

Ⅱ 土づくりと施肥改善

1 施肥の考え方

1-1 環境保全型農業における土づくりの考え方

(1) 環境問題と農業

農業は、太陽エネルギーを有効に利用しながら、自然生態系の物質循環システムの中で、人間生活に有用な資源を得るという点で、本来環境との調和に基礎をおく産業であるとともに、環境保全にも寄与してきた。しかしながら、近年、環境に対するマイナスの面の影響が注目されるようになった。今後、農業生産の持続的発展を図るためには、環境に対するプラスの機能を維持増進するとともに、マイナスの影響をできる限り軽減し、環境との調和を図ることが重要となっている。

こうした農業のあり方に対する認識は、先進国を中心とした国際的な潮流となっており、国も率先した事業展開を行っている。本県のように都市住民の多い自治体では、環境と調和した農業生産の確立が非常に重要な課題である。

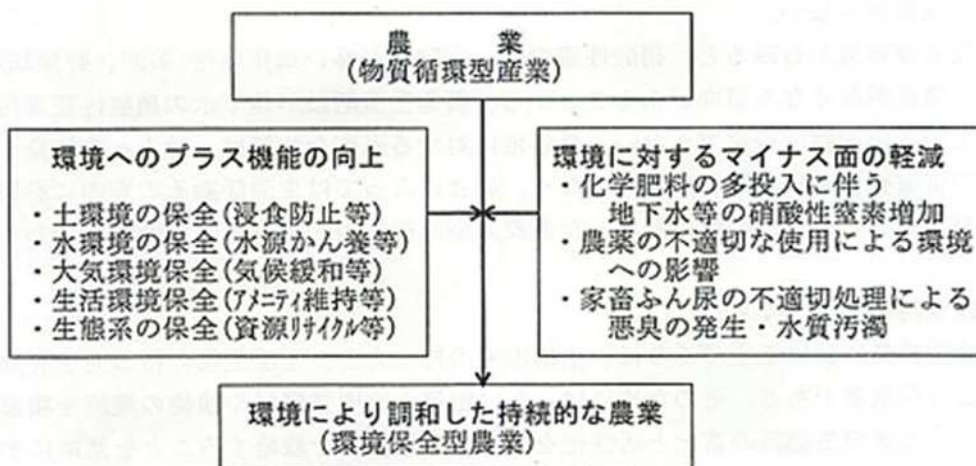


図 1-1 農業生産が環境に及ぼす機能（茨城県環境保全型農業資料より作成）

(2) 農業生産と地下水汚染

農業による環境汚染の要因には、メタンや亜酸化窒素等の温室効果ガスの発生、過剰な施肥、農薬の不適切な取扱いや保管中の漏えい、廃棄等がある。このなかでも、施肥や家畜ふん尿による地下水の硝酸性窒素汚染は、長年大きな問題となっている。硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素が一定量以上含まれる水を摂取すると、乳児を中心に血液の酸素運搬能力が失われ酸欠になる疾患（メトヘモグロビン血症）を引き起こす。このため、平成 11 年に、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素（以下「硝酸性窒素等」という。）について 10mg/L 以下と地下水の水質汚濁に係る環境基準が定められた。これにより、関係行政機関は硝酸性窒素等による地下水の汚染状況を常時監視し、環境基準の超過が認められたときは、健康被害を防止するため、周辺調査や原因究明等の対策を講じることとなった。

硝酸性窒素等は、地下水の環境基準項目の中で最も超過率が高いほか、環境基準を超過した状態が長期にわたり継続しているため、地域及び汚染の特性に応じて汚染の原因別に有効な窒素の負荷軽減対策の実施が急務となっている。そこで、環境省は、平成 13 年 7 月に硝酸性窒素汚染対策の技術的ガイドラインとして、水質汚染の調査並びに対策手法を内容とする「硝酸性窒素及び亜硝酸

性窒素に係る水質汚染対策マニュアル」のほか、農林水産省とともに汚染原因のうち施肥に関する対策を地域において効率的に進めるための「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素に係る土壌管理指針」等を策定した。その後、これらの内容を踏まえ、新しい知見や対策事例などを盛り込んだ「硝酸性窒素等地域総合対策ガイドライン」が令和3年3月に公表されている。

環境省が公表した令和2年度の全国の地下水質測定結果では、概況調査2,871地点中94地点で硝酸性窒素等の濃度が環境基準を超過していた(超過率3.3%)。本県における令和2年度の概況調査結果では、206地点中8地点で環境基準を超過しており(超過率3.9%)、超過率は全国調査結果をやや上回っていた。

また、地下水汚染事例に関する実態把握調査結果によると、令和2年度末までに都道府県等が把握している硝酸性窒素等による地下水汚染事例で、原因が「特定または推定」とされているのは、全体の58%であった。その原因の93%が「過剰の施肥」であり、農業生産活動が地下水の硝酸性窒素汚染に関与している可能性は否定できない。農耕地に対する過剰な施肥は、地下水の汚染や湖沼、河川の富栄養化を引き起こすだけでなく、場合によっては生産活動そのものに影響する可能性があることから、環境に配慮した低投入型施肥技術の確立は緊急の課題である。

(3) 環境保全型農業における土づくり

環境保全型農業における土づくりは、土壌本来の持つ力と、土壌生物の持つ力を有効に活用することが重要である。そのためには、堆肥等の有機質資材や植物の機能を積極的に活用して、土壌の生態系の富化と活性化を図りながら作物を栽培することを基本にする。土づくりの目的は、図1-2に示したように、作物の生育を促すための養分供給を目的とした化学性の改善、根張りをよくするための物理性の改善、根圏環境改善のための生物性の改善が柱になっている。

環境保全型農業であっても可能な限り高い収量・品質を確保することが必要であり、それに見合った養分が供給される必要がある。そのためには、堆肥や有機質肥料を基本として施肥するが、養分の不足分は化学肥料で補い、養分全てを有機物に頼るわけではない。過度に有機物に依存した施肥体系を長期間継続すると、全窒素、交換性陽イオン、可給態リン酸等が蓄積し、土壌養分のアンバランスを生ずる場合もあるので注意が必要である。このことから、有機物の利用を基本とする環境保全農業の土づくりにおいては、これまで以上に土壌診断に基づく施肥が重要となってくる。

作物の良好な生育のためには、土壌の物理性の改善が必要である。現在の耕うんは、トラクターなど重量機械によることが多いえロータリーが用いられるため、下層土に圧密層の形成されるほ場が少なくないので、深耕による根圏環境を改善する必要がある。また、輪作体系に深根性の作物を取り入れ、下層土の構造を改善することが望ましい。

土壌の生物性を増進するには、完熟した堆肥などの有機物を適量施用し、土壌生物に栄養分を与え活性化するとともに、同一作物の連作ではなく、異種作物の輪作、間作や混作を行うことにより、微生物の多様性を図ることが必要である。

現在の土づくりには、①地力の維持・向上、②地域の物質循環、③環境汚染の軽減、④土壌生物多様性の維持によって、地域環境と調和した作物の高品質・安定生産が求められている。

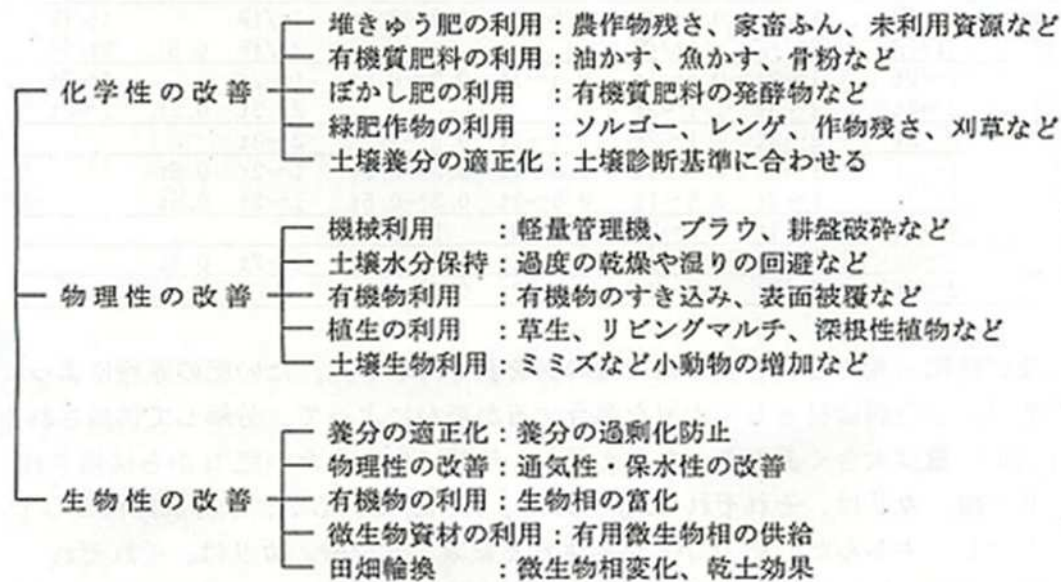


図 1-2 環境保全型農業における土づくり技術体系図

1-2 地力窒素の役割

土壌中の窒素は、有機態窒素と無機態窒素に大別されるが、作物が直接利用可能な形態は、主に無機態窒素である。しかし、土壌中の無機態窒素の割合は少なく、大部分は有機態窒素で存在する。有機態窒素の大部分は難分解性であるが、一部は土壌微生物によって徐々に分解され、無機態窒素に変化して作物に利用される。この有機態窒素のうち、無機化して有効化する窒素を地力窒素という。地力窒素は主としてタンパク態窒素、アミノ酸態窒素、アミノ糖態窒素などの易分解性窒素が供給源となっている。

イネが吸収する地力窒素の割合は施肥窒素より多いため、地力窒素の診断は主に水田土壌を対象としてきた。しかし、施肥による環境負荷軽減のためには、図 1-3 に示したように、地力養分（窒素）や堆肥窒素を勘案して施肥窒素を減らす工夫が必要となる。一方、昭和 54 年に開始された土壌環境基礎調査の 20 年間の調査結果によれば、本県の飼料畑や茶園土壌では地力窒素水準が高く、経年的な上昇傾向を示している。地力窒素は地温に依存し、地温が高いと無機化量も多くなる。したがって、梅雨期には無機化窒素量の増加と多雨により、硝酸の溶脱が促進されるため、地力窒素水準が高いほ場では、裸地を避けて作物による窒素の回収を図る必要がある。

水田の地力窒素の診断は、乾土効果による推定、有効積算温度による推定、速度論的予測法があるが、時間を要する培養操作が不可欠である。簡易法として、リン酸緩衝液抽出法が提案されている。本法は、抽出された窒素量が培養法によって得られる窒素量と相関が高いことを利用したものである。図 1-3 は、抽出窒素量と輪換田水稻（コシヒカリ）の玄米収量との関係を示したものである。診断基準値は、抽出 N 5 mg/100 g 以下；基肥 N は連年水田と同等、抽出 N 5～7 mg/100 g；基肥 N 2 kg/10 a、抽出 N 7～8 mg/100 g；基肥 N 1 kg/10 a、抽出 N 8～9 mg/100 g；基肥 N 無施用、抽出 N 9 mg/100 g 以上；コシヒカリは全面倒伏するため耐倒伏性品種の導入となっている。

