	はとむぎ
pH (H ₂ O)	6.0~7.0	5.5~6.5	6.0	5.5~6.5	6.0
塩基交換容量 (me)	20	20	-	20	-
塩基飽和度 (%)	70~90	60~80	60	60~80	60
石灰飽和度 (%)	45~75	40~65	48	40~65	48
苦土飽和度 (%)	10~25	10~25	10	10~25	10
カリ飽和度 (%)	3~6	3~6	2	3~6	2
CaO/MgO当量比	6以下	6以下	4	6以下	4
MgO/K ₂ O当量比	2以上	2以上	2	2以上	2
有効態りん酸 (mg/100g)	10	10	16	10	16

(小麦、大豆・小豆、なたね：「平成4年土壌及び作物体分析の手引き」、そば、はとむぎ：「平成21年岩手県農作物施肥管理指針」より一部引用)

表92 土壌の化学性の改良目標（露地野菜）

項 目	ながいも ごぼう	にんにく たまねぎ	にんじん だいこん	ばれい しよ	トマト きゅうり	すいか メロン	スイート コーン	キャベツ はくさい レタス
pH (H ₂ O)	6.0～6.5	6.0～6.8	6.0～6.5	5.0～6.0	6.5～7.0	6.0～6.5	6.0～6.5	6.0～6.5
塩基交換容量 (me)	20	20	20	20	20	20	20	20
塩基飽和度 (%)	60～80	70～90	70～80	50～70	80～90	70～80	70～80	70～80
石灰飽和度 (%)	45～65	45～75	45～65	35～55	50～75	45～65	45～65	45～65
苦土飽和度 (%)	10～25	10～25	10～25	10～20	15～25	10～25	10～25	10～25
カリ飽和度 (%)	3～6	3～6	3～6	3～6	3～6	3～6	3～6	3～6
CaO/MgO当量比	6以下	6以下	6以下	6以下	6以下	6以下	6以下	6以下
MgO/K ₂ O当量比	2以上	2以上	2以上	2以上	2以上	2以上	2以上	2以上
有効態りん酸 (mg/100g)	30	50	30	10	20	20	20	20
電気伝導度 (mS/cm)	0.3	0.3	0.3	-	0.5	0.5	0.5	0.5

（「平成4年土壌及び作物体分析の手引」より引用）

表93 土壌の化学性の改良目標（その他露地野菜）

項 目	えだまめ	ね ぎ	ブロッコリー	アスパラガス	しゅんぎく
pH (H ₂ O)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
塩基飽和度 (%)	60	60	60	60	60
石灰飽和度 (%)	48	48	48	48	48
苦土飽和度 (%)	10	10	10	10	10
カリ飽和度 (%)	2	2	2	2	2
CaO/MgO当量比	4	4	4	4	4
MgO/K ₂ O当量比	2	2	2	2	2
有効態りん酸 (mg/100g)	16	20	20	20	16
電気伝導度 (mS/cm)	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1

（「平成21年岩手県作物施肥管理指針」より引用）

イ 土壌の化学性の診断法及び改良方法

(ア) pH

pHは土壌溶液中の水素イオン(H⁺)濃度の指標で、値が小さいほど水素イオン濃度が高い。畑作物・野菜の微量元素の欠乏や過剰による障害は、堆肥の施用や適切なpHを維持していればあまり発生することはない。肥料に含まれる窒素は、施用後、硝酸に変化する。そのため、土壌中のpHの低下を引き起こす。全面施用ではpH低下はあまり大きくはないが、溝施用ではpHがかなり低下することがある。

表94 土壌pHによる障害要因

項 目	内 容
強酸性化による障害	①石灰、苦土などの塩基類の欠乏 ②りん酸、モリブデンの不溶化による欠乏症 ③アルミニウム、マンガン等の可溶化による過剰障害
アルカリ性化による障害	①微量元素の不溶化による欠乏症

a 診断法

pHはガラス電極法で行い、土壌に対する水の比率は、わが国では1:2.5が

採用されている。

b 改善法

土壌の酸性を中和するのに必要な石灰質肥料の算出方法には緩衝曲線法やアレニウス表による方法がある。詳細はp. 34に記載されている。

(イ) C E C (塩基交換容量)

土壌のマイナス荷電の総量を表した値を塩基交換容量と呼び、C E Cが高い土壌ほど多くの養分を保持することができる。

a 診断法

測定は一般的にセミマイクロショールンベルガー法で行われるが、この方法は分析に長時間を要するため、簡易測定法も開発されている。

b 改善法

フッ石を含む凝灰岩の粉末であるゼオライトを2t/10a前後散布する。市販品の塩基交換容量は200~300me/100gと大きく、リン酸吸収係数も小さい。多量の交換性陽イオンを含む。

石炭や亜炭を酸で分解して生じる腐植酸を50~60kg/10a散布する。塩基交換容量は300~800me/100gで土壌全体の塩基交換容量を高める。

(ウ) 塩基飽和度

塩基飽和度とは、土壌のC E Cが交換性塩基（カルシウム、マグネシウム、カリウム）で満たされている程度を百分率で表したものである。塩基類は相互に吸収を助長したり、抑制したりするので、塩基バランスを崩さないようにする。

a 診断法

交換性塩基は、酢酸アンモニウム浸透液を原子吸光法又は炎光法によって定量する。

b 改善法

塩基飽和度が小さい場合は、不足する塩基をp. 37~p. 41の算出方法に従って施用する。塩基交換容量が適正で塩基の含有量が過剰な場合には、混層耕等により塩基含有量の低い下層土と混合する。塩基交換容量が小さく、塩基飽和度が大きい場合は、塩基飽和度を100%以下に抑えると同時に、肥料養分の絶対量が不足しないように追肥回数を多くして1回当たりの施肥量を少なくする。塩基の含有量が不足する場合には、不足分に相当する石灰質肥料、苦土肥料又はカリ肥料を施用する。

(エ) 石灰飽和度、苦土飽和度、カリ飽和度

塩基置換容量に対してどれだけ交換性石灰、交換性苦土、交換性カリで満たされている割合を示す。

a 診断法

塩基飽和度と同様である。

b 改善法

塩基飽和度と同様である。

(オ) CaO/MgO当量比、MgO/K₂O当量比

土壌中に含まれる塩基の存在量の比率を塩基バランスといい、石灰と苦土（石

灰苦土比)、苦土とカリウム(苦土カリ比)のミリグラム当量(meq)の比率で表す。カルシウム過剰になるとマグネシウムの吸収を抑制し、カリウム過剰によりマグネシウムの吸収を抑制する拮抗作用がある。

a 診断法

塩基飽和度と同様である。

b 改善法

過剰な養分を減肥する。若しくは不足する養分を施用する。施用量については、p. 37～p. 41を参照する。

(カ) 有効態りん酸

根の活動は土壌中の有効態りん酸と関係が深く、不足すると根張りが劣り、生育が悪くなる。土壌中の有効態りん酸を改良するためには、ようりん、苦土重焼りんなどの肥料を施用する。多くのりん酸質肥料には石灰や苦土も含んでいるのでpHの矯正にも有効である。したがって、多量に施用するときは、石灰質肥料の施用量を控えてアルカリ性になることを避ける。

a 診断法

一般的にりん酸はトルオーグ法で測定された値を用いることが多い。

b 改善法

不足する場合はp. 35～p. 37の算出法により施用する。過剰な場合は減肥する。

(キ) EC(電気伝導度)

ECは土壌に含まれる水溶性イオンの量で決まる。露地のほ場では、施肥直後を除き1.0mS/cmを超えることはまれで、0.2～0.8mS/cmの範囲にある。本県では降水量も多いため、露地ほ場で高EC状態になることは、海水が流入する以外はまずない。参考までに作物別高EC(塩分)耐性の程度を示す。

表95 作物の高EC(塩分)耐性

項目	作物名
耐性あり	大麦
やや耐性	小麦、アスパラガス
やや感受性	大豆、トウモロコシ、だいこん、キャベツ、はくさい、きゅうり、ほうれんそう、メロン、すいか、ねぎ、ばれいしょ
感受性有り	小豆、にんじん、レタス

a 診断法

一般的に1:5水浸出法が用いられることが多い。市販の電気伝導率計を用いる。

b 改善法

ECを低下させるには窒素施肥やカリ施用を減らすとともに、塩類濃度を高めない肥料を用いる、クリーニングクロープを活用する、湛水等による除塩、深耕して希釈する方法が一般的である。