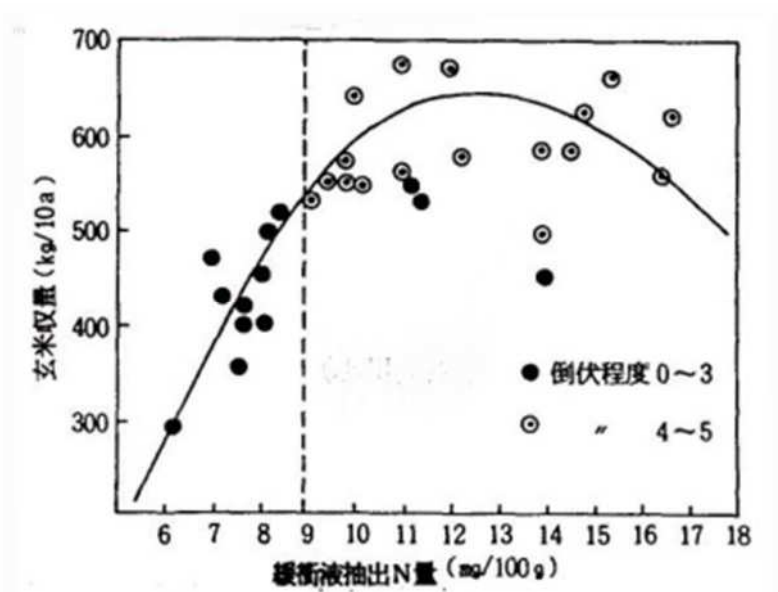


図1-3 抽出N量と輪換田水稻（コシヒカリ）の玄米収量との関係（小川、1990）

また、近年では、絶乾土（水分を含まない状態）に調整した水田土壤に25℃の水を加え、1時間振とう、ろ過し、ろ液の有機態炭素量（TOC）を測定する手法が（国研）農研機構より提案されているので、参考にしてほしい。

水田土壤可給態窒素の簡易・迅速評価マニュアル

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/062019.html

なお、畑条件における地力窒素の推定は、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センターや千葉県農林総合研究センター等からいくつかの方法が提案されている。こうした方法を利用する場合は、前提条件や推定式の内容等をよく理解して、適応範囲を見誤らないようにすることが重要である。

詳細については、以下の資料を参考にしてほしい。

野菜作における可給態窒素レベルに応じた窒素施肥指針作成のための手引き（出典先：農研機構）
可給態窒素施肥算出シート「ぱっくちゃん ver6.3」（EXCEL：599KB）など

<https://www.pref.kagoshima.jp/ag11/pop-tech/nenndo/oyakudatimanyuaru.html>

千葉農総研研報（BuUChiba, Agric, Res, Cent.）7：35-40（2008）

煮沸浸出法による畑土壤の可給態窒素量の推定、八槇 敦

https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-nourin/nourin/kenkyuhoukoku/documents/carc07e0_p035_040.pdf

土壤の可給態窒素分析法と課題土壤の可給態窒素分析法と課題

日本土壤肥料学雑誌 83 巻 5 号、p. 625-629（2012 年 10 月）

著者名 松永 俊朗 森泉 美穂子

<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010833828.pdf>

2 土壌管理

2-1 県内に分布する土壌の種類

土壌はその生成状況によって多種多様の性質を有しており、施肥管理においてもその土壌の性質にあわせた管理を行うことが有効である。土壌は、概ね深さ1 m程度までの範囲で、母材、堆積様式がほぼ同一と考えられ、土壌生成学的にはほぼ同一の断面形態をもった一群として分類される。土壌の分類体系は様々なものが提案されているが、ここでは、地力増進法に基づく地力増進基本指針に示されている農耕地土壌分類第2次案の土壌群を単位として、主な性質を以下に示す。

(1) 砂丘未熟土

多摩川、相模川、中津川の河川敷、相模湾の海岸線に分布し、腐植含量は少なく、深い砂質層からなる。

(2) 黒ボク土

黒ボク土は、火山灰等の火山放出物を母材とする土壌で、壤質～粘質の腐植に富む黒色の土壌が相模原台地を中心として、三浦半島、横浜市、川崎市の多摩丘陵南部地域、相模原市、厚木市等に分布し、やや砂質の土壌（火山砂土壌）が、秦野市から山北町に至る線に分布している。リン酸吸着力が大きいのでリン酸欠乏を起しやすく、塩基の保持力が弱いため酸性化しやすい。また、軽しような土壌のため、風触害を受けやすい。黒色の腐植層を持たない黄褐色の土壌であっても、火山灰が母材でリン酸吸収係数が高ければ、黒ボク土に分類される（淡色黒ボク土）。県内の畑土壌では占める割合が最も多い土壌である。

(3) 多湿黒ボク土

多摩川、鶴見川、境川、相模川の各流域に分布する。火山灰が水の力によって運ばれ、再堆積してできた土壌であり、台地や丘陵地の低位部にある谷津田に分布し、半湿田が多い。有機物含量が高く、水稻栽培に際しては、土壌の還元による根の障害が発生しやすい。このため、暗きよ等、排水促進のための工事が必要である。一部の土壌については、裏作に耐湿性野菜の導入が可能であるが、畑利用の場合は、特に排水に留意しなければならない。

(4) 黒ボクグライ土

多湿黒ボク土とほぼ同様な地域に分布し、生成過程も多湿黒ボク土と同様である。土壌断面にグライ層を伴う強湿田で、土地利用は水田に限られる。

(5) 褐色森林土

三浦半島北部、三浦丘陵地、江ノ島台地、大磯丘陵に分布している。土性が粘質の細粒褐色森林土、砂質の中粗粒褐色森林土、土層が浅いれき質褐色森林土からなる。

腐植含量は少なく、黄褐色から灰褐色であり、酸性である。

(6) 褐色低地土

多摩川、鶴見川、相模川、酒匂川の各流域及び三浦半島地域に分布する。河川流域の自然堤防等の高位面に分布し、最も酸化的な断面形態を示す乾田土壌である。水田と畑地に利用できるが、作物の栽培にあたっては、塩基類の補給を行い、有機物を積極的に施用する。

(7) 灰色低地土

多摩川、鶴見川、相模川、酒匂川の各流域及び三浦半島地域に分布する。河川の上中下流全域の比較的高位面に存在する。土壌は酸化が進み、灰色～灰褐色である。作物の栽培にあたっては、塩基類の補給を行い、有機物を積極的に施用する。

(8) グライ土

本土壌群のうち、作土直下からグライ層が出現する強グライ土は、鶴見川、相模川、酒匂川の各流域と、三浦半島及び山間地域に分布する。強グライ土は、地下水位の高い排水不良の強湿田で、夏期の高温時には、土壌の異常還元による根腐れが発生する恐れが多い土壌である。また、表層が灰色土層で下層がグライ層であるグライ土は、多摩川、鶴見川、境川、酒匂川の各流域及び三浦半島に分布する。河川の中～下流域に多く分布し、強グライ土よりやや高位面に存在する。強グライ土よりも地下水位が低下し、排水も良好なため、表層が酸化されて灰色の土層となるが、下層にはグライ層が出現する半湿田であり、土壌還元による根腐れの恐れがある。強グライ土、グライ土ともに、暗きょ排水等による透水性の向上を図る必要がある。また、ケイカル等の施用により、石灰、苦土、ケイ酸等の養分を高めることも重要である。裏作に野菜を導入する場合は、特に排水に留意し、耐湿性の強い作物を作付ける。グライ層とは土壌断面における青灰色の層で、地下水などの影響で酸素が不足し、鉄が還元され亜酸化鉄となっている。ジピリジル液で赤色を呈する。

(9) 黒泥土

鶴見川、相模川の各流域及び三浦半島地域に分布する。この土壌は、過去、湿地帯に繁茂していたヨシやマコモ等の有機物が、現在でも徐々に分解しているため、酸素が欠乏した還元的な土壌である。このため、土壌還元による根の障害が発生する恐れが大きい。暗きょ排水等の生産基盤の整備を行い、水管理を良くし、珪カルや無硫酸根肥料を施用することにより、根の健全化を図る必要がある。施肥管理は、基肥に施用する窒素量を控え目にし、中間追肥は避けて中干しを十分に行い、穂肥に重点をおくようにする。稚苗田植機栽培もこれに準ずる。

(10) 灰色台地土、赤色土、黄色土

県内ではごくわずかに分布する土壌である。灰色台地土は、ほぼ平坦な洪積台地上に分布し、地下水や灌漑水の影響を受けて、灰～灰褐色の土層をもつ土壌で、大磯丘陵に分布し、タマネギ等の畑作物が栽培されている。赤色土と黄色土は、県西地域の樹園地にみられ、周囲の黒ボク土と比較して、酸性で緻密である場合が多い。

(11) 造成土（人工改変土）

農地においても天地返し、客土、農地造成が行われており、三浦半島などにおいては造成土に分類される農地は多い。昭和30年代以降に深さ35cm以上を攪拌された地域や、埋立地や造成地を人工改変土とも呼ぶ。作物の栽培においては土壌診断を行い、土壌改良を実施する必要性が高い。

県内の土壌の分布状況は、農研機構(国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構)農業環境変動研究センターの日本土壌インベントリーより確認できる。(<https://soil-inventory.rad.naro.go.jp/figure.html>)

しかし、用排水路の整備や区画整理、客土や天地返し等の土地改良によって、土壌が改変されている場合もみられる。特に、土壌診断にあたっては、黒ボク土かそれ以外の土壌(沖積土等)かは処方箋作成上大きく関わってくる。閲覧システムから得られた情報とあわせて、実際に深さ1m程度までの土壌の状態を観察して土壌を分類し、その基本的な性質を把握することが重要である。

2-2 水田の土壌管理

(1) 地力増進基本指針における水田の改善目標

土壌の種類別及び利用形態別の基本的な土壌管理の目標値としては、昭和59年に制定された地力増進法（平成23年一部改正）に基づく地力増進基本指針がある。水田における基本的な改善目標は以下のとおりである（表2-1）。

表2-1 水田の基本的な改善目標（地力増進基本指針より）

土壌の性質	土壌の種類	
	灰色低地土、グライ土、黄色土、褐色低地土、灰色台地土、グライ台地土、褐色森林土	多湿黒ボク土、泥炭土、黒泥土、黒ボクグライ土、黒ボク土
作土の厚さ	15cm以上	
すき床層のち密度	山中式硬度で14mm以上24mm以下	
主要根群域の最大ち密度	山中式硬度で24mm以下	
湛水透水性	日減水深で20mm以上30mm以下程度	
pH	6.0以上6.5以下（石灰質土壌では6.0以上8.0以下）	
陽イオン交換容量（CEC）	乾土 100g 当たり 12meq（ミリグラム当量）以上（ただし、中粗粒質の土壌では8meq 以上）	乾土 100g 当たり 15meq 以上
塩基状態	塩基飽和度	カルシウム（石灰）、マグネシウム（苦土）及びカリウム（加里）イオンが陽イオン交換容量の70～90%を飽和すること。
	塩基組成	カルシウム、マグネシウム及びカリウム含有量の当量比（65～75）：（20～25）：（2～10）であること。
有効態りん酸含有量	乾土 100g 当たり P ₂ O ₅ として10mg以上	
有効態けい酸含有量	乾土 100g 当たり SiO ₂ として15mg以上	
可給態窒素含有量	乾土 100g 当たり Nとして8mg以上20mg以下	
土壌有機物含有量	乾土100g当たり2g以上	—
遊離酸化鉄含有量	乾土100g当たり0.8g以上	

- 注1 主要根群域は、地表下30cmまでの土層とする。
 注2 日減水深は、水稻の生育段階等によって10mm以上20mm以下で管理することが必要な時期がある。
 注3 陽イオン交換容量は、塩基交換容量と同義であり、本表の数値はpH7における測定値である。
 注4 有効態りん酸は、トルオーグ法による分析値である。
 注5 有効態けい酸は、pH4.0の酢酸-酢酸ナトリウム緩衝液により浸出されるけい酸量である。
 注6 可給態窒素は、土壌を風乾後30℃の温度下、湛水密閉状態で4週間培養した場合の無機態窒素の生成量である。
 注7 土壌有機物含有量は、土壌中の炭素含有量に係数1.724を乗じて算出した推定値である。

(2) 水田の土壌区分と施肥法

県内の水田はいくつかの土壌区分に分けることができ、その各々に対して適正な施肥を行う必要がある。「I 作物別三要素施肥基準」では、主要な施肥法として中肥地帯における施肥量を示したが、土壌の種類に応じて施肥量を調整する。

ア 水稻移植栽培

少肥地帯は、多湿黒ボク土～黒泥土に属する湿田が対象になる。湿田土壌の特徴は、水分が多く減水深が小さいため、酸素の供給が制限されて、特に、夏期には旺盛な微生物活動により還元状態となり、有機物の分解が遅れて集積する傾向にある。このため、湿田では還元状態の助長を防ぐため、通常、堆肥等の有機物は施用しない。また、夏期に水温や地温が上昇すると、微生物の旺盛な活動によって窒素が可給化するため、窒素の施用量は少肥傾向となる。

中肥地帯は、多湿黒ボク土～グライ土に属する半湿田～乾田で、水分や腐植含量が、湿田と

乾田の中間を示す水田である。

多肥地帯は、褐色及び灰色低地土に属する乾田である。乾田土壌の特徴は、水分の影響が少ないため土壌の酸化が進み、有機物の集積傾向が小さいことにある。一般的に地力窒素の供給量も少なく、水稻への窒素の施用量が最も多い地域であり、堆肥等の有機物も積極的に施用する。

イ 乾田直播栽培

水稻の乾田直播栽培には、排水良好で作土の碎土が容易な壤質土壌が適している。反対に不適な土壌は、グライ層の位置の高いグライ土壌、排水不良でかつ碎土困難な粘質土壌、黒泥土壌に多く見られる降水時に滞水しやすい土壌、播種時に乾燥しやすい土壌、肥料の流亡が大きい土壌等である。

(3) 水田の高度利用

水田は、一般に河川沖積地の低位面に分布するため、その高度利用にあたっては、土壌の性質と環境を十分に把握しておく必要がある。水田の畑地化にとって最も重要なことは、土層の排水状態が良好であり、かつ作土が過湿にならないことである。水田高度利用可能性のおおよその目安は、次のとおりである。

畑転換が困難：黒泥土、グライ土(強グライ土)、黒ボクグライ土(強湿田)

畑転換が耐湿性作物に適：グライ土、多湿黒ボク土(半湿田)

畑転換が容易：灰色低地土、褐色低地土(乾田)

水田の畑転換にあたっては、次の諸点に留意して適作物を導入する必要がある。

- ① 集団転換が排水面で効果的な場合が多い。
- ② 作物の湿害は冬期より夏期に大きく現れる。
- ③ 下層に砂れき層を伴う土壌では栽培作物の種類に制限を受ける場合がある。

なお、作物の種類と地下水位の管理基準の目安は、表 2-2 のとおりである。

(4) 水田土壌の保全対策

近年、乾田においては、堆肥等、有機物施用量の減少に伴い地力が減退し、収量の低下が懸念されている。また、有機物過多の湿田では、水管理の放任により土壌還元が高まる傾向にあり、根腐れ症状の発生や土壌の窒素供給力の増大が、水稻の倒状や登熟不良を増加させている。河川流域の浅耕土漏水田では、鉄欠乏により秋落ち現象が見られるので、次に述べる改善対策を推進する必要がある。

ア 乾田の地力維持対策

乾田には堆肥の施用が望ましいが、困難な場合には、10 a 当たり 400kg 程度の生わらをすき込む。しかし、生わらすき込みは、生育阻害の原因となる有機酸の生成や、温室効果ガスの一つであるメタンガスの発生を助長するため、秋すき込みを原則とする。乾田直播栽培では、一般に移植栽培より生わら施用の効果が高いとされているが、気象条件によっては土壌が乾燥し、発芽不良が生じることがあるため、なるべく早めに生わらをすき込むようにする。

イ 有機物過多・強湿田対策

このタイプの水田では、中干し、間断かんがい等を適期に実施して、土壌の還元力を弱めて根の健全化を図る。また、倒伏抵抗性を増進させるために、ケイカルを 10 a 当たり 150~200kg 施用する。ケイカルの施用は耕起時または代かき時に行い、作土とよく混合する。労力の都合によっては、冬期に施用してもよい。10 a 当たり 3~5 t の優良粘土の客土や、10 a 当たり 300~500kg の含鉄資材の施用は、水稻の根腐れ症状の軽減対策として有効である。

ウ 浅耕土・漏水田対策

漏水防止には、畦畔をビニールで被覆し、ベントナイトを 10 a 当たり 1 t 施用する。また、土壌養分を富化する目的で、10 a 当たり少なくとも 1 t 程度の堆肥や 400～500kg 程度の生わらの施用に努め、10 a 当たり 5 t 程度の客土や 300kg 程度の含鉄資材を施用する。なお、被覆肥料の利用は、施肥効率を向上させるのに有効である。

表 2-2 畑作物の地下水位管理基準

作物名	望ましい地下水位			より適した 地下水位(cm)	その時の収量 (kg/a)
	10	50	100cm		
サトイモ				28～33	350～380
シヨウモリ				25～31	220
ニンジン(春まき)				40以下	150
ニンジン(秋まき)				60以下	180
ニク				32以下	130
タマネギ				49以下	600
ヤマモイモ				41以下	400
ホウレンソウ				66以下	280
シユンギク				47以下	320
キャベツ(夏まき冬どり)				35以下	420
キャベツ(極早生晩まき)				32～55	540
ハクサイ				36以下	1,080
レタ				36～46	550
ハナヤサイ				70以下	80
ブロッコリー				40以下	70
スイートコーン				30以下	130
インゲン				75	70
イカリ				71	380
キウイ				33	630
ユボ				32以下	110
ナス				25以下	800
ピーマン				30以下	250
トマ				36	620
アズキ				100以下	—
ラッカセイ				45以下	220
ダイズ				31以下	30
ソバ				34以下	18
サトイモ				90	860
秋まきコムギ				23以下	59
秋まき六条オオムギ				66以下	69
秋まき二条オオムギ				53以下	71
クレインソルガム				57以下	51

茨城県農業試験場龍ヶ崎試験場(1977～80年)

2-3 畑の土壤管理

(1) 地力増進基本指針における普通畑の改善目標

水田と同様に、地力増進法（平成23年一部改正）に基づく地力増進基本指針を以下に示す（表2-3）。

表2-3 普通畑の基本的な改善目標（地力増進基本指針より）

土壤の性質	土壤の種類		
	褐色森林土、褐色低地土、黄色土、灰色低地土、灰色台地土、泥炭土、暗赤色土、赤色土、グライ土	黒ボク土、多湿黒ボク土	岩屑土、砂丘未熟土
作土の厚さ	25cm以上		
主要根群域の最大ち密	山中式硬度で22mm以下		
主要根群域の粗孔隙量	粗孔隙の容量で10%以上		
主要根群域の易有効水分保持能	20mm/40cm以上		
pH	6.0以上6.5以下（石灰質土壤では6.0以上8.0以下）		
陽イオン交換容量（CEC）	乾土 100g 当たり 12meq（ミリグラム当量）以上（ただし、中粗粒質の土壤では 8meq 以上）	乾土 100g 当たり 15meq 以上	乾土 100g 当たり 10meq 以上
塩基状態	塩基飽和度	同左イオンが陽イオン交換容量の60～90%を飽和すること。	同左イオンが陽イオン交換容量の70～90%を飽和すること。
	塩基組成	カルシウム、マグネシウム及びカリウム含有量の当量比(85～75)：(20～25)：(2～10)であること。	
有効態りん酸含有量	乾土 100g 当たり P ₂ O ₅ として 10mg以上75mg以下	乾土 100g 当たり P ₂ O ₅ として 10mg以上100mg以下	乾土 100g 当たり P ₂ O ₅ として 10mg以上75mg以下
可給態窒素含有量	乾土 100g 当たり Nとして5mg以上		
土壤有機物含有量	乾土100g当たり3g以上	—	乾土100g当たり2g以上
電気伝導度	0.3mS(ミリジーメンズ)以下		0.1mS以下

注1 水田の基本的な改善目標の注3,4及び7を参照すること。

注2 作土の厚さは、根菜類等では30cm以上、特にごぼう等では60cm以上確保する必要がある。

注3 主要根群域は、地表下40cmまでの土層とする。

注4 粗孔隙は、降水等が自重で透水することができる粗大な孔隙である。

注5 易有効水分保持能は、主要根群域の土壤が保持する易有効水分量(pF1.8～2.7の水分量)を、主要根群域の厚さ40cm当たりの高さで表わしたものである。

注6 pH及び有効態りん酸含有量は、作物又は品種の別により好適範囲が異なるので、土壤診断等により適正な範囲となるよう留意する。

注7 可給態窒素は、土壤を風乾後30℃の温度下、畑状態で4週間培養した場合の無機態窒素の生成量である。

(2) 畑の土壤区分と施肥法

本県の畑土壤の大部分は、箱根、富士火山の影響を受け、火山噴出物によって覆われている。土壤群として分類すると砂丘未熟土、黒ボク土、褐色森林土及び人工改変土などである。旧農業総合研究所（現農業技術センター）の地力保全調査事業成績書、各地域別の生産可能性分級図及び同対策図では、畑土壤を、母材、堆積様式、土性等で土壤区分に細分し、土壤区毎に土壤改良対策を明らかにしている。それらを参照し、各々の土壤条件に即した土壤改良を実施した上で、施肥基準に基づいた合理的な施肥を行うようにする。

施肥基準の一般畑作物については、栽培作物の種類が多く、また、気象等の環境条件により施肥効果も大きく異なるため、土壤区毎の施肥技術を詳細に示すことができない。そのため可能な限り、火山灰土（黒ボク土）と沖積土に分けて施肥基準を示した。また土壤の種類を実用上区分する必要のないものについては、一括して表示することとした。

(3) 畑土壌における改良対策

火山灰に由来する土壌の改良対策として重要なものは、アルミニウムによる害(バン土質土壌)の改良がある。火山噴出物を母材とする土壌は塩基類やケイ酸の溶脱により土壌中のアルミニウムの割合が増加しやすい。このアルミニウムが土壌中の有機物やリン酸と結合し土壌の地力を減少させてしまう。この対策には堆肥とリン酸の多量施用が最も効果的である。また、下層に盤層が存在し、根の伸長を阻害している畑では、深耕、土層改良等を積極的に行う必要がある。

本県の主要な畑土壌である黒ボク土の化学性の変化は、昭和 54 年より行っている土壌環境基礎調査(現、土壌機能モニタリング調査)における定点調査の結果から、この 20 年間に、pH は適正な範囲内ではほぼ一定、可給態リン酸は基準値の上限近くで変動が少なく、交換性カリは増加傾向にあり過剰気味になっている。可給態窒素は減少傾向にあり、地力の低下がみられる。これは、有機物の施用が減少したことなどが原因として考えられる。

2-4 樹園地の土壌管理

(1) 地力増進基本指針における樹園地の改善目標

水田や畑と同様に、地力増進法(平成 23 年一部改正)に基づく地力増進基本指針を以下に示す(表 2-4)。

表 2-4 樹園地の基本的な改善目標(地力増進基本指針より)

土壌の性質	土壌の種類		
	褐色森林土、黄色土、褐色低地土、赤色土、灰色低地土、灰色台地土、暗赤色土	黒ボク土、多湿黒ボク土	岩屑土、砂丘未熟土
主要根群域の厚さ	40cm以上		
根域の厚さ	80cm以上		
最大ち密度	山中式硬度で22mm以下		
粗孔隙量	粗孔隙の容量で10%以上		
易有効水分保持能	30mm/80cm以上		
pH	5.5以上8.5以下(茶園では4.0以上5.5以下)		
陽イオン交換容量(CEC)	乾土 100g 当たり 12meq (ミリグラム当量) 以上(ただし、中粗粒質の土壌では 8meq 以上)	乾土 100g 当たり 15meq 以上	乾土 100g 当たり 10meq 以上
塩基状態	塩基飽和度	カルシウム(石灰)、マグネシウム(苦土)及びカリウム(加里)イオンが陽イオン交換容量の50~80%(茶園では25~50%)を飽和すること。	
	塩基組成	カルシウム、マグネシウム及びカリウム含有量の当量比(65~75):(20~25):(2~10)であること。	
有効態りん酸含有量	乾土 100g 当たり P ₂ O ₅ として10mg以上30mg以下		
土壌有機物含有量	乾土100g当たり2g以上	-	乾土100g当たり1g以上

注1 主要根群域とは、細根の70~80%以上が分布する範囲であり、主として土壌の化学的性質に関する項目(pH、陽イオン交換容量、塩基状態、有効態りん酸含有量及び土壌有機物含有量)を改善する対象である。