(3) 畑作物・野菜の欠乏及び過剰症状

表96 必須要素の欠乏症及び過剰症対策

要素名	症状と対策	欠乏	過剰
窒素	症状	<ul style="list-style-type: none"> ・葉や全体が黄色化 ・生育が貧弱化 ・根の発達鈍化 ・果実の生育促進、収量低下 	<ul style="list-style-type: none"> ・葉が暗緑色化、生育過剰化 ・軟弱、徒長 ・病虫害が多発
	対策	葉面散布、窒素肥料溶液の土壌施用	緑肥等吸肥力の強い作物の作付け
リン酸	症状	<ul style="list-style-type: none"> ・葉幅が狭くなり、葉色は暗緑色、下葉の枯れ ・果実の小型化、収量品質低下 	<ul style="list-style-type: none"> ・栄養成長鈍化、停止、成熟異常促進、減収 ・りん酸と拮抗する亜鉛や鉄の吸収抑制による欠乏症発生
	対策	葉面散布、土壌酸度矯正	
カリ	症状	<ul style="list-style-type: none"> ・植物体内で移動しやすいため、古葉の先端から黄化、葉縁に広がり枯死 ・新葉は暗褐色、小葉化 ・果実の小型化、収量品質低下 	<ul style="list-style-type: none"> ・ぜいたく吸収されるが、障害は発生しにくい ・葉縁部の巻き上がり、凸凹を生じる ・カリと拮抗する石灰、苦土の吸収抑制による欠乏症状
	対策	葉面散布	塩基バランスの適正化
カルシウム	症状	<ul style="list-style-type: none"> ・植物体内で移動しにくいので、生長点や新葉で欠乏症発生 ・若い葉の先端の白化、褐変、枯死 ・根の表皮のコルク化と細太化 ・果実の成熟抑制 	<ul style="list-style-type: none"> ・過剰症発生しにくい ・土壌のアルカリ化により、ホウ素、マンガン、鉄、亜鉛の吸収阻害（欠乏症の発生） ・苦土、カリ、りん酸の吸収阻害
	対策	葉面散布、土壌酸度矯正、土壌塩類濃度を高めない	土壌酸度矯正
マグネシウム	症状	<ul style="list-style-type: none"> ・植物体内で移動しやすいため、古葉や果実付近の葉の葉脈間が黄化 	<ul style="list-style-type: none"> ・草丈抑制、根生育不良 ・石灰欠乏を併発しやすい
	対策	葉面散布、土壌の塩基バランス矯正、土壌酸度矯正	土壌が酸性の場合、石灰質肥料を施用
	症状が出やすい作目	とうもろこし、ばれいしょ、カリフラワー、うり類、ブロッコリーなど	
硫黄	症状	<ul style="list-style-type: none"> ・全体的に生育停止（窒素欠乏に類似） ・植物体内での移動が遅いので生長点付近から黄化 	<ul style="list-style-type: none"> ・過剰症は発生しにくい ・硫酸根肥料の過剰施用による土壌の酸性化
	対策	硫黄を含む肥料の使用	土壌酸度矯正
ホウ素	症状	<ul style="list-style-type: none"> ・新葉の生育停止 ・根、根毛伸長阻害 ・茎や果実のコルク化や亀裂が入る 	<ul style="list-style-type: none"> ・土壌での許容範囲が狭く過剰症発生しやすい ・下位葉の先端部褐変、白化し、枯死
	対策	葉面散布、土壌の水分適正管理、土壌酸度矯正、ホウ素肥料施用	土壌酸度矯正
	症状が出やすい作目	はくさい、だいこん、カリフラワー、セルリー等	
マンガン	症状	<ul style="list-style-type: none"> ・葉に斑点状の黄化、枯死 ・葉の小型化 	<ul style="list-style-type: none"> ・古葉の先端に斑点発生 ・鉄欠乏を誘発
	対策	葉面散布、マンガン資材の施用、土壌酸度矯正	土壌酸度矯正、土壌の過湿状態改善
	症状が出やすい作目	ほうれんそう、トマト等	
鉄	症状	<ul style="list-style-type: none"> ・植物体内で移動しにくいので、新葉部が黄白化（葉緑素の生成抑制） ・土壌のりん酸、マンガン過剰により鉄の吸収阻害 	<ul style="list-style-type: none"> ・根の伸長抑制 ・株全体の矮化、葉の小型化
	対策	葉面散布、土壌酸度矯正	土壌の過湿状態改善
亜鉛	症状	<ul style="list-style-type: none"> ・植物体内で移動しにくいので新葉に症状（小型化）発生 ・細根発生不全 	<ul style="list-style-type: none"> ・新葉の黄化、葉、葉柄に褐色斑点発生
	対策	葉面散布、土壌アルカリ性矯正	土壌酸度矯正
銅	症状	<ul style="list-style-type: none"> ・植物体内で移動しにくいので、新葉に症状（黄化・生育不良）発生 	<ul style="list-style-type: none"> ・主根伸長阻害、分岐根発生不良 ・生育不良、クロロシスの発生 ・鉄欠乏を誘発
	対策	葉面散布	土壌酸度矯正
モリブデン	症状	<ul style="list-style-type: none"> ・植物体内で移動しやすいため古葉から症状が出る ・葉縁が内側に巻き、スプーン状化 ・植物により症状多様 	<ul style="list-style-type: none"> ・発生しにくい ・葉にクロロシス発生
	対策	葉面散布、土壌酸度矯正	土壌の酸性化による吸収抑制
	症状が出やすい作目	だいこん、ほうれんそう、トマト、カリフラワー等	

（「平成18年みやぎの野菜指導指針」より一部引用し改変）

(4) 主な畑作物・野菜の土壌管理

ア 小麦

小麦は根が浅いので作付けに当たっては、できるだけ排水の良いほ場を選ぶ（大雨が降っても2～3日以内に表面水が無くなる程度）。堆肥の散布基準量は10a当たり1.5～2.0tとする。pH6.0以下では生育が悪くなるので、苦土石灰等で矯正する。りん酸質肥料の施用は生育を促進し、分けつや稔実を良くする。銅に対する反応が大きく、欠乏すると生育抑制や座止現象が起こる。

イ 大豆

大豆は土壌適応性の広い作物で、やせた土でも根粒菌で空中の窒素を固定するのであまり減収しない。堆肥の散布基準量は10a当たり1t以上とする。生育は酸性の強い土壌は適さないので、特に転換畑では酸度矯正する必要がある。

ウ そば

土壌は、砂壤土、壤土、埴壤土に適し、重粘土や極端な乾燥、排水不良のほ場以外は栽培可能である。土壌pHは5.5～7.0程度であるが、かなり強い酸性土壌でも生育できる。

エ なたね

土壌適応性は比較的広く、砂壤土、壤土、埴壤土でも栽培できる。堆肥の散布基準量は10a当たり1～1.5tとする。土壌pHは5.0～8.0と適応範囲が広く、酸性土壌にもよく耐える。

オ ながいも

作土の深いほ場を選び、輪作を前提とし、連作障害を出さないように適正な管理を行う。堆肥の散布基準量は10a当たり2tとし、施用時期は植え付け前年の秋または植え付け10～14日前までに行う。未熟な堆肥は土壌病害を助長したり、障害いもを発生させたりするので、使用しない。

カ にんにく

乾燥の著しいほ場では葉先枯れが発生して、生育・収量へ大きく影響する。しかし、排水が悪いと根の伸びや生育が抑えられるので、排水の良いほ場を選定する。未熟な有機物を多量に施用すると、越冬前の根に障害を与えるばかりでなく、越冬後においても欠株や生育不良となって減収する。したがって、完熟なものを10a当たり2t程度施用する。

キ にんじん

ほ場の選定に当たっては排水が良く、保水力のある肥沃な土壌が適する。にんじんの根は広く、深く分布するので作土層の深いほ場が良い。未熟な堆肥の施用は避ける。堆肥の散布基準量は10a当たり2t程度を基本とする。にんじんは強い酸性を嫌うので石灰類を施用し、酸度を矯正する。また、りん酸が不足すると地上部の肥大が悪くなる。

ク だいこん

だいこんの形状の良いものを生産するには、土壌条件が大きな要因となる。好適なほ場は保水力があり、排水が良く、作土層が深いことである。粘土質土では肌が

粗くひげ根が出やすく、さらに重粘土では岐根が多く、腐敗しやすい。反対に、土壌が軽すぎたり土質が粗いと肉質が硬く肌のつやが悪くなる。堆肥の散布基準量は10aあたりおおよそ2tを基本とする。強酸性土壌では石灰や苦土の欠乏が発生しやすく生育も抑制される。

ケ ばれいしょ

土壌適応性は広いが、根は深さ30～40cm、横に半径40cmくらいに分布するので、作土層が深く、肥沃かつ軽しょう膨軟で排水良好な土壌が適する。堆肥の散布基準量は10aあたり1.5tとする。土壌pHが4.5以下又は7.0以上となると生育が悪くなる。また、pH6.5以上ではそうか病が発生しやすくなる。

コ ごぼう

根長が1m前後に伸長するので、作土層が深く排水良好なほ場が要求される。品質は土質によっても左右され、適湿な砂土で生産されたものは細長で根端の肉付きやひげ根が少ないなど外観が良く、砂壤土や壤土はこれに次いで良い。壤土は外観が悪くないが、直根が太く、ひげ根も大きくなる傾向がある。未熟堆肥は岐根の原因となるため、施用しない。堆肥は10aあたり1～1.5t施用する。

サ すいか

すいかの根は好気性で、一般的に根が浅い。そのため、雨水の停滞するような通気性の悪いほ場では、茎葉の衰退が著しく、枯れ上がりも早くなる。堆肥の散布基準量は10aあたり2t程度とする。また、すいかは耕土の深い地帯では酸性がやや強くても良く生育する。

シ メロン

メロンの土壌適応性は比較的広く、砂質土壌、壤土、埴壤土などで栽培が可能である。メロンは浅根性で酸素要求量が高いので排水が良く、通気性に富むほ場が適する。堆肥の散布基準量は10aあたり2tとする。

ス スイートコーン

土壌に対する適応性はかなり広いが、肥沃で排水、保水性の良いほ場を選ぶ。干ばつに弱いので、深耕し、根域の拡大を図るようにする。堆肥の散布基準量は10aあたり2tとする。

セ キャベツ

土壌に対する適応性は広く、最も適する土壌は、作土が深く、排水の良好な土壌である。過湿となると根が湿害を受けるので常時過湿なほ場は避ける。堆肥の散布基準量は10aあたり2tとする。土壌pHは微酸性から中性土壌で良く生育するが、pH5.3以下になると根こぶ病が発生しやすくなる。

ソ はくさい

はくさいの根は広く分布するが、大部分は深さ30cm、半径70cmの範囲に密に広がり、特に地表下15cmの働きが活発である。このため、作土が深く、排水、保水性のあるほ場が適する。堆肥の散布基準量は10aあたり2tとする。酸性土壌では酸性に応じて矯正する必要がある。

タ レタス

レタスは比較的浅根性で、作土の深い有機質に富む砂壤土や壤土が最適である。

土壌適応性が広いが、排水不良や多湿条件下では病害が発生しやすい。堆肥の散布基準量は10a当たり2tとする。また、レタスは土壌pH5.0以下で生育が抑制される。

チ たまねぎ

肥沃で排水性が良く、保水性のある土壌が適しているが、湿害に弱いので排水対策を講じて滞水のないほ場とする。耐酸性は弱く、pH6.0～6.5が最適で、りん酸が不足すると生育不良を招く。

3 施肥基準

施肥基準とは、土壌化学性、物理性が良好なほ場において、目標収量・品質を確保するための標準的な施肥量を示しているものである。

表97 畑作物の施肥基準

作物名	品 種	作 型	施肥成分量 (kg/10a)		
			成 分	基肥	追肥
小麦	ネバリゴシ キタカミコムギ		窒素 りん酸 カリ	5～10 12～15 9～10	4
	ゆきちから		窒素 りん酸 カリ	6～8 12～15 9～10	4～8
大豆	おおすず オクシロメ		窒素 りん酸 カリ	2～3 10～15 8～10	
そば	階上早生		窒素 りん酸 カリ	2 10～12 8～10	
はとむぎ	はとじろう 中里在来	全量基肥	窒素 りん酸 カリ	15 15 15	
		追肥重点	窒素 りん酸 カリ	7 15 15	8

(「平成19年畑作等生産指導要領」を参考に作成)

表98 露地野菜の施肥基準

作物名	作型	施肥成分量 (kg/10a)		
		成分	基肥	追肥
ながいも		窒素 りん酸 カリ	6~10 30 10	15 15
にんにく	マルチ栽培 全量基肥	窒素 りん酸 カリ	20~25 20~25 20~25	
	マルチ栽培 追肥	窒素 りん酸 カリ	10~15 20~25 10~15	10 10
	無マルチ栽培	窒素 りん酸 カリ	7~10 20~25 7~10	10~16 10~16
にんじん	春まきトンネル 栽培	窒素 りん酸 カリ	12~15 25~30 12~15	6 6
		窒素 りん酸 カリ	6 10~12 6	
だいこん	春まき栽培栽培 6~7月まき	窒素 りん酸 カリ	6 10~12 6	
	8月まき栽培	窒素 りん酸 カリ	7~8 10~12 7~8	2~3 2~3
ばれいしょ (男爵薯)	普通栽培	窒素 りん酸 カリ	8 15 12	3~5 3~5
ばれいしょ (マークイン)	普通栽培	窒素 りん酸 カリ	8 15 12	2~4 2~4
ごぼう		窒素 りん酸 カリ	8 20~25 8	12 12
		窒素 りん酸 カリ	15~20 25~30 15~20	20~ 20~
きゅうり	露地栽培	窒素 りん酸 カリ	15~20 25~30 15~20	20~ 20~
すいか		窒素 りん酸 カリ	8~10 20~25 8~10	8~10 8~10
		窒素 りん酸 カリ	6~10 20~25 8~12	
メロン (ネット系)		窒素 りん酸 カリ	6~10 20~25 8~12	
スイートコーン	マルチ栽培	窒素 りん酸 カリ	20 20 20	
	無マルチ栽培	窒素 りん酸 カリ	15 20 15	5 5
えだまめ		窒素 りん酸 カリ	5~7 10~15 10~14	
		窒素 りん酸 カリ	10~12 15~20 8	10 10
キャベツ	春まき栽培	窒素 りん酸 カリ	10~12 15~20 8	10 10
はくさい		窒素 りん酸 カリ	10~15 15~20 10~15	10 10
		窒素 りん酸 カリ	9~12 25~30 9~12	
レタス	マルチ栽培 夏まき栽培	窒素 りん酸 カリ	9~12 25~30 9~12	
ねぎ		窒素 りん酸 カリ	5 5 5	16~20 4~8 16~20
		窒素 りん酸 カリ	14 25 14	9~11 9~11
ブロッコリー		窒素 りん酸 カリ	14 25 14	9~11 9~11
たまねぎ	秋まき栽培	窒素 りん酸 カリ	8~10 11~17 8~10	3~5 1~2 3~5
	春まき栽培	窒素 りん酸 カリ	10~15 12~18 10~15	

(平成29年やさい栽培の手引きを参考に作成)

(1) 施肥の各要素

ア 窒素

速効性の肥料を多量に施用すると、濃度障害等を引き起こしやすいので、一度に窒素成分で10a当たり20kg/10a以下とすることが望ましい。

土壌中には、窒素が0.1～0.6%程度含まれている。土壌中にある窒素（地力窒素）は種々の形で複雑に結合しているため、簡単には微生物によって分解されないが、地温の上昇等により一部は分解され、作物に吸収されるようになる。また、堆肥など有機物は土壌中の微生物の餌になり分解されていく。有機物が分解されると窒素は一旦アンモニアになり、そして、畑土壌では更に硝化菌によって硝酸イオンになる。アンモニアは陽イオンであるため、土に保持されやすいが、硝酸は陰イオンであるため、土に保持されにくい。畑土壌で余分な窒素を施用すると、降雨で流亡するのは、このためである。

イ リン酸

リン酸の吸収量は、窒素やカリに比べてかなり少ないが、リン酸肥料の肥効性が高かったことから、肥料や改良資材として施用することが多く、土壌からの流亡が少ないことから、最近では過剰施用のほ場も散見されるようになった。リン酸は遺伝子や種々の補酵素に必須な元素であり、根の発育や花芽分化などにも関係しており、リン酸の肥効の高い時期は生育前半と言われているので、全量を基肥として施用する。土壌に施用されたりん酸イオンは非常に反応性に富み、土壌中の石灰、アルミニウム、鉄と結合する。このうち、畑作物・野菜が利用できるのは石灰と結合したりん酸である。アルミニウム、鉄と結合したりん酸は難溶性りん酸となり、畑作物・野菜にほとんど利用されない。

ウ カリ

カリはぜいたく吸収されるので、カリのやり過ぎに注意しなければならない。あまり多くのカリを施用すると苦土の吸収が抑制されるため、石灰と苦土の比率が重要となる。カリの吸収は、生育中期以降に多く吸収される。カリは窒素、りん酸と異なり、土壌中に有機態のものはほとんどない。土壌を形成する鉱物に多く含まれるが、畑作物や野菜が利用できない形態のものがほとんどを占め、土壌の表面にある少量の交換性カリが利用できる。

(2) 各作物の施肥及び養分吸収の特徴

ア 小麦

基肥は、は種後から越冬前までの生育を確保する目的として行う。施肥量は堆肥施用の有無や連作年数あるいは前作の生育状況を考慮して基準量から増減する。

イ 大豆

土壌条件に応じて増減する。水田転換畑では畑地転換初年は地力窒素が放出されるので減肥するが、2～3作経過したところは普通畑に準じる。

ウ そば

そばは、特に吸肥力が強い作物で、やせ地でも比較的良好な生育を示し、無肥料

栽培も行われている。しかし、生育と収量を確保するためには、適正な施肥が必要である。

エ ながいも

窒素の時期別吸収量は、植付けから7月上旬までの吸収量は極めて少なく（全吸収量の14～18%）、その後、9月上旬までの茎葉繁茂期にかけて残りの82～86%が吸収される。基肥量はほ場の前作や連年年数に合わせて10a当たり6～10kgを基準に施用する。種いもが比較的大きく、その養分が初期の生育に充分であるため、基肥の施用は萌芽期頃で充分である。利用効率も良いため、基肥は萌芽期施用を基本とする。

オ にんにく

にんにくの各養分は生育の増大とほぼ平行して吸収され、融雪時までは植付け時の養分含有量とほぼ同じ値であるが、その後、抽台期頃にかけて盛んに吸収される。土壌条件や畑の肥沃度を勘案して施肥量を決める。

カ にんじん

にんじんの養分吸収量は発芽から70日頃までが4%位、70～100日で27%位、それ以降の20～30日で69%位である。したがって、形状の整ったものを生産するためには、生育後期まで肥料切れがないことが重要である。露地栽培における基準施肥量は表98のとおりである。

キ だいこん

一般的に、葉の窒素吸収量は生育旺盛期まで増加し、その後緩慢となるが、根部では収穫まで吸収量の増加が継続することが多い。

ク ばれいしょ

各養分の吸収量は、カリ、窒素、りん酸の順に多く、カリ、窒素が開花期に最大吸収量を示し、その後吸収量は漸減する。りん酸の吸収は開花期後に最高になる。

ケ ごぼう

肥料分の半量を全面に施用する。残りの半量は植付け溝に施用し、トレンチャー耕をする。

コ スイートコーン

吸肥力が強く、少肥では雌穂が小さく、収量も上がらない。耐肥性が高く吸肥力が強いものの、発芽から本葉3枚までは肥料の濃度障害が発生しやすい。

サ キャベツ

吸肥力が強く、新開墾などでも良く生育する。三要素の吸収量は、窒素とカリが多く、りん酸は少ない。吸肥力は旺盛で、窒素、石灰を好む。

シ はくさい

はくさいは短期間に旺盛な発育を示し、根の張りも早く、播種後30日位で深さ60cm、横の広がり45cm、収穫期で直径120cm以上にもなる、養分吸収量はカリが多く、3要素の吸収量は、ほぼ窒素：りん酸：カリが2：1：3である。

ス レタス

りん酸は吸収量から見ると、窒素の1/3から1/5と少ないが、生育初期に不足すると、生育も悪く、収量も上がらない。カリは球の形成、肥大に影響し、初期か

ら施用しすぎると、球の形成は早いですが、外葉数が少なく小球になるので、外葉が十分生育してからカリの肥効が高まるようにする。

セ たまねぎ

定植後、低温期を経過するため、生育期間が長いわりに養分吸収量が少ない。貯蔵用たまねぎは生育末期まで窒素、りん酸の肥効が続くと貯蔵性が悪くなるため最終追肥時期が遅くならないようにする。

4 減肥基準

近年、野菜栽培では、土壌中の養分が集積しているほ場が多くなってきている。したがって土壌診断を行い、適正な土壌管理をする必要がある。今後、減肥栽培を行う場合、以下の減肥基準を参考に実施する。

(1) 窒素の減肥基準

ア 土壌消毒剤使用時の減肥基準

土壌消毒後は土壌中の無機化窒素が無消毒に比較して多くなるので、減肥を行う。

表99 土壌消毒使用時の減肥基準

作目	減肥基準
ながいも	基肥、追肥とも窒素施用量は標準量の60%とする。

イ 作付け前の硝酸態窒素含量による減肥

減肥基準は、作付前土壌中の硝酸態窒素含量を指標とする。

表100 窒素の減肥基準

硝酸態窒素 (mg/100g乾土)	減肥基準
～10	標準施肥
11～15	5kg減肥
16～20	10kg減肥
21～25	15kg減肥
26～30	20kg減肥
31～35	25kg減肥
36～	無施肥

(「平成21年岩手県作物施肥管理指針」より引用)

注1 硝酸態窒素は降雨等により流亡しやすいため、施肥直前に土壌中の硝酸を測定する。

注2 健全な種子、土壌物理性の良好なほ場で実施する。

ウ 緑肥による減肥

表101 緑肥鋤込み条件と後作物の窒素減肥可能量

緑肥のC/N比	緑肥の乾物重(kg/10a)				緑肥作物(作型)
	200	400	600	800	
10	5.5	11.0	16.0	-	ヘアリーベッチ(後作)
15	2.5	5.0	7.5	9.5	アカクロバ(休閑)、シロカラシ(後作)
20	1.0	2.5	3.5	4.5	えん麦(後作)、シロカラシ(秋小麦前作)
25	0.5	1.0	1.5	2.0	ソルガム(秋小麦前作)、えん麦(休閑)

(「北海道施肥ガイド2015」を参考に作成)