注2 根域とは、根の90%以上が分布する範囲であり、主として土壌の物理的性質に関する項目(最大ち密度、粗孔隙量及び易有効水分保持能)を改善する対象である。

注3 易有効水分保持能は、根域の土壌が保持する易有効水分量(pF1.8~2.7の水分量)を根域の厚さ80cm当たりの高さで表わしたものである。

注4 水田の基本的な改善目標の注3、4及び7及び普通畑の基本的な改善目標の注4及び6を参照すること。

(2) 樹園地の土壌の特徴と改良方法

樹園地は黒ボク土及び褐色森林土に分布し、大磯丘陵には灰色台地土、箱根火山斜面にはごくわずかに赤色土・黄色土が存在する。

樹園地は、普通畑作と異なり、複雑な地形条件で土地利用が行われているため、地形、特に傾斜と気象条件が土壌条件と複合されて影響を受ける。また、樹種、樹齢等により、土壌管理と施

肥技術を変える必要がある。一般に、耕土が深く腐植含量の多い樹園地で、養分及び水分供給が順調に行われる土壤ほど、生産力が高い。

一方、傾斜地では草生栽培やテラス造成、あるいは等高線栽培等の土壤流亡防止対策が重要になる。また、永年性作物では、多肥栽培を要する樹種ほど、開園後の年数経過とともに土壤の酸性化が著しくなり、特殊成分や微量元素の過剰等の生育障害要因が累積してくる。この対策としては、酸性化の防止をはじめ、有機物の投入や深耕、マルチ等を入念に行う。特に砂質の土壤では、土壤管理の良否が施肥効果に著しく影響するので注意しなければならない。

このように、果樹、桑、茶に対する施肥法としては、普通畑の土壤区分に従って、土壤区毎の理化学的障害性を排除する土壤改良と前述の土壤管理等、一連の地力保全対策を行った上で、作付する樹種、樹齢の養分利用特性に合わせて施肥を行うことが必要である。

2-5 施設栽培における土壤管理

施設園芸作物は、栽培年数の増加に伴い、生育障害の発生が多くなるのが実態である。また、土壤養分相互の不均衡も生じやすいので、土壤診断を行い適正な土壤管理をする。特に施肥量に留意する。肥料の種類は、副成分の少ないものや緩効性肥料を施用する。ここでは、栽培初年目の施肥量を示してあるが、2年目以降は土壤診断を行い、施肥基準から土壤中に残存する養分量を差し引いて、適正な施肥を行うようにする。

施設栽培畑土壤は露地畑土壤と異なり、雨水の遮断された被覆条件下で作物栽培が行われるため、土壤水分の蒸発散量がかん水量に勝る場合、土壤溶液中に溶けている塩類は、毛管水の上昇に伴って下層から上層へ移行し土壤の表層に集積する。特に、多肥は塩類集積を一層促進させる。塩類集積は、主に作物に吸収されずに土壤中に残された肥料成分によって起こるものであり、特に硝酸塩による影響が大きい。土壤溶液の塩類濃度が高くなると、作物は生育障害を起こし、生産は不安定になり、収量や品質に著しい影響を及ぼす。また、硝酸態窒素やアンモニア態窒素が多量に蓄積すると、土壤中での反応により、亜硝酸ガスやアンモニアガスの発生による障害も現れることがある。トマトでは空洞果やすじ腐果の発生や、尻腐れ果発生を助長する原因にもなる。

塩類濃度障害は、土壤の種類によって起こりやすさが異なり、海成沖積土が最も影響を受けやすく、次に沖積砂壤土で、火山灰土壤（黒ボク土）では影響は比較的少ない。一般に、粘土や腐植の少ない土壤ほど塩類濃度障害を受けやすい。塩類濃度障害を回避する根本的な対策は、残存肥料の濃度を測定し、施肥の適正化を図ることである。また、栽培期間中の土壤水分管理をpF1.7~2.3の範囲の適正な水分に保つことも、塩類濃度障害回避のための重要な対策の一つである。作物に対する塩類濃度の限界を越える土壤は、「(3) 施設土壤の除塩法」に述べるような適切な方法で、塩類の軽減対策を講ずる必要がある。

(1) EC測定による施設土壤の窒素の施肥改善

ここに示す施肥基準は、新設ハウスや、残存肥料が少なく塩類集積が見られないハウス土壤を対象にしている。施設土壤の性質は、栽培来歴、施肥量等により大きく異なるから、土壤の性格をよく把握し、適切な肥培管理が実施されなければならない。施設土壤に集積する塩類の主体は硝酸塩であり、電気伝導度と密接な関係がある。よって、電気伝導度を測定することにより、残存している硝酸態窒素の含量をおおよそ推定することができ、その結果に基づいて施肥量の目安をつけることができる。そこで、施設栽培における塩類濃度の許容範囲を表2-5に示した。

表 2-5 施設栽培における塩類濃度の許容範囲

作物	土壌の種類	適正濃度		生育障害を受ける濃度	枯死する濃度
		EC (mS/cm)	NO ₃ -N+NH ₄ -N (mg/100g)	EC (mS/cm)	EC (mS/cm)
半促成トマト	砂土	0.3~0.8	10~20	1.3~1.8	1.8~2.2
	沖積土	0.7~1.3	20~30	1.8~2.3	2.3~3.3
	黒ボク土	0.9~1.7	40~60	2.1~2.8	2.8~
キュウリ	砂土	0.3~0.8	10~20	1.3~1.6	1.6~2.2
	沖積土	0.5~1.0	20~25	1.6~2.3	2.3~2.9
	黒ボク土	0.7~1.5	30~50	2.1~2.8	3.5~
温室カーネーション	砂土	0.5~0.8	10~25	1.5	3
	沖積土	0.5~1.0	10~20	1.5	4
	黒ボク土	0.5~1.2	15~25	2	4.2

なお、EC値が高い場合、より正確に施肥量を決定するためには、別途、硝酸態窒素 (NO₃-N) 等、関連項目を測定し、その診断結果に基づいた施肥や塩類の軽減対策を講ずる必要がある。その場合の診断基準を表 2-6 に示した。

表 2-6 土壌別、半促成トマト・抑制キュウリの EC と基肥の窒素施用基準 (kg/10a)

沖積土				黒ボク土				施肥法
NO ₃ -N (mg/100g)	EC (mS/cm)	窒素施用量		NO ₃ -N (mg/100g)	EC (mS/cm)	窒素施用量		
		半促成トマト	抑制キュウリ			半促成トマト	抑制キュウリ	
0	0.20	15	8	0	0.30	15	8	標準施肥量
10	0.52	12	6	10	0.48	12	6	基肥15~20%減
20	0.84	8	4	20	0.76	9	5	基肥30~60%減 追肥を加減する
30	1.46	5	2	30	0.83	6	3	基肥は植付肥程度
50	1.82	0	軽減 対策	50	1.18	3	1	
70	2.44	軽減 対策		70	1.53	0	軽減 対策	
100	3.40			100	2.05	軽減対策		

注)標準施肥全量(基肥+追肥)は、半促成トマト 20kg/10a、抑制キュウリ 23kg/10a

(2) リン酸及びカリの施肥法

ア リン酸質肥料

施設土壌では、栽培歴の長いものに、土壌の分析結果から可給態リン酸の残存量の極端に多いものが数多く確認されている。例えば、乾土 100 g 中に 100~200mg もの可給態リン酸が検出される場合がある。土壌中の有機物含量が高い場合は、基肥として施用されるリン酸がその上に上積みされても問題はないが、土壌中の有機物含量が極端に低い場合は、施肥によるリン酸の上積みは、鉄、マンガン等の欠乏の発生の原因となると言われている。

最近の試験成績によれば、土壌中の可給態リン酸含量が前記のように著しく高い場合は、基肥のリン酸を無施用として栽培を行っても、作物の生育、収量に何ら影響のないことが明らかになってきているので、例えば、土壌 100 g 中に可給態リン酸が 100mg 以上含有されている場合は、基肥のリン酸は無施用で、また、可給態リン酸が 50mg 前後の場合は、基肥のリン酸は基準量の半量で作物の栽培を行うのも一つの方法である。

イ カリ肥料

施設土壌は、栽培歴が長くなってくると、有機物の多施用やカリの多用によって、交換性や水溶性カリが集積している場合が多く見られる。また、カリは表層だけでなく、下層まで集積しやすい傾向がある。土壌中にカリが集積すると、苦土や石灰等の吸収を抑制し、収量、品質に悪影響を及ぼすので、有機物を適正に施用し、作物別土壌養分診断基準値(表3-1)に従い、適正なカリ施用を行うようにする。

(3)施設土壌の除塩法

施設栽培において、土壌の塩類濃度を適正に保つためには、残存肥料の濃度を測定し、診断基準に沿った施肥の合理化を図ることが基本である。しかし、何らかの事情で除塩対策が必要となった場合には、施設の種類、立地条件、導入作物、作型などを考えて、適当な手法を組合せて実施する。すなわち、除塩法には以下に述べる方法が考えられる。

ア クリーニングクロップの導入

方法：ソルゴー、スイートコーン等のイネ科作物を作付し、刈取り後、ハウス外へ持ち出す。

効果：NO₃-N、カリなど一価イオンの除塩効果が高い。カリ吸収が多いため、苦土・カリバランスが是正される。

問題点：経済性が劣る。栽培期間が短いと十分な生育量が確保できず効果が小さい。

イ 深耕の実施

方法：土壌の塩類集積が比較的表層土に限られている場合は、トレンチャーなどを用いて、塩類濃度の低い下層土と混合する。

効果：下層土が硬い場合は、塩類濃度の是正と合わせて物理性改善の相乗効果がある。

問題点：トレンチャーは高価なので、農協等から借用したり共同利用することが望ましい。

ウ ビニールの除覆

方法：ビニールハウスの場合は、夏期休閑期にビニールを除去し、雨水に当てる。

効果：夏期は降雨量が多いため、塩類濃度を下げる効果が大きい。同時にクリーニングクロップの作付けを行うと、一層高い効果がある。

問題点：本法は、ガラス温室等除覆処理のできない施設には不向きであるが、その場合でも、降雨を集めて畦間かんがい処理を行うよう工夫することで、目的を達することができる。

エ 有機物の投入

方法：生わらなどの新鮮有機物を多用する(生わら1 tでN 5~10kgが吸収される)ことで、その分解過程を利用して塩類濃度を下げる。

効果：孔げき量が増し、土壌溶液濃度が低下する。

問題点：有機物の分解が終われば再び塩類が放出されるので、塩類濃度が高い土壌では効果は不十分となる。

オ 表層土の入れ替え

方法：塩類の集積した表層土壌(5~10cm)を山土や畑土と入れ替える。

効果：下層土と耕うん、混合することで、一層高い効果が得られる。

問題点：多量の土が必要であり、労力と費用がかかる。

カ たん水処理

方法：周囲を波板等で囲い、水位を10~20cmに3日間程度保ってから、水の供給を止め放置する。

効果：NO₃-Nなど可溶性塩類の除塩効果が高い。

問題点：多量の水が必要であるため、水田地帯や用水の豊富な地域に限定される。下層の透水性が低い施設では効果が劣る。

キ 稲作との輪作

方法：除塩対策が必要になった時点で、水田に換え水稻を作付けする。

効果：他の方法に比べ、最も効果が高い除塩対策である。

問題点：水田の高度利用により水田化できる施設以外では行えない。

(4) 施設野菜の連作障害対策

施設園芸は、固定したほ場を使用し、経済性の高い同一作物を連続して栽培することが前提であるため、連作障害が極めて発生しやすい。施設に見られる連作障害は、土壌病害やセンチュウ等の加害による生物的な要因によるものが圧倒的に多く、土壌の化学性や物理性による障害は少ない。