(2) リン酸・カリの減肥基準

ア 土壌診断に基づく減肥

(ア) リン酸

減肥基準は、作付前土壌中の有効態りん酸（トルオーグりん酸）含量を指標とする。

表102 リン酸の減肥基準

項 目		有効態りん酸含量 (mg/100g)	施肥管理
低 り ん 酸 作 物	りん酸要求量小：だいこん、にんじん、 はくさい、しゅんぎく、 えだまめ、普通畑作物	30mg未満 30～50 未満 50～	慣行施肥量 50%減肥 無施肥
高 り ん 酸 作 物	りん酸要求量大：低りん酸作物以外の野菜 (にんにくを除く)	50mg未満 50～100 未満 100～	慣行施肥量 50%減肥 無施肥
	にんにく	150mg未満 150～200 未満 200～	慣行施肥量 50%減肥 無施肥

注 根域や吸肥力等が低下するので健全な種子、土壌物理性の良好なほ場で実施する。

(イ) カリ

減肥基準は、作付前土壌中の交換性カリ含量および塩基交換容量（CEC）を指標とする。

表103 カリウムの減肥基準

CEC (me)	交換性カリ (mg/100g乾土)	減肥基準	対応するカリ 飽和度 (%)
10	～25	標準施肥	～5
	25～50	50%減肥	5～11
	50以上	100%減肥	11以上
15	～35	標準施肥	～5
	35～70	50%減肥	5～10
	70以上	100%減肥	10以上
20	～45	標準施肥	～5
	45～70	50%減肥	5～7
	70以上	100%減肥	7以上
25	～60	標準施肥	～5
	60～70	50%減肥	5～6
	70以上	100%減肥	6以上

(「平成21年岩手県作物施肥管理指針」より引用)

【施設土壌】

1 土壌の特徴と管理方法

(1) 施設土壌の一般的な特徴

ア 施設土壌の肥料成分と水の動き

施設土壌が露地栽培の土壌と大きく異なる点は、

- (ア) 降雨の影響を受けないため、土壌中の肥料成分が流亡しない。
- (イ) 有機物や化学肥料が多く施用されることが多い。
- (ウ) 同じ作物が連続して栽培されることが多く、土壌中の肥料成分が偏りやすい。
- (エ) 作物に必要な量しかかん水しない。
- (オ) 施設の中の温度は外気に比べて高い。

などである。

このため、作物に吸収されないで土壌に残った肥料成分は雨水やかん水によって下層へ流亡することがなく、土壌水分が肥料成分を溶解しながら上方向へ移動して肥料成分を残して蒸発してしまうため、肥料成分が土壌表面に残って蓄積する。

このように、施設土壌では肥料成分が蓄積しやすいため、作物に塩類集積による障害やアンモニアや亜硝酸などのガスによる障害が起こりやすい環境にある。

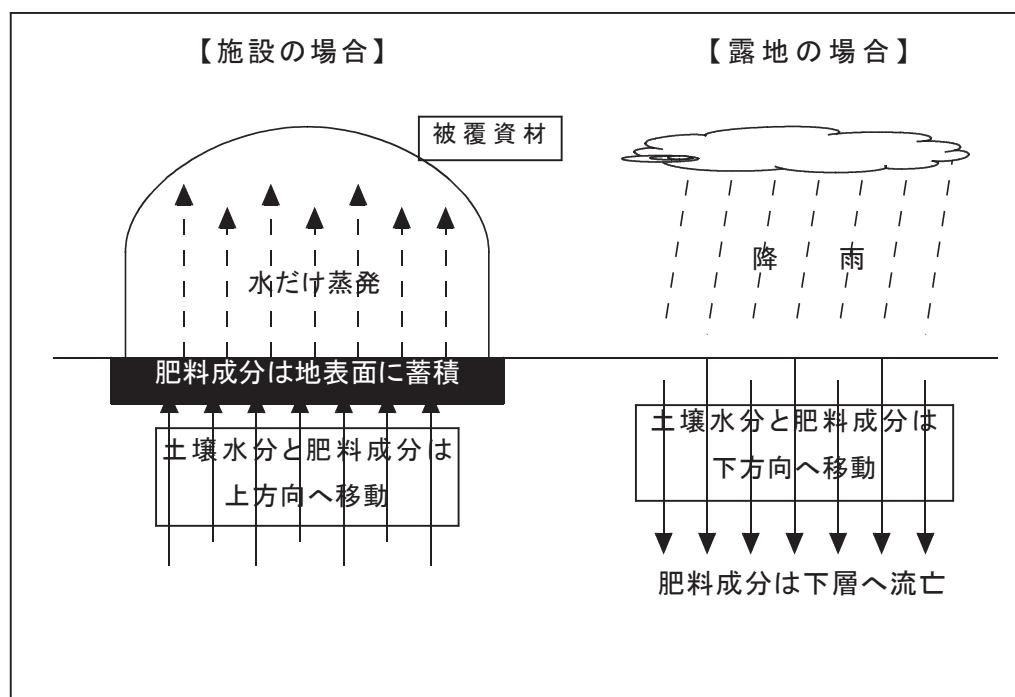


図 33 施設土壌での水と肥料成分の動き

イ 塩類障害

施設土壌では、土壌中の肥料成分や水分が上方へ移動するので、土壌表面に肥料成分が多く集まってしまう塩類集積が起こりやすい。塩類集積がひどくなると、作物は根が障害を受けて養水分を吸収できなくなり、生育が不良となる。塩類障害に対する耐性は作物によって異なる（表104）が、土壌のECが1.0mS/cmを超えているような土壌や、作物が塩類障害を起こしている施設では、次のような除塩対策を行なう。

(ア) クリーニングクロープなどによって土壌中の塩類を吸収させる。特に、ソルガムやトウモロコシなどのイネ科作物は耐塩性が強く、塩類濃度が高い土壌でも発芽し生育するので、除塩の効果が高い。

(イ) 多量のかん水や冬期間の除覆によって土壌中の塩類を流亡させる。しかし、排水性が悪い土壌では実施が困難だけでなく効率が悪い。

(ウ) 下層土の塩類が少ない場合は、深耕する。

除塩対策は、土壌の塩類濃度が低下するまで時間を要するので、土壌の塩類濃度を高めないような対策をとる必要がある。

(エ) むやみに施肥基準以上の施肥を行わず、作付け前に土壌診断を行い施肥量を減らす。

(オ) 塩類障害は砂質土や腐植の少ない土壌、CECが少ない土壌などで起こりやすいので、良質粘土の客入、ベントナイトやバーミキュライトなどの施用、植物由来の有機物の施用などによって、CECを高める。

(カ) 塩類濃度が高まりにくい施肥法を行う。

a 緩効性の肥料や有機質を含む肥料、塩類集積回避型肥料などは、施用しても土壌の塩類濃度を高めにくい。

b 液肥は、自由に濃度を調整することができ、分量も作物の要求量に合わせて調整できる。

c 追肥は、1回当たりの施肥量を減らし、回数を増やすと土壌の塩類濃度が高まりにくい。また、葉面散布は塩類が過剰な土壌では有効な追肥法である。

表104 主な作物の塩類障害に対する耐性

強い	普通	弱い
セルリー ほうれんそう	きゅうり ピーマン、なす、トマト	いちご

表105 塩類障害の診断と対策

<p>塩 基 障 害 の 診 断</p>	<p>[作物による診断] ①葉の元気がなくなり、かん水量が充分なのに高温時には葉がしおれる。 ②葉色が濃くなり、生育が遅れる。 ③果実の肥大が悪くなり、色つきが悪くなる。 ④根の色が褐変してくる。 ⑤全体の生育が揃わなくなる。</p> <p>[土壌による診断] ①土壌のECが高い。 ②土壌中に水が浸透しにくい。 ③土壌表面に塩類が白く結晶している。</p>
<p>対 策</p>	<p>[塩類過剰の対策] ①クリーニングクロップを作付けする。 ②深耕する。 ③かん水や冬期間に除覆する。</p> <p>[塩類濃度を高めない対策] ①施肥量を適正にする。 ②CECを増大させる。 ③施肥法を改善する。</p>

ウ ガスによる障害

塩類集積などによって土壌がアルカリ性や強酸性に偏ると、土壌からアンモニアや亜硝酸ガスが発生する。施設栽培は露地栽培と異なり空間が狭いので、このようなガスによって障害を受けることもある。主な作物のガス障害に対する耐性は表106のとおりである。

アンモニアガスによる障害は、土壌消毒をおこなった土壌で起こりやすい。土壌消毒をおこなった土壌では、アンモニアを硝酸に変化させる硝化菌が少なくなっているため、土壌中にアンモニアが蓄積しやすい。さらに、土壌のpHがアルカリ性になるとアンモニアがガス化し、植物に害を与える。アンモニアガスの害が見られる施設では、窒素の形態が有機態やアンモニア態の肥料を施用しないようにし、換気を十分に行う等の対策をとる。

亜硝酸ガスによる障害は、肥料を多くやりすぎたため、土壌中に硝酸態窒素が多量に蓄積し、pHが低い土壌で起こりやすい。このような土壌では、亜硝酸を硝酸に変化させる菌の働きが弱くなっていることから、土壌中に亜硝酸が蓄積してガス化し植物に害を与えるようになる。亜硝酸ガスの害が見られる施設では、換気を十分に行い、施肥窒素量の改善や土壌のpHを適正にするなどの対策をとる。

表106 主な作物のガス障害に対する耐性

ガスの種類	強い	普通	弱い
アンモニアガス	メロン きゅうり		トマト、ピーマン、なす、いちご
亜硝酸ガス		いちご	トマト、ピーマン、なす、きゅうり、メロン

表107 ガス障害の診断と対策

ガス障害の診断	<p>[アンモニアガス害の診断]</p> <p>①葉が黒ずんで、日中急にしおれたりする。</p> <p>②土壌のpHが7以上のアルカリ性に偏っている。</p> <p>③ハウス内に付着した水滴のpHが7以上になっている。</p> <p>[亜硝酸ガス害の診断]</p> <p>①中位葉の葉縁や葉脈内が黄白化する。</p> <p>②土壌のpHが5以下の強酸性に偏っている。</p> <p>③ハウス内に付着した水滴のpHが6以下になっている。</p>
対策	<p>[アンモニアガスの対策]</p> <p>①窒素の形態が有機態やアンモニア態の肥料を施用しない。</p> <p>②換気を十分に行う。</p> <p>③過石の粉末をうね面上に施用し、かん水して溶かす。</p> <p>[亜硝酸ガスの対策]</p> <p>①換気を十分に行う。</p> <p>②施肥窒素量を減らす。</p> <p>③土壌のpHを上げる。</p>

(2) 施設土壌の実態

施設土壌は、露地栽培の土壌より肥料成分が蓄積しやすいという特徴がある。このことは県内181地点の施設土壌について、作物の収穫が終わった後に土壌を採取して分析した結果（農林総合研究センター、平成11～16年）からも明らかである。

ア 交換性塩基類

塩基飽和度は、改良目標値である70～80%の範囲にある土壌が全調査地点の10%と少なく80%を超えている土壌が全体の66%と全調査地点の半分以上であった。さらに、100%を超えている土壌も全調査地点の34%と多く見られた（図34）。

それぞれの塩基について見ると、苦土は全調査地点の70%の土壌が改良目標値に達しているが、石灰では48%、カリでは32%が改良目標値を超えている（図35～図37）。

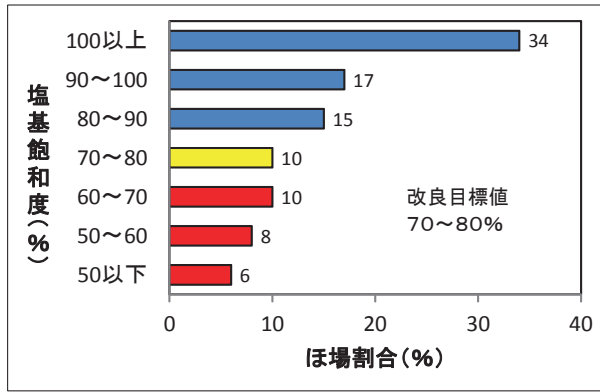


図34 県内施設土壌の塩基飽和度

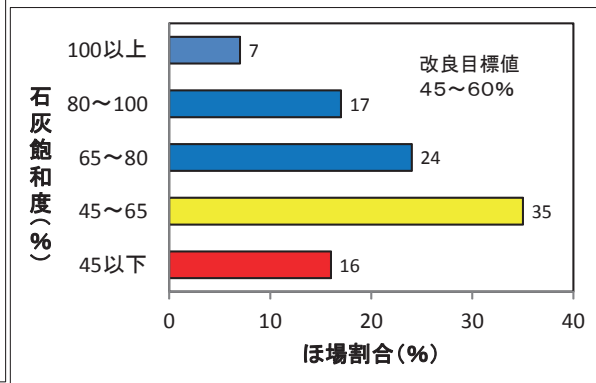


図35 県内施設土壌の石灰飽和度

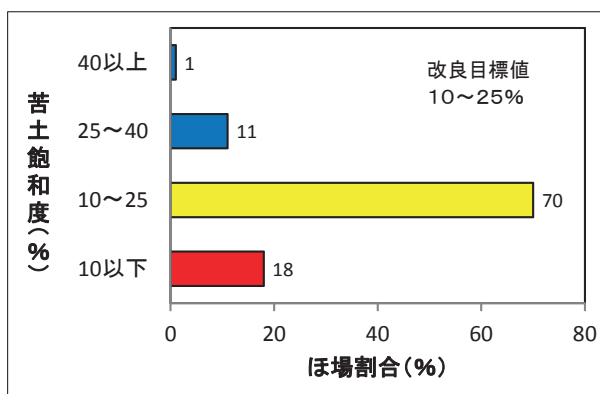


図36 県内施設土壌の苦土飽和度

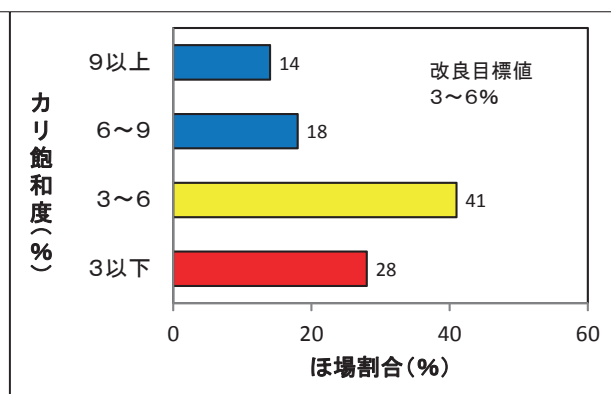


図37 県内施設土壌のカリ飽和度

イ EC

ECは、改良目標値である0.7mS/cmを超えている土壌が全調査地点の23%あり、1.0mS/cmを超えている土壌も11%あった(図38)。土壌に残っている水溶性塩類は、硝酸イオンよりも硫酸イオンの方が多く状況なので(図39)、ECが高くて肥料分(硝酸態窒素)が多いとは限らない(図38、39)。

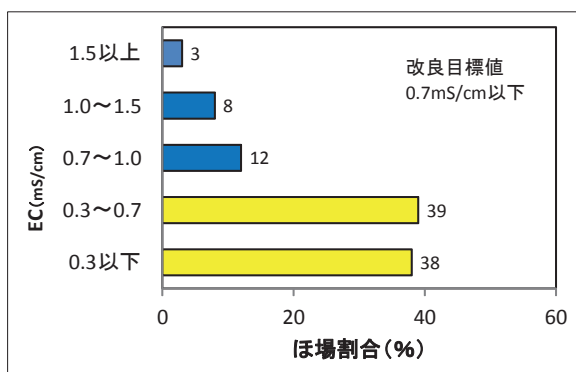


図38 県内施設土壌のEC

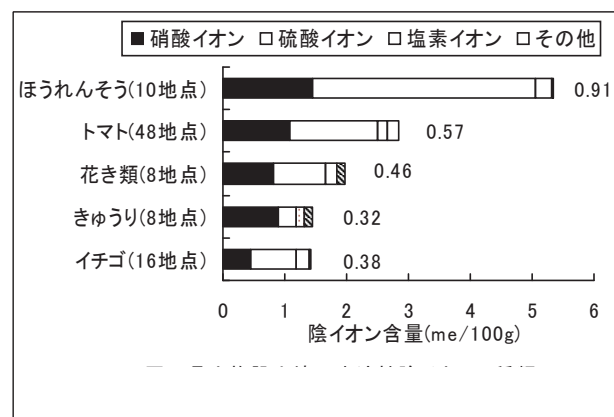


図39 県内施設土壌の水溶性陰イオンの種類

ウ pHと塩基飽和度

pHは、改良目標値の6.0～6.5の土壌が全調査地点の25%であった（図40）。しかし、土壌中に硝酸イオンや硫酸イオンなどの水溶性塩類が多いとpHは低下するので、塩基飽和度が同じでも水溶性塩類の量によってpHの値は1程度の幅が見られた（図41）。

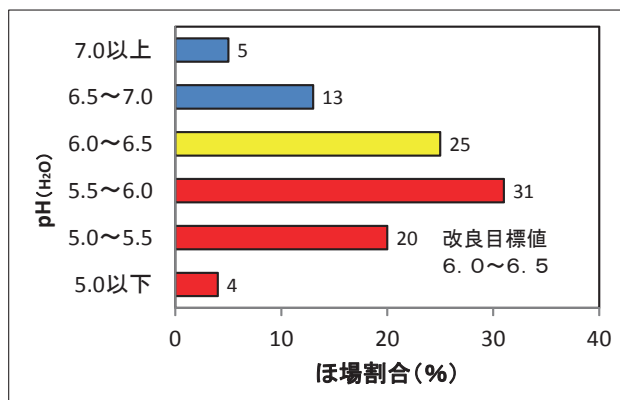


図40 県内施設土壌のpH(H₂O)

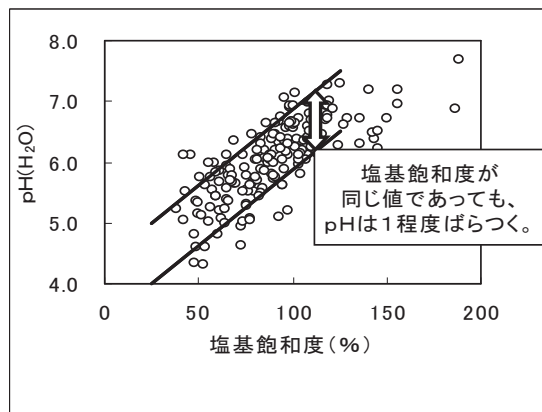


図41 県内施設土壌のpHと塩基飽和度

エ 有効態りん酸

有効態りん酸は、改良目標値の20～50mg/100g内にある土壌が全調査地点の10%と非常に少なく、50mg/100gを超える土壌が89%と非常に多かった。

さらに、200mg/100gを超えている土壌が30%もあり、りん酸の蓄積が顕著であった（図42）。

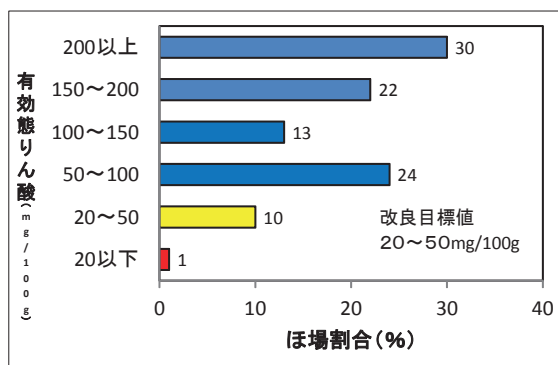


図42 県内施設土壌の有効態りん酸含量

このように、県内の施設土壌においても、石灰、苦土やカリなどの交換性塩基類や、硝酸イオンや硫酸イオンなどの水溶性塩類、さらに有効態りん酸が過剰に蓄積している土壌が多い状況が認められた。

pHと塩基飽和度の関係は、塩基飽和度が100%のときにpH7程度になるのが一般的であるが、県内の施設土壌では、pH7以上と高い土壌が僅か4%と少ないにもかかわらず、塩基飽和度が100%を超えている土壌が34%と多かった。そのため、交換性塩基類や有効態りん酸などを含めた土壌分析をして施肥設計や土壌改良を行なうとともに、有機物を施用する場合には、有機物から供給される養分を施肥量から減らすなど、これまで以上に土壌に肥料成分を蓄積させないような土壌管理が重要となっている。

(3) 施設土壌の土づくり

ア 土壌診断の方法と留意点

施設土壌では、水溶性塩類などが多く、pHとECの分析値だけで施肥設計を立てることは難しいので、交換性塩基や有効態りん酸を測定し、施設土壌の改良目標値 (p. 161 表114)を参考に土壌改良や施肥設計を行う。