これは、土壌の化学性や物理性に起因するものは、比較的対策を立てやすいのに対し、生物的な要因は、根絶が不可能なためである。しかし、これらの生物的要因による障害は、適切な土壌管理を欠いた場合に起こりやすく、主因が生物的要因であっても、土壌要因は無視できないものがある。土壌病害は障害を受けた根から侵入することが多いので、健全な根圏環境をつくることが大切である。そのための土壌管理対策としては、次の4つが考えられる。

ア 土壌養分の適正化

病害を引き起こす最も重要な要因は、過剰施肥である。病原菌は大部分が糸状菌であり、糸状菌は低pHを好む。このため、pHを6～6.5の適正水準にすることが基本である。その上で、過剰な施肥を避ける。特に、窒素の量には注意が必要である。土壌pHが適正に保たれていても、硝酸態窒素が多いと局部的にpHが低下する。過剰な施肥を防ぐためには、作付前の土壌診断に基づく施肥設計が大切である。

イ 深耕の実行

耕盤が形成されると水はけが悪くなり、また過剰な養分が蓄積しやすい。このため、根に障害が起こりやすくなる。この対策としては、深耕が必要である。深耕の必要性を判定するには、0.5～1cm程度の鉄の棒を思い切り刺し、30cm以上入らないようであれば深耕が必要である。

ウ 有機物の施用

十分に腐熟した良質の有機物を、毎作2t/10a施用する。ただし、有機物の施用は、多すぎてもカリの蓄積等塩基バランスの障害を起こしやすくなる。また、連作障害防止効果をうたった各種微生物資材があるが、現在、効果が確認されているのはキチン系のもの等に限定されている。そのため、これらの資材の効果を過大評価しないことが大切である。

エ 適切な水分管理

過剰な水の施用は根を痛め土壌病原菌を増殖させるので、適切な水分管理に努め、しっかりした作物を育てることが大切である。

2-6 土壌物理性の改善対策

植物の根が十分深く伸び、土壌中の養・水分を吸収し生長するためには、土壌が適湿で軟かく、通気・排水性が良く、より深い有効土層を確保する必要がある。

過去に農業技術センター横浜川崎地区事務所が調査したトマトの事例でも、図2-1のとおり、生育・収量の良好な株ほど深くまで根が張っており、生育不良の区で30cm、生育の良い区で50cmであった。また、根が多くみられる土層のち密度は、山中式硬度計で約10mmであり、良好な根張りを期待するには、かなり膨軟な土壌にする必要がある。

土壌物理性の診断基準値は表2-7のとおりで、以下に主な土壌物理性の改善対策について述べる。

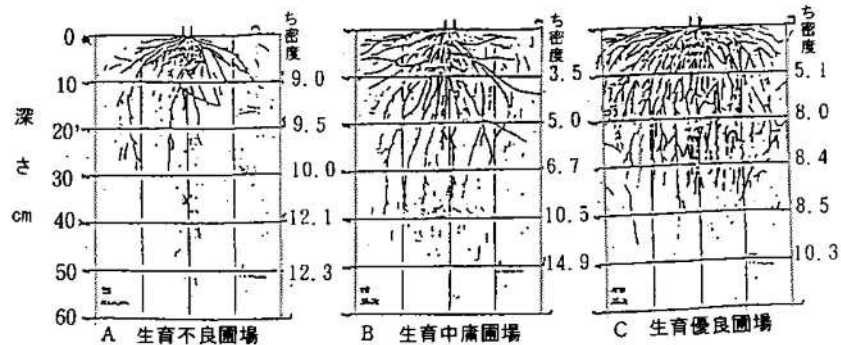


図2-1 トマトの根系分布と土壌の硬さ（農業技術センター横浜川崎地区事務所）

表2-7 土壌の物理性の診断基準値

物理性の診断基準	土壌の種類		畑		樹園地	鉢物用土	育苗床土
	水田		露地	施設			
作土の厚さ	15cm以上		25cm以上	25cm以上			
主要根群域(有効土層)の深さ	30cm以上 ¹⁾		40cm以上	40cm以上	60cm以上		
主要根群域の最大ち密度 ²⁾	24mm以下		19mm以下	19mm以下	22mm以下		
孔げき率(容積%)			65~75%	70~80%	65~75%	75~85%	75~85%
粗孔げき率(容積%)			10%以上	15%以上	10%以上	20%以上	25%以上
ほ場容水量における液相率(容積%)			50%以上	50%以上	50%以上	50%以上	50%以上
たん水透水性	日減水深で20~30mm						

1) 土壌タイプによっては別に定める。 2) 山中式硬度計による測定値である。

(1) 乾燥

土壌の乾燥は、盛夏期や冬期等、雨量の少ない時期に発生して、作物の生育を遅らせたり、さらには枯死させたり、品質や収量にも悪い影響を与えることが多い。なお、冬期は寒害を併発する人が多いので、対策上注意を要する。乾燥に対する基本的対策としては、畑地かんがいや、かん水施設（スプリンクラー）の施工が有効であるが、条件の制約もあるので、耕種的対策として、有機物の施用により物理性を改善して土壌の保水力を高めたり、敷きわらやマルチを敷いて土壌水分の蒸発散を抑え、水分保持を行うのも有効な対策である。

(2) 排水不良

土壌の孔げき率が少なく、下層が緻密化してきている土壌や地下水位が高い土壌は、降雨により冠水等の排水不良を起し、作物が湿害を被る場合がある。排水対策の基本は暗きよの施工であり、本暗きよを70～80cmの深さで7.5～15mおきに設置し、さらに補助暗きよとして本暗きよに直交するように、弾丸暗きよを深さ30～40cm、2～5mおきに実施する。また、明きよや高畦栽培等を併せて実施するのも有効である。

(3) 不良土層

砂れき層や盤層等の不良土層が浅い位置から出現し、有効土層が制限される場合において、最低でも、水田で30cm以上、普通畑で40cm以上、樹園地で60cm以上の有効土層を確保する必要がある。そのため、不良土層が浅い位置から出現する場合は、不良土層を取り除く土層改良が必要である。この場合、不良土層が深耕によって容易に土層改良できる場合もあるが、客土等大がかりな土木工事を要する場合もある。

(4) 下層の硬盤形成

作物の根が十分に伸びるためには、作土はもちろん、有効土層全体が、山中式土壌硬度計の値で10～19mmの軟かい状態にあることが理想である。このため、水田で30cm、普通畑で50cm、樹園地で70cm以内に20mm以上のち密層が出現する場合は深耕プラウ、深耕ロータリー、サブソイラー、トレンチャー等によって深耕を実施する必要がある。特に、火山灰土壌は土壌の乾湿の繰り返しにより締りやすくなるので、3～5年おきに深耕を実施するのが望ましい。その際には、前もって下層土の養分状態を調査し、塩基やリン酸含量などが低い場合には、それらの補給を併せて行う。

表2-8 耕起方法とその特徴

耕法 種類	駆動型ディスク耕		ロータリー耕		反転耕	
	ワンウェイディスク	ツーウェイディスク	正転ロータリー	逆転ロータリー	プラウ	和すき
耕幅 (cm)	88～213	140～294	150～180	150～240	24～82	20～75
	(4～8連)	(4～10連)			(1～2連)	(1～3連)
耕深 (cm)	12～28	10～23	～18	～16	15～25	15～24
作業速度 (km/h)	2.0～6.0	1.5～5.0	0.5～0.4	1.0～3.0	4.0～8.0	3.0～6.0
反転すき込み	中位	中位	不良	良好	良好	良好
土塊	中	中	小	極小(表層)	大	中
適応トラクタ (ps)	14～80	18～100	22～50	20～90	20～60	9～35

(5) 耕種の改善

輪作体系の中にイネ科など深根性作物を組み込み、植物の機能を利用して下層土の物理性を改善することが可能である。表2-9に、主な作物の根張りの状況を示した。このように根は相当深く、広い範囲に伸びることが調査されている。

作物の根は、条件がよければ、相当深くまで伸びるが、いわゆる緑肥作物とよばれるイタリアンライグラス、ソルゴー、ギニアグラス等は、より深根性であることが知られている。これらの深根性の緑肥作物は、深層土壌の物理性改善に有効であるばかりでなく、深層へ溶脱した養分を回収する効果もある。

表 2-9 主な作物の根張り（三枝）

作物名	最高到達深度	活動中心域	側方への広がり
春播コムギ	143～223cm	92～150cm	30～60cm
秋播コムギ	152～214	107～122	60～102
ライムギ	152～229	85～122	30～50
エンバク	122～152	76	30～56
オオムギ	137～198	92～107	30～60
トウモロコシ	152～183	70	214
モロコシ	137～198	92～122	184
イネ	56～67	18～21	44
ダイズ	95～180		
ビート	90		
バレイショ	80		
ダイコン	185～200		80～105

3 土壌診断

3-1 土壌サンプルの採取法と分析項目

(1) 土壌サンプルの採取法

土壌サンプルの採取は、データに大きく影響する重要な作業である。以下にその手順を記す。

ア ほ場の土壌はばらつきがあるので、1ほ場5ヶ所からほぼ等量ずつ採土し、それぞれが等量となるように調整し、最後に混和して試料とする。

イ 土壌表面は雑多な物質が存在するので、移植ゴテで表層の1~2cmの土を取り除き、その下から土層の上下で厚さが違わぬよう柱状又は扁平な長方体にする。ただし、施設では表層に塩類集積が見られるので、表層を除かずにそのまま採土する。また、施設土壌を採土するときは、表面の乾湿が養分含量に大きく影響するので、表面の乾燥時及び灌水直後の採土は避ける。

ウ 採土の深さ等

(ア) 採土の深さは、畑、施設、田、果樹園、茶園いずれも深さ15cmとする。

(イ) 茶園では畝間の枝葉等の未分解有機物を取り除き、深さ15cmまで取る。

(ウ) 下層土との関係を知る場合は15~30cmの下層土も取り、区分して試料とする。

エ 1ヶ所から約500gの生土をポリ袋等に採土し、同一ほ場の他の採土地点のものと混和する。(混和する際は、各地点の土を等量に調整するよう注意する)

オ 果樹園では平均的な樹5本を選び、樹冠から30cm内側の2~3ヶ所を取る。

カ 土壌試料を、バケツのような容器でよく攪拌し、その一部(約500g)をとって紙の上に薄く拡げ、直射日光を避けて、1週間ほど風乾する。加熱乾燥すると窒素が飛ぶので避ける。乾燥した土を乳鉢にとり、軽くすりつぶす。2mmのふるいでふるい分ける。ふるい分けが最も試料の均一化に役立つので、2回ふるいに通す。ふるい分けした試料を袋に入れて分析試料(風乾細土)とする。

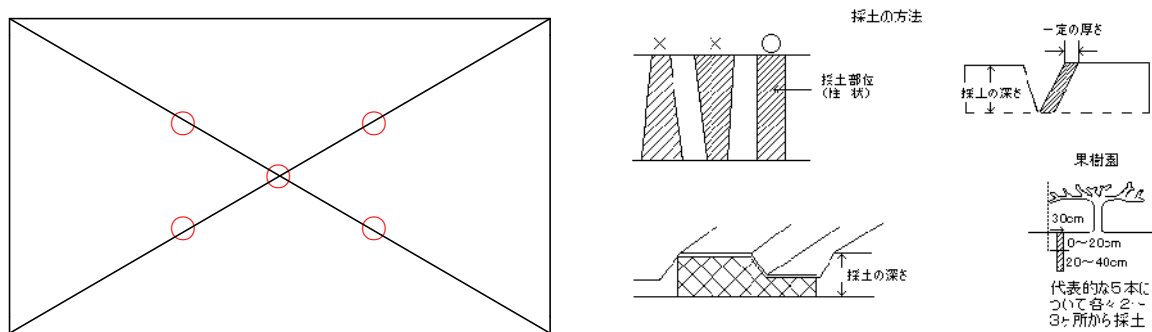


図3-1 土壌採取の位置

(2) 土壌分析項目

土壌分析項目の主要な項目としては、pH、EC、可給態リン酸、硝酸態窒素、石灰、苦土、カリの7項目があげられる。石灰、苦土、カリといった塩基類については、量的な過不足だけでなく、各成分のバランスや陽イオン交換容量(以下「CEC」という。)に占める飽和度も重要で、CECも実測することが望ましいが、分析には時間がかかるので、土壌の種類から推定したり、推定式から算出したりする。CECを含めた8項目(水田の場合は、これに可給態ケ