(ア) 土壌物理性の診断

土壌診断というと一般に、pHやEC、交換性塩基類など土壌の化学性、特に作土層の化学性ばかりが意識されがちである。しかし、土壌の養分状態がいくら良くても、土壌の物理性が悪く作物の根が伸びていけない状態だと、作物は養分を吸収することができない。土壌の分析を行う前に、そのほ場の作土層の深さや下層土の状態、地下水位など土壌の物理性についても診断を行い、問題がないことを確認してから土壌分析を行う。

(イ) pH、ECと硝酸態窒素

硝酸イオンや硫酸イオンなどの水溶性塩類が増加しECが高くなると、pHは低下する。その程度は土壌によって異なるが、ECが1.0mS/cm上昇するとpHは0.5~1.0減少する。このように、水溶性塩類が蓄積している土壌では、石灰や苦土などの交換性塩基が土壌中に十分に含まれていてもpHが低い値となるので、pHだけからアルカリ資材の施用量を決定するのは危険である。

また、ECが高い土壌では、一般的に土壌中に硝酸態窒素が多く残っている可能性が高い。硝酸態窒素は速効性の窒素質肥料と同じように作物にすぐに吸収されるので、土壌のECを測定し、その測定値に応じて肥料の窒素成分を減らすことがよく行われてきた。

しかし、施設土壌では硝酸態窒素 (=硝酸イオン)のほかにも硫酸イオンや塩素イオンなどの水溶性塩類が多く残る傾向があることから、ECが高いにも関わらず土壌中に硝酸態窒素が低い場合もある (図43)。このような土壌では、EC値が高いからといって窒素を減肥すると、作物に窒素が不足してしまうことが懸念される。

以上のことから、施設土壌ではRQフレックスなどを使用し、土壌中の硝酸態窒素を測定して、窒素肥料を減らすなどの対応が必要である。

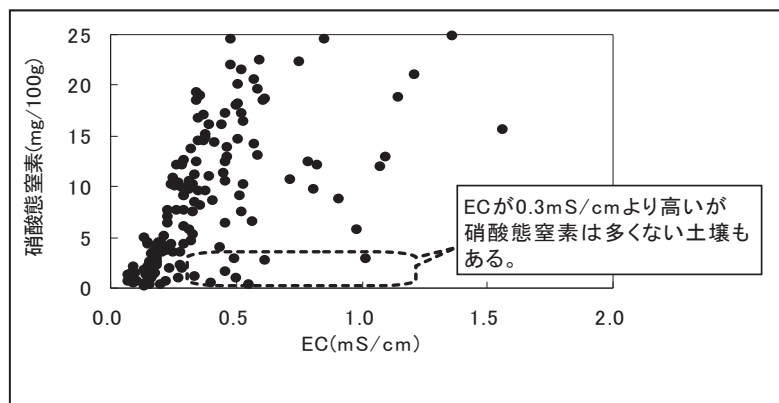


図43 県内施設土壌のECと硝酸態窒素

(ウ) 塩基交換容量 (CEC) と交換性塩基

CECの大きさは、土壌の粘土や腐植の質や量によって大きく異なる。CECの改良目標値は20meであるが、例えば砂丘未熟土のCECは10me以下であるので、これを目標値の20meまで増大させるには、CECの大きい土壌を客土したり、多量の有機物を施用し腐植の量を増やしたりする必要があり、多大な経費や労力を要するため現実的ではない。よって、CECは改良目標値の20meにとらわれず、現状のCECを維持することを目的に堆肥などの有機質資材を施用する。

CECが大きい土壌は、pHやECが急激に変化しないなど緩衝能力が大きい。また、肥料成分を多く保持できるので、一般に施肥管理が容易である。一方、CECの小さい土壌は、施肥の影響をコントロールしやすいので、開花・結実や品質が重要視される作物の栽培に向いている。

改良目標値の塩基飽和度は、CECが20me前後の土壌における値である。CECが15me以下と小さい土壌では、塩基の要求量が高い作物を栽培すると土壌の塩基飽和度が目標値であっても塩基の絶対量が不足することがあるので、塩基飽和度を目標値より高くする。逆にCECが40me以上と大きい土壌では、目標値より低くても良い。

石灰、苦土、カリなどの交換性塩基は、それぞれが、土壌中に作物が必要とする量があれば良いという訳でもなく、交換性塩基間のバランスが保たれた状態にあることも重要である。

pHが適正な土壌には、多くの場合、作物に必要な量の石灰が存在する。それでも果菜類に石灰欠乏がよく発生するのは、土壌中にアンモニア態窒素のほか苦土やカリなど石灰以外の塩基が多いことによって、作物の石灰の吸収が阻害されることが原因となっている場合が多い。

苦土も石灰同様、土壌中の塩基バランスが悪いと作物に苦土欠乏が発生しやすい。特に、堆きゅう肥などカリ含量の高い有機物の連用により交換性カリが多くなり、苦土/カリ当量比が改良目標の2以下となっているところに多く発生する。カリは基準どおり施肥していれば欠乏症が発生することはほとんどないが、土壌中のカリ含量が高まると、作物の苦土欠乏症を助長するので、土壌分析によりカリ含量を確認し、減肥やクリーニングクロープによる除塩など適切な対策を実施する。

(エ) 有効態りん酸

施設土壌の有効態りん酸の改良目標値は20~50mg/100gである。しかし、現在の施設土壌では、有効態りん酸が20mg以下の土壌は非常に少なく、大部分の土壌は50mg以上と過剰な状態で、200mgを超えている土壌も多い。

今後、さらなる蓄積を防ぎ、肥料コストを削減するためにも、有効態りん酸が多い土壌では表108を目安にりん酸を減肥する。

表108 有効態りん酸に応じたりん酸減肥の目安

有効態りん酸 (mg/100 g)	りん酸の減肥割合
50未満 50～100未満 100以上	施肥基準どおり 施肥基準の50% 無施肥

イ 改良資材の施用

(ア) 石灰と苦土の改良

アルカリ資材の施用する場合は、pHだけではなく必ず土壤中の石灰や苦土を測定して、図44のように施用量を算出する。

施用量の算出には、①石灰飽和度、②苦土飽和度、③CEC、④改良深度・作土の深さの測定と、土壌の仮比重が必要である。土壌の仮比重は、土壌の種類によって異なり、黒ボク土は小さく、砂丘未熟土は大きい。

表109 土壌の種類と仮比重

土壌の種類	土壌の仮比重
黒ボク土	0.8
砂丘未熟土	1.2
それ以外	1.0

① 土壌診断を行う。

【診断結果】

- ① 石灰飽和度・・・ 40 %
- ② 苦土飽和度・・・ 5 %
- ③ CEC・・・・・・ 25me
- ④ 改良深度・・・・ 15cm

② 改良目標を設定する。

- ① 石灰飽和度・・・ 60 %
- ② 苦土飽和度・・・ 15 %

③ 土壌の種類を確認する。

④ 石灰と苦土の不足量(mg/100g)を求める。

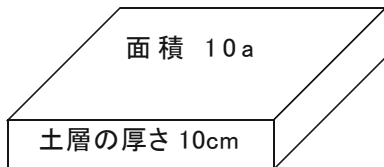
・石灰の不足量(CaOmg/100g)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{石灰飽和度の目標値} - \text{測定値}) \times \text{石灰 1mg 当量の重量} \times \text{CEC}}{100} \\
 &= \frac{(60 - 40) \times 28.0 \times 25}{100} \\
 &= 140\text{mg}/100\text{g} = 140\text{kg}/100\text{t}
 \end{aligned}$$

・苦土の不足量(MgOmg/100g)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{苦土飽和度の目標値} - \text{測定値}) \times \text{苦土 1mg 当量の重量} \times \text{CEC}}{100} \\
 &= \frac{(15 - 5) \times 20.2 \times 25}{100} \\
 &= 50.5\text{mg}/100\text{g} = 50.5\text{kg}/100\text{t}
 \end{aligned}$$

⑤ 石灰と苦土の 10a 当たりの施用量(kg/10a)に換算する。



面積 10a、厚さ 10cm、土壌の仮比重 1 の場合、土壌の重さは 100 t。

・10a 当たり石灰施用量(CaOkg/10a)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{石灰不足量} \times (\text{作土の深さ}) \times \text{土壌の仮比重}}{10} \\
 &= \frac{140 \times 15 \times 0.8}{10} \\
 &= 168\text{kg}/10\text{a}
 \end{aligned}$$

図 44 アルカリ資材の施用量の求め方 (例)

⑥アルカリ資材の施用量を求める。

【使用する資材の保証成分】

苦土炭カル・・・石灰 32 %、苦土 15 %

炭カル・・・・・・・石灰 53 %

【まず、苦土の施用量分を苦土炭カルで施用する。】

苦土炭カル施用量 (kg/10a)

$$= \frac{10a \text{ 当たり苦土施用量} \times 100}{\text{苦土の保証成分}}$$

$$= \frac{60.6 \times 100}{15}$$

$$= 404 \text{ kg/10a}$$

【次に、10a当たり石灰施用量から、苦土炭カルに含まれる石灰量 (kg) を差し引き、残りの石灰施用量分を炭カルで施用する。】

苦土炭カル中の石灰量 (kg)

$$= \frac{\text{苦土炭カル施用量} \times \text{石灰の保証成分}}{100}$$

$$= \frac{404 \times 32}{100}$$

$$= 129 \text{ kg}$$

図 44 の続き

(イ) リン酸の改良

施設土壌では土壌にリン酸が蓄積している傾向にあり、リン酸の改良が必要な土壌は少ない。しかし、ハウス設置後の年数が少ない土壌では、有効態リン酸が改良目標値の下限値 (20mg/100g) より少ないことがあるので、土壌診断により有効態リン酸とりん酸吸収係数を測定し、表110を参考に改良を行う。施用する資材は、土壌のpHや養分状態によって表111のように選択する。不足量が大きい場合は複数年にわたる改良により、目標値への到達を目指す。

表110 有効態リン酸とりん酸吸収係数に応じた20%ようりの
施用量 (改良深度10cm、kg/10a)

りん酸吸収係数	有効態りん酸の不足量 (mg/100g) (改良目標値－測定値)			
	5	10	15	20
2000以上	300	600	900	1200
2000～1500	200	400	600	800
1500～1000	150	300	450	600
1000未満	100	200	300	400

表111 土壌のpHに応じたりん酸肥料の選定

土壌のpH	りん酸質肥料の種類	りん酸の保証成分 (%)	20%ようりんからの換算係数
6.5以上	過りん酸石灰	17.0	×1.18
		20.5	×0.98
5.5～6.5	苦土重焼燐	35.0	×0.57
		20.0	×1.00
	ようりん	23.0	×0.87
5.0未満	ようりん	20.0	×1.00
		23.0	×0.87

ウ 堆肥の施用

堆肥などの有機質資材を施用することは、土壌の機能を維持・向上するために必要である。堆肥の施用量は、施用する堆肥や土壌の種類、作物や栽培体系などにより異なるが、最低でも表112に示した程度の堆肥を施用しないと、地力を維持することができない。

堆肥を施用した場合は、過剰施肥にならないように、堆肥に含まれる肥料成分を考慮して減肥を行う必要がある。堆肥を1t施用した場合の減肥量の目安は表113のとおりであるが、施用する堆肥によって異なることから、実際に施用する堆肥の成分などを踏まえて設定する必要がある。

施設土壌は、露地と比較して地温が高いので、土壌中の有機物が分解する速度が速く、量も多い。そのため、堆肥をなるべく多く施用して土壌に有機物を補ってや

ることが望ましい。しかし、牛ふん堆肥や豚ふん堆肥など家畜ふんを原料とした堆肥は、肥料成分を多く含むため塩類集積を招きやすく、多量に施用することができない。一方、稲わら堆肥やバーク堆肥など作物残さを原料とした堆肥は肥料成分が少ないので、施設土壌の有機物を補うのに適している。

表112 地力の維持に必要な堆肥の最低量

堆肥の種類	施用量 (t /10a)	
	黒ボク土	非黒ボク土
稲わら堆肥	2.5	2.5
バーク堆肥	2.5	2.5
牛ふん堆肥	1.5	1.0
豚ふん堆肥	1.0	0.5

表113 各種堆肥 1 t 当たりの減肥量の目安

堆肥の種類	減肥量 (kg/10a)		
	窒素	りん酸	カリ
稲わら堆肥	0.8	2.0	2.9
バーク堆肥	1.0	3.1	1.8
牛ふん堆肥	2.1	7.0	4.8
豚ふん堆肥	4.0	19.4	6.8

エ 土壌消毒を行った場合の留意点

施設栽培では、収益性が重要視されるため、同じ作物が連続して栽培されることが多い。そのため、土壌病害による連作障害を防ぐため、蒸気や薬剤施用による土壌消毒が行われている。土壌消毒を行った土壌では、次の点に注意する。

(ア) 土壌へのアンモニアの蓄積

土壌消毒を行った土壌にはアンモニアを硝酸に変化させる硝化菌が少なくなっていて、回復するには4週間以上要する。アンモニア生成菌は土壌消毒の影響が少ないため、土壌中にアンモニアが蓄積しやすい。その結果、アンモニアガスによる障害が発生したり、ほうれんそうのような硝酸を好む植物が生育を阻害されたりする。土壌消毒を行ったときは、有機態窒素やアンモニア態窒素肥料の施用は控え、硝化菌がなるべく早く回復するように完熟堆肥などを施用する。

(イ) カルシウムやマグネシウムの吸収阻害

土壌溶液中へのカルシウムの溶出には、硫酸イオンや硝酸イオンが関係していて、これらのイオンが多いとカルシウムの溶出が多くなり、作物による吸収量も増加する。このため、土壌消毒を行った土壌のようにアンモニアが多く硝酸が少ないと、作物のカルシウムの吸収が少なくなり、トマトでは尻腐れ果の発生が多くなる。同様にマグネシウムの土壌溶液への溶出も少ないため、作物のマグネシウムの吸収が少なくなり、きゅうりではグリーンリング症の発生が多くなる。土壌消毒を行った土壌では、カルシウムやマグネシウムの土壌溶液中への溶出が少

ないので、追肥に硝酸態窒素を含んだ肥料を用い、カルシウムやマグネシウムの土壤溶液中への溶出量を増やすようにする。

(ウ) マンガンの可溶化

蒸気消毒の熱によって土壤中のマンガンが可溶化する。対策としては、過りん酸石灰の施用や土壤pHを弱酸性に保つなどが挙げられる。また、可溶性のマンガンは、消毒終了後に急激に減少するため、マンガンの減少を待ってから種、定植すると影響が小さい。

オ 各作物の土壤適応性

(ア) トマト

土壤の適応性は比較的広く、耕土が深く、腐植に富み、透排水性の良い土壤が適する。養分の吸収は土壤水分によって左右されるので、過湿にならない範囲で多いほうが良い。また、通気が良いと根の発達が良く、土壤中の酸素含量が10%前後で最も生育が旺盛になる。根の分布は深さ1m、幅3mにも達するという報告があるが、活力のある根群は50cm以内に多い。

(イ) きゅうり

有機質の多い肥沃で保水性、排水とも良い土壤が適する。根は表層15~20cmに多く分布しているため、乾燥に弱く、乾燥すると先細り果の発生が多くなる。根は湿害にも弱く、土壤中の通気性が良いことも必要である。

(ウ) いちご

土壤適応性は広いが、保水性や通気性の良い肥沃な埴壤土が最も適する。粘質土は排水、乾燥に注意すれば活着後の生育は良く、収量も多い。黒ボク土ではりん酸が欠乏しやすいので注意する。いずれの土壤でも、多肥条件化では葉先枯れ症(チップバーン)などの障害が発生しやすく、極めて低い肥料濃度を好むため、根域を大きくすることが必要である。

(エ) すいか

根は分布が浅く多湿に弱いため、雨水が停滞するような通気性の悪い土壤では、茎葉の衰弱が著しく、枯れ上がりも早くなる。砂質土では初期の根張りを十分にすると、根群が深くなるので乾燥害を受けることが少ない。砂質土や黒ボク土では肥料切れが早いので、収穫期まで草勢を維持するような施肥管理を行う。粘質土では初期の生育がゆっくり進み、充実した茎葉を作りやすく、着果後の草勢も保ちやすい。

(オ) メロン

土壤適応性は比較的広く、砂質土、壤土いずれの土壤でも栽培できる。砂質土では生育が促進され、やや早生化する。浅根性で酸素要求度が高いので、排水の良い通気性に富むところで良好な生育を示す。土壤水分は、生育初期から中期にやや多めに必要とするが、成熟期には少なめにする。この時期に過剰に水分が吸収されると裂果や糖度低下の原因となる。

(カ) ピーマン

土壤に対する適応性は広いが、排水が良好な土壤が適する。乾燥しすぎると生育が劣り、尻腐れ果が発生しやすい。また、過湿にも弱く、湿害を受けると根の

回復が遅い。

(キ) ほうれんそう

地上部に比べて根部が発達しているため、耕土が深く、保水性、排水性とも良い砂壤土が最も適する。酸性土壌には最も弱い作物の一つであり、pH6.0以下では生育収量が劣り、pH5.5以下では発芽が悪くなり、発芽しても黄化し、根も褐変し枯死する。耐肥性は強いが、ECが1.5mS/cm以上になると、塩類障害を受けやすい。

(ク) こまつな

土壌適応性は比較的広く、pHはやや低くても生育するので、ほうれんそうやしゅんぎくなどに比べて作りやすい。有機質に富む粘質土や壤土が栽培に適している。粘質土では肥料持ちがよく病害も少ない。砂質土では肥料切れしやすいので短期間に収穫する作型で栽培する。

(4) 主な生理障害

ア トマト

(ア) 尻腐れ果



a 症状

果実の花つき部分が黒変する。
正常果に比べて早く成熟する傾向にある。

b 原因

土壌中の石灰不足や窒素及びカリ過剰、土壌が乾燥した場合に現れやすい。

c 対策

土壌診断により石灰が不足している場合は石灰資材を十分に施用をする。また、塩基バランスを保つ。十分なかん水を行う。

応急的には0.3~0.5%塩化カルシウムを葉面散布する。

イ イチゴ

(ア) チップバーン（葉先枯れ症：写真は萼のチップバーン）



a 症状

新葉の葉先や萼の先端が褐変する。

b 原因

草勢の強い品種に多く、曇雨天後の晴天日など草勢が強まる時期に発生しやすい。窒素過多、高塩類濃度や夜間の低湿度は発生を助長する。

c 対策

多肥を避け、十分なかん水を実施する。発生部位のカルシウムが不足するため、カルシウム不足と考えられるが、カルシウム剤の葉面散布の効果は小さい。

(イ) 鶏冠果（乱形果）



a 症状

鶏のとさか状の奇形果。

出蕾初期には花べんが2本伸びて同時に開花することによる発生が多い。

b 原因

花芽分化時の窒素過多等の栄養過剰。大苗の利用によって助長される。

c 対策

栄養成長期の窒素過剰の抑制。小苗の利用。

2 土壤改良基準

表114 施設土壤の改良目標値

項 目	目標値
改良深度、作土の厚さ (cm)	20～40
有効根群域の深さ (cm)	50
有効根群域の最高ち密度 (mm以下)	16～20
地下水位 (cm以下)	60
pF1.5の気相率 (%)	30
pH (土 : H ₂ O = 1 : 2.5)	6.0～6.5
EC (土 : H ₂ O = 1 : 5)	0.7以下 (いちごでは0.3以下)
塩基交換容量 (me)	20
塩基飽和度 (%)	70～80
石灰飽和度 (%)	45～65
苦土飽和度 (%)	10～25
カリ飽和度 (%)	3～6
石灰/苦土 当量比	6 以下
苦土/カリ 当量比	2 以上
有効態りん酸 (mg/100g)	20～50

3 施肥基準

主な施設野菜の施肥基準は、土壌診断の結果や土壌の種類、有機物の施用量、作物の品種や作型、栽培方法などによって異なるが、表115の値を参考にする。

表115 主な施設野菜の施肥基準

作物名	施用分量 (kg/10a)			備考
	成分	基肥	追肥	
トマト	窒素	8～10	12～	追肥は第3果房開花以降から1～2日おきに液肥（窒素成分0.5kg/10a）により草勢をみながら行う。
	りん酸	30～35	-	
	カリ	20～26	12～	
きゅうり	窒素	15～20	20～	追肥は収穫始めから8回以上に分けて行い、2回目以降は樹勢をみながら行う。
	りん酸	25～30	-	
	カリ	15～20	20～	
いちご (秋冬どり)	窒素	15～20	3	追肥は花芽分化後に行う。
	りん酸	20	-	
	カリ	15～20	3	
ピーマン	窒素	15	45	追肥は10回くらいに分けて行う。
	りん酸	15	15	
	カリ	15	45	
すいか	窒素	8～10	6～10	1回目の追肥は、着果を確認してから行う。2回目は草勢をみて行う。
	りん酸	20～25	-	
	カリ	8～10	6～10	
メロン	窒素	10	10	追肥は樹勢をみながら2回に分けて行う。
	りん酸	20	-	
	カリ	10	10	
ほうれんそう	窒素	17	-	連作する場合は、前作の残肥をみて施肥量を減じる。
	りん酸	12	-	
	カリ	15	-	
こまつな	窒素	10	-	連作する場合は、前作の残肥をみて施肥量を減じる。
	りん酸	10	-	
	カリ	10	-	