イ酸を含めた9項目)を用いて、土壤化学性改善のための処方箋を作成する。

最も簡単に土壤の化学性を診断するためには、pHとECを測定する。主な土壤分析項目の分析法の概略を以下に示す。

- ア pHとEC：pHは土壤1に対し水2.5、ECは土壤1に対し水5を加え、1時間振とう後、pHメータ及びECメータで測定する。簡易的には、土壤1に対し水5を加えたもので両方測定してもよい。
- イ 可給態リン酸：トルオーグ法による(土壤1に対し0.002N 硫酸200を加え、30分浸透後ろ過し、ろ液を比色定量)。
- ウ 硝酸態窒素：土壤1に対し10%塩化カリウム溶液10を加え30分振後とう後ろ過し、ろ液を比色定量する。
- エ 石灰、苦土、カリ：土壤1に対し1N 酢酸アンモニウム溶液20を加え振とう抽出後、原子吸光法により分析。
- オ CEC：ショウレンベルガー法による(土壤をカラムにつめ、酢酸アンモニウム溶液、エタノール、塩化カリウム溶液を順次通過させて定量)。
- カ 可給態ケイ酸：地力増進基本指針では酢酸緩衝液浸出法(AB法)が用いられているが、平成26年度分から全農全国土壤分析センターでは中性リン酸緩衝液抽出法(PB法)が用いられている。PB法は、値が小さくなるので、過去の値と比較する場合は注意する。

3-2 土壤診断基準と改善の考え方

(1) 作物別土壤養分診断基準値

作物別の土壤診断基準値を表3-1に示す。土壤分析の結果とこの基準値と比較して、不足があれば資材の投入を行い、過剰成分があれば、その後の施肥設計から過剰分を差し引くようにする。

(2) pHの測定による対策

農作物の栽培に当たっては、その種類に応じて土壤pHを適正なものとし、一般肥料の施肥効率を高める必要がある。土壤のpHは水浸出(H₂O)と塩化カリウム(KC1)抽出法があるが、本県の診断基準では水浸出法が行われているため、以下特別に断らない限り、pH(H₂O)で記載してある。なお、pH(KC1)のデータを参考にする場合は、その値に0.7を加えると、pH(H₂O)の目安とすることができる。

各作物の生育に適した土壤のpHは、表3-1の作物別土壤養分診断基準値に記載した。pHは、土壤の種類に関係なく同一作物では同一基準である。

したがって、土壤pH(H₂O)を測定した結果、下限値を下まわる場合は表3-2の土壤別中和石灰量を目安に石灰肥料を施用し土壤を酸性改良する。上限値を上まわる場合、石灰の施用を見合わせ、さらに、アルカリ性の肥料も施用しないように注意する。土壤のpHが基準値の範囲内にある場合は、現状の土壤pHを維持するため、苦土炭カル等を60~80kg/10a程度施用する。

(3) 塩基バランスの改善による対策

土壤中でプラスイオンとして行動する石灰、苦土、カリは、マイナスに帯電している土壤の粒子に電気的に吸着されている。土壤のマイナス荷電の程度は土壤により異なり、従って土壤によって吸着可能な塩基の量は異なる。土壤のこのような塩基吸着能の大きさを、陽イオン交換容量(CEC)と呼び、meq/100g(土壤100gあたりのミリグラム当量)という単位で表す。こ

のように土壤に吸着可能な塩基の総量はCECで規定される。県内土壤のCECは20~40meq程度である。一般に細粒質で腐植含量の多い黒ボク土で高く、粗粒質で腐植含量の低い砂質土壤で低い値を示す。また、土壤中の石灰+苦土+カリの合計量は、CECの60~80%が適当であるとされている。

また、土壤の石灰、苦土、カリの作物による吸収は、相互に助長的、または抑制的な影響を及ぼしあう。この影響は、①石灰の吸収は苦土、カリの多用で抑制する、②苦土の吸収はカリの多用で抑制される、③カリの吸収は石灰、苦土の多用で抑制されるのが一般的である。このため、土壤中の塩基量のバランスも重要になる。露地野菜では土壤中の石灰と苦土の比が重量(g)比で3.7~7.0、または当量(meq)比で2.7~5.0、苦土とカリの比が同1.1~3.2、または2.5~7.5が適当である(表3-1)。

塩基の改善は、作物の生育に適したpHを維持するのが主たる目的であるが、施設土壤のように塩類の集積した土壤ではpHによる改善法では、石灰、苦土等の塩基が過剰になりやすい。そこでCECに対する石灰、苦土及びカリそれぞれの飽和度で表示し、しかも石灰、苦土及びカリ相互間の塩基バランスを配慮して表3-1に示すとおり、それぞれの飽和度で定めてある。したがって石灰が50~60%という基準は石灰のmg/100gで表示すると土壤のCECによって異なるので注意する必要がある。なお、飽和度(%)をmg/100gへ換算する場合は表3-2を利用すると便利である。例えば、野菜(施設)は石灰が50~60%、苦土が15~20%、カリが3~6%であるが、これを土壤100gあたりのmgで表示すると、CECが40meqの土壤では、石灰561~673mg/100g、苦土121.0~161.3mg/100g、カリ56.5~113.0mg/100gとなる。

土壤塩基のうちカリは地力要因としての効果と肥料要素としての効果の二面性をもっている。このため塩基として満足されても肥料要素としては不十分なことがあるので、次により診断するのが望ましい。

- ア カリ含量が下限値(ただし、15mg/100g以下の場合は15mg/100gを下限値とする)以下の場合には、カリを施用し土壤改良したうえで、その作物の施肥基準を適用する。
- イ カリ含量が基準値の範囲内にある場合は、作物別施肥基準を適用する。
- ウ カリ含量が上限値を越える場合は、その程度に応じてカリ肥料を削減する。

表 3 - 1 作物別土壌養分診断基準値

作物名	栽培形態	pH (H ₂ O)	石灰 (%)	苦土 (%)	カリ (%)	塩基 飽和度 (%)	可給態 リン酸 (mg/100g)	CaO/MgO 比	
								重量比	当量比
普通作物	露地	5.5~6.0	40~50	5~10	1~3 (上限5)	60	10~20	5.6~13.9	4.0~10.0
飼料作物	露地	5.5~6.5	40~60	5~20	2~5 (上限8)	60~80	10~50	2.8~16.7	2.0~12.0
野菜・花き	露地	5.5~6.0	40~50	10~15	2~4 (上限8)	60	20~50	3.7~7.0	2.7~5.0
野菜 花き(バラ)	施設	6.0~6.5	50~60	15~20	3~6 (上限10)	80	40~80	3.5~5.6	2.5~4.0
花き (カーネーション)	施設	6.0~6.5	50~60	15~20	4~8 (上限10)	80	50~100	3.5~5.6	2.5~4.0
落葉果樹 (ブドウ以外)	露地	5.5~6.0	40~50	10~15	2~5 (上限8)	60	20~50	3.7~7.0	2.7~5.0
落葉果樹 (ブドウ)	露地	6.0~6.5	50~60	10~15	2~5 (上限8)	60	20~50	4.6~8.4	3.3~6.0
常緑果樹 (ミカン)	露地	5.5~6.0	40~50	5~10	2~5 (上限8)	60	25~50	5.6~13.9	4.0~10.0
チャ	露地	4.0~5.0	15~25	3~7	3~6 (上限10)	35	20~50	3.0~11.6	2.1~8.3
桑	露地	6.0~6.5	50~60	5~10	1~3 (上限5)	80	10~30	7.0~16.7	5.0~12.0
花木	露地	5.5~6.0	40~50	5~15	1~3 (上限5)	60	10~20	3.7~13.9	2.7~10.0
山林用苗木	露地	5.5~6.0	40~50	5~15	1~3 (上限5)	60	10~20	3.7~13.9	2.7~10.0
鉢物用土 (シクラメン)	施設	6.0~6.5	50~60	10~15	3~6 (上限10)	80	50~100	4.6~8.4	3.3~6.0
育苗床土	施設	6.0~6.8	50~70	15~20	3~6 (上限10)	80~90	50~100	3.5~5.6	2.5~4.7
水稲		6.0~6.5	50~60	10~20	1~3 (上限5)	80	10~20	3.5~8.4	2.5~6.0

MgO/K ₂ O 比		残存窒素を 考えなくてよい基準		備 考
重量比	当量比	EC(1:5)25℃ (dS/m)	N03-N (mg/100g)	
0.7~4.3	1.7~10.0	火山灰 0.2以下 沖 積 0.1以下	3以下 2以下	(1)石灰、苦土、カリ、塩基飽和度はCECに対する%を示す。
0.4~4.3	1.0~10.0	火山灰 0.2以下 沖 積 0.1以下	3以下 2以下	(2)石灰、苦土、カリのCECに対する%からmg/100gへの換算は、表3-2を参照する。
1.1~3.2	2.5~7.5	火山灰 0.3以下 沖 積 0.2以下	5以下 3以下	(3)いずれの項目とも下限値を下回る場合は、下限値を上回るように土壌改良してから、施肥基準を適用する。なお、カリの下限値が15mg/100g以下の場合は、15mg/100gを下限値とする。
1.1~2.9	2.5~6.7	火山灰 0.4以下 沖 積 0.3以下	7以下 5以下	
0.8~2.1	1.9~5.0	火山灰 0.4以下 沖 積 0.3以下	7以下 5以下	(4)いずれの項目も上限値を上回る場合は、その成分は施用しないことを原則とする。
0.9~3.2	2.0~7.5	火山灰 0.2以下 沖 積 0.1以下	3以下 2以下	
0.9~3.2	2.0~7.5	火山灰 0.2以下 沖 積 0.1以下	3以下 2以下	(5)石灰%が下限値以下でもpHが上限値を上回る場合は、石灰は施用しない。
0.4~2.1	1.0~5.0	火山灰 0.2以下 沖 積 0.1以下	3以下 2以下	
0.2~1.0	0.5~2.3	火山灰 0.3以下 沖 積 0.2以下	5以下 3以下	
0.7~4.3	1.7~10.0	火山灰 0.2以下 沖 積 0.1以下	3以下 2以下	
0.7~6.4	1.7~15.0	火山灰 0.2以下 沖 積 0.1以下	3以下 2以下	
0.7~6.4	1.7~15.0	火山灰 0.2以下 沖 積 0.1以下	3以下 2以下	
0.7~2.1	1.7~5.0	施肥後の適正值		
		0.5~1.0	10~20	
1.1~2.9	2.5~6.7	0.8~1.2	10~20	
1.4~8.6	3.3~20.0	可給態ケイ酸 mg/100g	遊離酸化鉄 g/100g	
		AB法:30以上 PB法: 火山灰25以上 沖 積15以上	0.8以上	

表 3-2 CEC別各塩基の飽和度(%)から mg/100g への換算表

塩基名	飽和度%	CEC (meq/100g)										
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
CaO (mg/100g)	15	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252
	25	70	105	140	175	210	245	280	315	351	386	421
	40	112	168	224	280	336	393	449	505	561	617	673
	50	140	210	280	351	421	491	561	631	701	771	841
	60	168	252	336	421	505	589	673	757	841	925	1009
MgO (mg/100g)	3	6.0	9.1	12.1	15.1	18.1	21.2	24.2	27.2	30.2	33.3	36.3
	5	10.1	15.1	20.2	25.2	30.2	35.3	40.3	45.4	50.4	55.4	60.5
	7	14.1	21.2	28.2	35.3	42.3	49.4	56.4	63.5	70.6	77.6	84.7
	10	20.2	30.2	40.3	50.4	60.5	70.6	80.6	90.7	100.8	110.9	121.0
	15	30.5	45.4	60.5	75.6	90.7	105.8	121.0	136.1	151.2	166.3	181.4
	20	40.3	60.5	80.6	100.8	121.0	141.1	161.3	181.4	201.6	221.8	241.9
K ₂ O (mg/100g)	1	4.7	7.1	9.4	11.8	14.1	16.5	18.8	21.2	23.6	25.9	28.3
	2	9.4	14.1	18.8	23.6	28.3	33.0	37.7	42.4	47.1	51.8	56.5
	3	14.1	21.2	28.3	35.3	42.4	49.5	56.5	63.6	70.7	77.7	84.8
	4	18.8	28.3	37.7	47.1	56.5	65.9	75.4	84.8	94.2	103.6	113.0
	5	23.6	35.3	47.1	58.9	70.7	82.4	94.2	106.0	117.8	129.5	141.3
	6	28.3	42.4	56.5	70.7	84.8	98.9	113.0	127.2	141.3	155.4	169.6
	8	37.7	56.5	75.4	94.2	113.0	131.9	150.7	169.6	188.4	207.2	226.1
	10	47.1	70.7	94.2	117.8	141.3	164.9	188.4	212.0	235.5	259.1	282.6