(1) 施肥の各要素

「露地」の3「(1) 施肥の各要素」(p. 141)を参照。

(2) 各作物の施肥及び養分吸収の特徴

ア トマト

栄養生長と生殖生長が同時に行われる。肥料に敏感な作物で、窒素が過剰になる

と栄養生長ばかりが旺盛になり、生殖生長が阻害される。窒素が少ないと生育が衰え減収するので、生育の全期間を通して過不足がないような施肥管理を行う。

養分吸収は、窒素については第1果房肥大期から吸収量が増加するため、この時期から追肥を行い窒素量を増やすが、窒素の多肥はカルシウムの吸収を妨げるので注意する。リンは根の伸長や着色を促すので、幼苗期から肥効を高める必要がある。カリウムは窒素と同様に第1果房肥大期から吸収量が増加するが、一時的に多肥するとカルシウムやマグネシウムの吸収を妨げるので注意する。そのほか、カルシウムは窒素と、マグネシウムはリンと吸収傾向が似ている。

イ きゅうり

養分吸収は、窒素については生育初期から収穫終了時まで連続的に吸収するので、全期間にわたって肥効を持続させる。過剰になると栄養生長が旺盛になりすぎ、「つるぼけ現象」を起こしやすい。リンは果実肥大期から収穫盛期に吸収が多くなる。カリウムは生育初期から収穫後半まで直線的に吸収される。カルシウムは窒素、カリウムと同じような吸収傾向で吸収量も似ている。マグネシウムは収穫期頃から吸収量が増加する。

ウ いちご

好適な肥料濃度レベルが野菜のなかで最も低く、ECは0.2~0.3mS/cm以下が良い。多肥条件下では、チップバーンなどの障害が発生する。養分吸収量は果菜類のなかで最も少ない。窒素とカリの吸収は、生育初期は緩やかに開花開始頃から増加する。リンは生育初期から緩やかに吸収する。カルシウムは窒素とリンの中間的な吸収傾向で、マグネシウムはリンと同じような吸収傾向を示す。

エ ピーマン

肥料に対して鈍感な作物であるが多肥では結実が不良となるので、追肥は10回くらいに分けて行う。窒素の吸収量が多いほど収量が多く、生育初期から収穫末期まで肥効を持続させる必要がある。リンは収穫初期から緩やかに吸収し、カリウムは収穫開始期から吸収量が増加する。カルシウムの吸収は緩やかで、マグネシウムの吸収は収穫最盛期に多いので、収穫期から肥効を高める。

オ すいか

窒素については生育初期に子づるの本数を確保するために必要であり、雌花開花期や着果初期はやや抑え、果実の肥大期には肥効を高める。ユウガオ台木すいかはマグネシウムの吸収が悪く、欠乏症が発生しやすいので、カリとのバランスが悪くならないように管理する。

カ メロン

トマトやいちごと比較すると、カリ、石灰、苦土など塩基類の要求度が高い。栄養生長期には生育に見合った養分の供給が必要であり、この時期の養分の不足は着果の不具合や障害果の原因となりやすい。果実肥大期は最も養分吸収が行われる時期なので、養分を十分に供給するとともに土壤水分も多めに管理する。果実の成熟期の窒素の過剰吸収は糖度低下の原因となるので注意する。

キ ほうれんそう

生育期間が短いので全量基肥栽培を行なう。追肥は行わないが、生育後期に生育

の衰えが見られる場合は葉面散布を行う。連作する場合は、前作の残肥量を確認して施肥量を決定する。

窒素の形態は硝酸態を好むので、アンモニア態窒素を多く施用すると生育が阻害される。地上部に比べて根部が発達しているため、根量を確保するためにりん酸の肥効を高める。カリは初期生育のために重要である。施肥の効果が高く、耐肥性も強いが、ECが1.5mS/cm以上になると、塩類障害を受けやすい。

ク こまつな

養分吸収量は比較的少ないが、短時間に吸収され、特に窒素とカリが生育、収量に大きく影響する。生育期間が短いので、基肥を主体に施用する。生育期間が長くなる作型では、生育状況を見ながら追肥を行う。

4 適正施肥

(1) 窒素の施肥

窒素の減肥は、作付前土壌の硝酸態窒素に応じて行う。

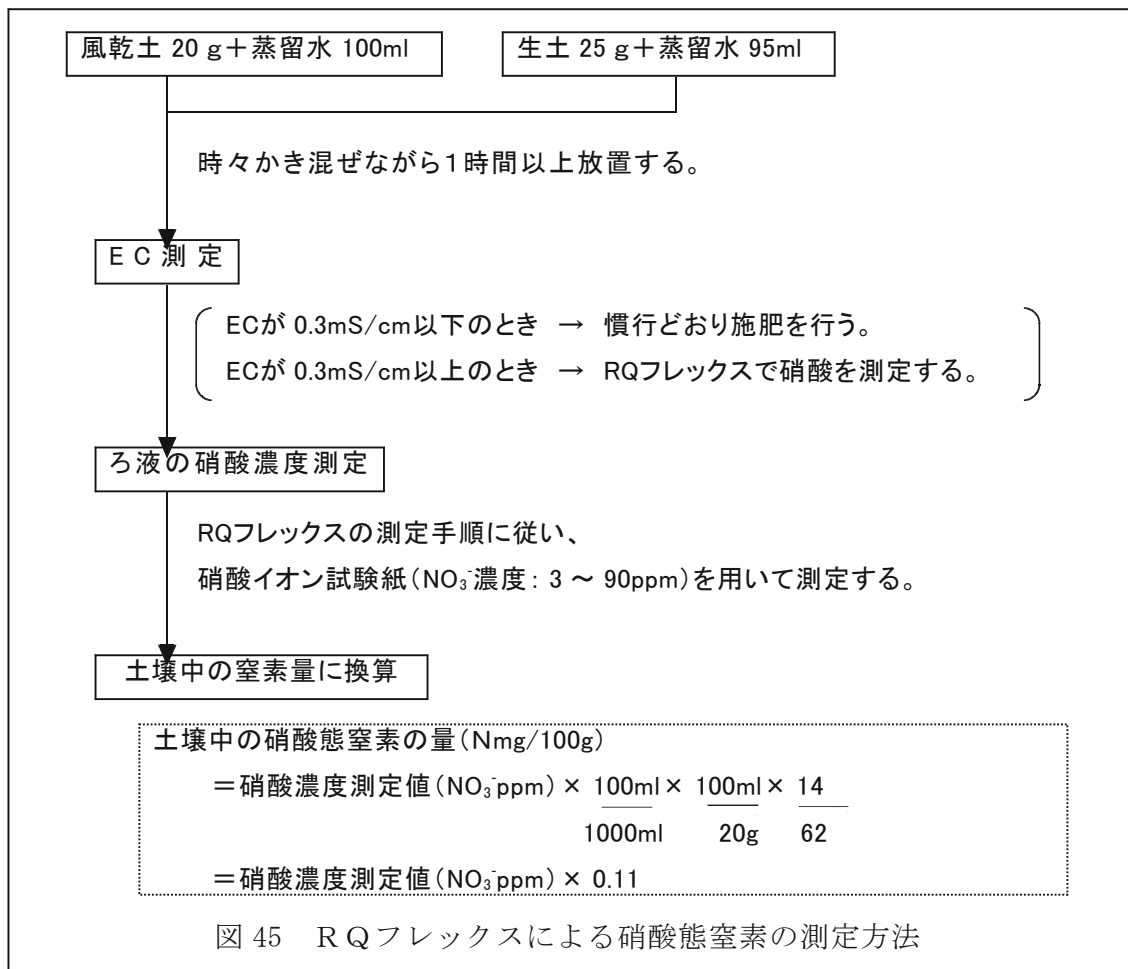
施設土壌では降雨などによって土壌中の肥料成分が溶脱しないので、前作で吸収されずに土壌に残った窒素は、そのまま次作に利用することができる。

ECが高い土壌では、土壌中に窒素が多く残っている可能性が高いが、施設土壌では窒素(=硝酸イオン)のほかにも硫酸イオンや塩素イオンなどの水溶性塩類が多く残っている土壌が多いので、ECが高いにも関わらず土壌中に窒素分が多くない場合もある。

そのため、施設土壌では、土壌に残っている硝酸態窒素をRQフレックスなどで測定して、窒素肥料を減らす必要がある(表116、図45)。

表116 硝酸態窒素に応じた窒素の減肥量の目安

硝酸態窒素 (mg/100 g)	窒素の減肥量 (kg/10a)
10以下	施肥基準どおり
11～15	5
16～20	10
21～25	15
26～30	20
31～35	25
36以上	無施肥



(2) リン酸の施肥

リン酸の減肥は、作付前土壌の有効態りん酸に応じて行う。

施設土壌の有効態りん酸の改良目標値は20~50mg/100gである。しかし、現在の施設土壌では、有効態りん酸が20mg以下の土壌は非常に少なく、大部分の土壌は50mg以上と過剰な状態で、200mgを超えている土壌も見られる。今後の更なる蓄積を防ぎ、肥料コストを削減するためにも、有効態りん酸が多い土壌では表117を目安にりん酸を減肥する。

表117 有効態りん酸に応じたりん酸減肥の目安

有効態りん酸 (mg/100g)	りん酸の減肥割合
50未満	施肥基準どおり
50~100	施肥基準の50%
100以上	無施肥

(3) カリの施肥

カリの減肥は、作付け前土壌のCECと交換性カリ量を目安に下表により行う。

表118 CECと交換性カリに応じたカリ減肥の目安

CEC (me)	交換性カリ (mg/100g)	対応するカリ飽和度 (%)	カリの減肥割合
10以下	25～50	5～11	50%
	50以上	11以上	無施肥
11～15	35～70	5～10	50%
	70以上	10以上	無施肥
16～20	45～70	5～7	50%
	70以上	7以上	無施肥
21以上	60～70	5～6	50%
	70以上	6以上	無施肥

注 岩手県減肥基準