注 1) 飽和度の計算方法

飽和度を計算するための計算は、次の 2 段階で行う。

①重量 (mg/100g) を当量 (meq/100g) に計算する。このときは、次の係数を使用する。

CaO 1 meq → 28.04mg MgO 1 meq → 20.15mg K₂O 1 meq → 47.1mg

②CEC に対する各塩基の飽和度を求める。塩基飽和度は、各塩基の飽和度を合計したもの。

2) CEC 32meq、CaO 250mg、MgO 70mg、K₂O 35mg のときの飽和度の計算例

CaO の当量 = 250mg / 28.04 = 8.92meq CaO の飽和度 = 8.92 / 32 × 100 = 27.9 (%)

MgO の当量 = 70mg / 20.15 = 3.47meq MgO の飽和度 = 3.47 / 32 × 100 = 10.8 (%)

K₂O の当量 = 35mg / 47.10 = 0.74meq K₂O の飽和度 = 0.74 / 32 × 100 = 2.3 (%)

塩基飽和度 = 27.9 + 10.8 + 2.3 = 41.0 (%)

表 3-3 土壌別中和石灰量 (CaO) - 改善目標 pH (H₂O) 6.5 (目安)

腐植含量	土性	pH(H ₂ O)値と酸性改善に必要な石灰量 (CaO kg/10a・深さ15cm)				
		pH4.4以下	4.5~4.9	5.0~5.4	5.5~5.9	6.0~6.4
すこぶる富む (10~20%)	壤土(L)	400	310	210	110	50
富む (5~10%)	壤土(L)	320	250	170	85	42
含む (2~5%)	埴壤土(CL)	280	220	150	74	37
	壤土(L)	240	190	130	64	32
	砂壤土(SL)	160	130	85	43	21
	砂土(S)	120	95	65	32	16
なし~あり (0~2%)	埴壤土(CL)	240	190	130	64	32
	壤土(L)	200	160	110	53	26
	砂壤土(SL)	120	95	65	32	16
	砂土(S)	80	65	43	22	11

注 1) pH(KCl)の場合は、0.7 をプラスして pH(H₂O)の目安とする。

2) 改善目標を 6.0 とする場合は、それぞれの土壌とも pH(H₂O)6.0~6.4 の石灰量を差し引いて石灰量を算出する。

3) 石灰量に応じた各種の石灰肥料の施用量を算出する場合は石灰量 (CaO) × (100÷アルカリ分) とする。例えば炭カルは石灰量 (CaO) ×1.9、消石灰は石灰量 (CaO) ×1.5、苦土炭カルは石灰量 (CaO) ×1.8 となる。

4) 一度に施用する石灰の最大許容量は石灰量 (CaO) 160kg/10a とし、これを越す場合は分けて施用する。

表 3-4 茶園の土壌別中和石灰量 (CaO) - 改善目標 pH (H₂O) 5.0 (目安)

腐植含量	土性	pH (H ₂ O) 値と酸性改善に必要な石灰量 (CaO kg/10a・深さ15cm)			
		pH3.4以下	3.5~3.9	4.0~4.4	4.5~4.9
含む~富む (2~10%)	壤土(L)	210	130	74	37
	砂壤土(SL)	120	74	42	21
	砂土(S)	60	37	21	11
含む(2~5%)	埴壤土(CL)	180	110	63	32

注 1) pH(KCl)の場合は、0.7 をプラスして pH(H₂O)の目安とする。

2) 使用する石灰量は弱アルカリ性の炭カル、苦土炭カル、粒状苦土カル、顆粒タイニー等として、強アルカリ性の消石灰、生石灰、顆粒消石灰、顆粒苦土生石灰等は使用しない。

3) 石灰量に応じた各種の石灰肥料の施用量を算出する場合は石灰量 (CaO) × (100÷アルカリ分) とする。例えば炭カル石灰量 (CaO) ×1.9、苦土炭カル、粒状苦土カル及び顆粒タイニーは、石灰量 (CaO) ×1.8 となる。

4) 施用時期は秋肥の前とし、一度に施用する石灰の最大許容量は石灰量 (CaO) 50kg/10a とし、これを越した分は次年度に施用する。

(4) 塩基が過剰な場合の考え方

いずれの塩基も、上限値を上回る場合はその成分は施用しないことが原則であるが、前項でふれたとおり、石灰飽和度が下限値以下と小さくても、pHが上限値を上回る場合は石灰の施用は行わないか、pH上昇の少ない硫酸カルシウム等の資材を施用する。

また、塩基バランスを改善する場合でも、いずれかの塩基が過剰でバランスが悪化しているような場合は、もう一方の塩基の投入を考えるのではなく、過剰な塩基の施用を控えるようにする。例えば、CaO/MgO比は適正であるが、カリ過剰のためMgO/K₂O比が小さすぎる場合は、CaO/MgO比の最大許容範囲での苦土施用にとどめ、カリを施用しないようにする。石灰、苦土が過剰の場合も同様とする。

前述したとおり、塩基の過不足は土壤のCECに対する割合で診断される。診断に推定CECを用いている場合には、CECを実測してみることも重要である。

(5) 土壤リン酸対策

土壤のリン酸含量が診断基準値を下回る場合は、不足量に見合ったリン酸質肥料を施用して地力としてのリン酸含量を高めた上で、施肥基準どおりのリン酸肥料を施肥する。土壤のリン酸含量が診断基準値を下回り、かつリン酸不足を早期に解消したい場合には、基準値から算出した不足量に表3-5に示す土壤別の一定の係数を乗じた量を施用する。これはリン酸は土壤に吸着されやすいため、可給態リン酸含量が改善されにくく、施肥したリン酸の植物による利用率が低いためである。

表3-5 リン酸吸収係数とリン酸必要量の関係

リン酸吸収係数	不足リン酸1mg 当たりの係数	作物のリン酸 利用率の目安
A 2000以上	12	6~10
B 1500~2000	8	10~15
C 1500以下	4	20~30

Aに該当する土壤は粒径の細かい黒ボク土(火山灰土)、Bは黒ボク土の中でも比較的粒径の粗い土壤、Cは灰色低地土等の黒ボク以外の土壤(非火山灰土)。仮にAの土壤で基準値から算出したリン酸の不足量が10mg/100gの場合は、 $10 \times 12 = 120\text{mg}/100\text{g}$ 相当のリン酸を土壤に施用する。

水田埋め立てや天地返し後の未熟土壤の早期熟畑化を行う場合や、リン酸吸収係数が高く、塩基飽和度が低い土壤に対しては、石灰や有機物の施用と共に、リン酸吸収係数の10%に相当するリン酸を全面散布し、10~20cmの耕土とよくまぜる。リン酸質資材としては、熔成リン肥と過リン酸石灰を4:1位の割合で使用するとよい。

(例: 仮比重0.5の黒ボク土では、耕土10cmの重量は10aで50tになる。この土壤のリン酸吸収係数が2,000である場合には100kgになるので、熔成リン肥と過リン酸石灰のリン酸含量を各々20%とすると、熔成リン肥400kg、過リン酸石灰100kgが資材の必要量となる。)

リン酸含量が基準値の上限を上回る場合は、リン酸肥料の施用を中止する。リン酸含量の上限値は可給態リン酸で20~100mg/100gとされているが、過剰症がでにくいいため、上限値を上回っていても投入され続ける傾向にある。リン酸の過剰は亜鉛や鉄、マグネシウムの欠乏を誘発することもあり、実際に施設栽培のスイートピーではリン酸過剰による葉身白化症がおきている。可給態リン酸含量が100mgを超える場合はリン酸肥料無施用、80~100mgでは施肥基準の80%、50~80mgでは施肥基準の50%程度まで減肥することが望ましい。

(6) 水田を畑地化した場合の注意

一般に、水田の地力は畑地より高いが、水田を畑地化すると比較的短時間に地力が消耗し、生産力は低下する。このため水田を畑利用するときは、堆肥等の有機物の施用と施肥の合理化については、普通畑と同様な配慮が必要となる。

(7) 耕地を埋立客土した場合の注意

水田、畑地を問わず、埋立客土を行った場合は、客土した土壌の性質を把握し、熟畑土壌になるべく近づけた状態で作物を栽培する必要がある。この場合、早期熟畑化の必須条件は、①土壌pHの適正化（作物の最適値）、②リン酸吸収係数の測定値により可給態リン酸含量を高めるためのリン酸肥料の多量施用による土壌改良、③堆肥等有機物の多量施用などである。これらにより、土壌の理化学性と生物性は、比較的短時間に改善される。埋め立て当初は、土壌の透水性がきわめて不良となるので、排水には特に十分な配慮が必要である。そのためにも、有機物は必ず施用すべきである。

ア 水田

水田、畑地を問わず、埋立客土を行った場合は、客土した土壌の性質を把握し、熟畑土壌になるべく近づけた状態で作物を栽培する必要がある。この場合、早期熟畑化の必須条件は、①土壌pHの適正化（作物の最適値）、②リン酸吸収係数の測定値により可給態リン酸含量を高めるためのリン酸肥料の多量施用による土壌改良、③堆肥等有機物の多量施用などである。これらにより、土壌の理化学性と生物性は、比較的短時間に改善される。埋め立て当初は、土壌の透水性がきわめて不良となるので、排水には特に十分な配慮が必要である。そのためにも、有機物は必ず施用すべきである。

イ 畑

土壌微生物層が貧弱な下層土が客土された造成直後の土壌では、有機物の施用効果が大きい。そのため、早期熟畑化には、10a当たり5t程度の有機質資材の多量施用が効果的であり、さらに、標準施用量の連用が必要である。また、リン酸固定力が大きい火山灰下層土を客土した場合は、有機物の施用とともに、前記(5)によるリン酸改良対策を行い、可給態リン酸量を適正水準に向上させる。

(8) 微量要素対策

炭素、酸素、水素、窒素、カリウム、リン、カルシウム、マグネシウム、イオウ、鉄、マンガン、ホウ素、亜鉛、銅、モリブデン、塩素及びニッケルの17元素を、植物の必須元素という。この他、ケイ素及びコバルトは、植物の種類によっては重要な役割を担う元素である。これらのうち、鉄、マンガン、ホウ素、亜鉛、銅、モリブデン、塩素及びニッケルは、必要量が微量な必須元素であるため、微量必須要素または微量要素と呼ばれている。微量要素欠乏症の発生原因には、土壌の母材に起因する潜在的欠乏、他養分との拮抗による欠乏、土壌反応や土壌水分の急激な変動に伴う不可給態化等が考えられる。これらのうち、母材に起因する潜在的欠乏が起こることは、本県ではまれである。一方、土壌pHによって各元素の有効性に違いがあり、アルカリ性だと鉄、マンガン、亜鉛、銅、コバルトの有効性は低下し、逆に酸性であるとモリブデンの有効性は低下する（図3-2）。有機物の施用が少なく、同時に塩基過剰によりpHが7以上になってアルカリ化したほ場では、微量要素欠乏症が発生する危険性が高くなるので、総合微量要素材の施用について留意する必要がある。とくに、乾燥が強いとホウ素欠乏が出やすくなる。また、酸性化したほ場では、マンガンやアルミニウムなどの元素が溶け出しやすくなるので、過剰障害が起こる危険性が高まる。これらの改善のためには、pHの適正化とともに

に、有機物の施用が大切である。

ここでは、本県において発生しやすい鉄、マンガン、ホウ素及びモリブデンの、4 微量元素の欠乏対策について述べる。

ア 鉄

鉄欠乏が発生しやすい中性～アルカリ性の土壌条件では、水溶性の鉄、例えば、硫酸第一鉄や塩化鉄を施用しても、土に固定され、作物に吸収されない。このような場合の応急的な措置として、硫酸第一鉄、または塩化第二鉄を葉面散布するとよい。陸稲に対しては、0.1～0.2%液を、野菜には、1～2%液を葉面散布する。鉄欠乏は生長点に近いところから発生するので、その部分に重点的に散布する。散布後1～2日で効果が現れるが、効果は長続きしないため、7日～10日に1回散布する必要がある。この他に、硫酸安、塩安、塩化カリ等、土壌を酸性にしやすい肥料を施用するのもよい。土壌が強アルカリ性になっている場合には、イオウ華を10a当たり、20～30kg施用する方法もある。最近では、キレート鉄の葉面散布や土壌施用も行なわれているが、葉面散布は葉害を起こしやすいので、10a当たり、2～3kgのキレート鉄を施用するのがよい。根本的な対策としては、土壌の反応を微酸性に保つことであり、特に、石灰で酸性改良する場合は、過剰な石灰を施用しないよう注意しなければならない。この他、堆肥を十分施用して土の緩衝能を高めたり、かん水施設を設けて土壌が過度に乾燥しないように注意することも大切である。

イ マンガン

応急的な対策としては、硫酸マンガンの0.2～0.3%液を7日～10日に1回の割合で、2～3回葉面散布する。マンガン欠乏は、中性～アルカリ性の土壌で多く発生するから、肥料は生理的酸性肥料を用いたり、場合によってはイオウ華を施用して、土壌の反応を微酸性にする。硫酸マンガンを10a当たり10～20kgを施用するとよい。マンガンが過剰な場合は、石灰質資材を施用して土壌の酸性を改良し、マンガンを不可給態化する。その際、リン酸を多量に施用すると、マンガンの吸収を抑制することが知られている。また、排水不良の場合は、暗きよや明きよを施工し排水を促進すると、マンガンの過剰害を回避することができる。根本的な対策としては、酸性改良と硫酸マンガンやマンガン入り熔成リン肥（BM熔リン）等のマンガン肥料を施用することである。また、これと併せて、堆肥等の有機物を多量に施用し、土壌の緩衝能を高めることも必要である。

ウ ホウ素

生育途中で欠乏症が発生したときには、ホウ酸やホウ砂を水に溶かして葉面散布する。いずれも水に溶けにくいので、あらかじめ少量の温湯に溶かしてから水で薄めて使用する。

散布濃度は、野菜や果樹では、ホウ砂またはホウ酸0.2～0.3%、ナタネでは0.5～1.0%くらいがよいと言われている。ホウ素は葉害を起こしやすいので、特に散布濃度に注意しなければならない。葉害を防ぐためには、散布液が0.3%になるように生石灰を添加するとよい。欠乏症が発生してからでは、土壌施用の効果はあまり期待できないが、10a当たり0.5～1.0kgのホウ砂をうね間に施用し、覆土する。熔リンにホウ素を添加した肥料（BM熔リン）やホウ素入りの化成肥料が販売されているが、ホウ素は土壌中での適量の幅が狭いので、過剰にならないように注意しなければならない。堆肥の施用は極めて有効である。これは、有機物によってホウ素が供給される以外に、土壌水分の保持力

が強くなることにより干ばつの害を受けにくくなり、また、根が広く張ってホウ素の吸収が良くなるためである。ただし、ホウ素の要求量の多いダイコンやキャベツの栽培には、堆肥から供給されるホウ素量だけでは作物の吸収量に満たないため、ホウ素入りの化成肥料の併用が必要である。この他、ホウ素はアルカリ性で不可給態化するのので、酸性改良するときには、過度に石灰を施用することを避け、土壌の酸度を測定し、酸性改良するために必要な程度の石灰を施用するように心がけることも必要である。

エ モリブデン

欠乏症が発生した場合には、モリブデン酸ナトリウムまたはモリブデン酸アンモニウムの0.01~0.03%液を葉面散布する。土壌に施用するときは、10a当たり、モリブデン酸ナトリウムまたはモリブデン酸アンモニウム30~100gを100Lくらいの水に溶かしてうね間に施用し、覆土すればよい。土壌中の全モリブデン含量は0.5~3.0ppmで、そのうち、可給態のモリブデンは10分の1程度である。他の微量元素と異なり、モリブデンは土壌が酸性化すると、農作物に利用可能な可給態の量が減少する。土壌の反応に留意し、石灰で酸性を改良しておかなければならない。さらに、土壌を健全に保つためには、十分な量の堆肥を施用し、有機物からのモリブデンの供給と土壌の理化学性の改善を図ることが必要である。

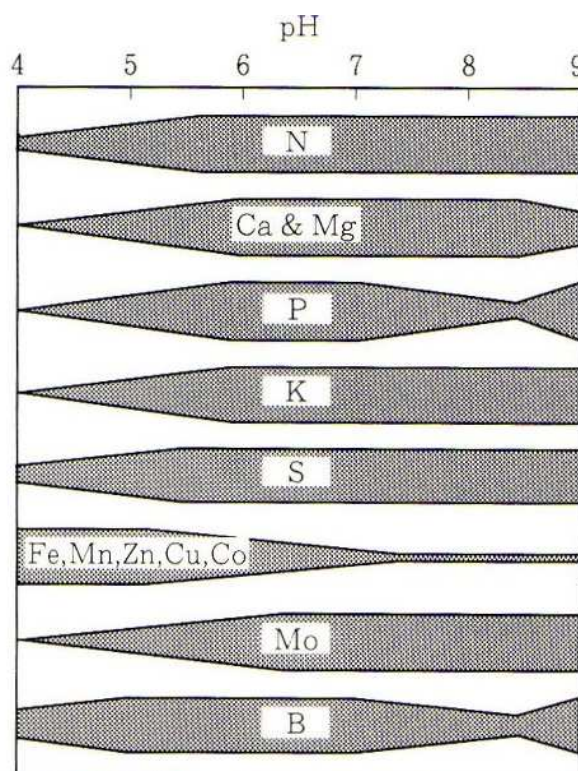


図3-2 植物養分の有効性とpHの関係 (Bacman ら, 1970)

バンドの幅は各養分の有効性を示す

表 3 - 6 各要素の葉面散布濃度

要素	薬品名	散布濃度
窒素	尿素	0.4~0.5%
リン酸・カリ	第一リン酸カリウム	0.2~0.5%
カルシウム	塩化カルシウム	0.2~0.5%
マグネシウム	硫酸マグネシウム	1~2%
ホウ素	ホウ酸	0.2% (生石灰0.2%混合液)
マンガン	硫酸マンガン	0.1~0.2%
鉄	硫酸第一鉄	0.10%
亜鉛	硫酸亜鉛	0.2~0.4% (生石灰0.2%混合液)
モリブデン	モリブデン酸アンモニウム	0.03%

3-3 処方箋の作成

土壌診断は、土壌を採取後、分析し、土壌診断基準による処方箋を作成し、農家との検討を実施して完結する。この処方箋の作成にあたっては、分析土壌の現地における状態（作付状況、栽培方法、ほ場条件等）をふまえて作成することが大切である。

(1) 分析値の 10 a 当たり、深さ 10cm 当たりの kg 換算法

- 10 a (1,000 m²) の深さ 10cm (0.1m) 当たりの土壌の量 (kg)
 $1,000 \times 0.1 \times \text{仮比重} \times 1,000 = 100,000 \times \text{仮比重} = 10^5 \times \text{仮比重} \text{ (kg/10 a)}$
仮比重：現地における、ほ場状態での土壌 1mL の乾土重
- 分析値 → mg/100 g (2 mm のふるい通過の土壌の分析値)
- (mg/100 g) → (kg/kg) の換算
 $10 \times 0.001 \times 0.001 = 10^{-5} \text{ (kg/kg)}$
- 分析値 A (mg/100 g) → kg/10 a の換算
 $A \times 10^{-5} \times 10^5 \times \text{仮比重} \rightarrow A \times \text{仮比重} \text{ (kg/10a/10cm)}$
すなわち、分析値 × 仮比重が 10 a 当たり、深さ 10 cm 当たりの kg 量となる。
- 分析土壌は 2 mm ふるいを通過した土壌なので、礫含量に応じて次の係数を乗ずる。
- 分析値の 10 a 当たり、深さ 10cm 当たりの kg 換算

① 礫(れき)含量が少ない場合 (5%)

$$\text{分析値} \times \text{仮比重} \rightarrow \text{kg/10 a /10cm}$$

② 礫(れき)含量が多い場合

$$\text{分析値} \times \text{仮比重} \times \left[\frac{100 - \text{礫(れき) \%}}{100} \right] \rightarrow \text{kg/10a/10cm}$$

(2) 土壌の仮比重について

仮比重は現地における、ほ場状態での土壌 1 mL 中の乾土重のことで、火山灰土壌(黒ボク土)が軽く、沖積土壌が重い。土壌別の仮比重の目安は次のとおりである。

火山灰土壌(黒ボク土)	0.7	火山性砂土壌	0.8
沖積土壌	0.9	砂土、重粘土壌	1.1

仮比重は稲わら、ソルゴー等、有機物の施用量が多く、土壌の孔隙率が多く、物理性が良くなるにつれ、小さくなっていく。

一方、土壌の真比重は土壌による差が小さく、火山灰土壌(黒ボク土)で 2.4、非火山灰土壌で 2.6、鉢物用土・育苗床土で 2.2 程度である。

(3) 土壌の C E C (陽イオン交換容量) の推定法

土壌の塩基バランスを配慮した土壌養分診断基準の場合は、土壌の C E C に対する石灰、苦土及びカリの飽和度(%)で表示してある。したがって C E C が不明の場合は処方箋が作成できないが、定法による C E C の測定には時間がかかる。そこで、C E C が測定されていない場合は次の式による推定値を用いる。

$$\text{C E C} = \frac{3.5 (\text{C a Omeq} + \text{M g Omeq} + \text{K}_2\text{Omeq})}{\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) + 0.5 \times \text{E C} - 3.5}$$

なお、この式から求められる値はあくまで推定のCECであり、土壌別の代表的な値（表3-2）とかけ離れてしまう場合もある。

表3-7 土壌の種類とCECの代表値の目安

土壌の種類	CEC	土壌の種類	CEC
砂丘未熟土	3~10	灰色台地土	15~30
淡色黒ボク土	15~25	灰色低地土	15~25
腐植質黒ボク土	20~30	褐色低地土	15~30
多腐植質黒ボク土	30~40	黒泥土	20~40
褐色森林土	10~25	グライ土	20~40

*CECの単位は meq/100g

*「土壌診断の方法と活用」（農文協）を一部改変。

そのため、現行の神奈川県土壌診断プログラムでは、推定CECを用いる場合、腐植質黒ボク土で60meq/100g以上、その他の土壌で40meq/100g以上の場合、それぞれ60、40に、腐植質黒ボク土で20meq/100g以下、その他の土壌で15meq/100g以下の場合、それぞれ、20、15として、塩基バランスの計算を行っている。

(4) 処方箋作成事例

ア 土壌分析結果と改善目標

	土壌分析結果 (mg/100g)	改善目標		不足量 (mg/100g)
		飽和度(%)	(mg/100g)	
CaO	336	30	561	225
MgO	80	15	121.0	41.0
K ₂ O	50	3	56.5	6.5
CEC	40 meq			

イ 10a当たりの不足量（深さ10cm当たり）

- 仮比重0.7で礫(れき)含量が少ない土壌の場合

石灰 → $225 \times 0.7 = 158 \text{ kg} / 10 \text{ a} / 10 \text{ cm}$

苦土 → $41.5 \times 0.7 = 28.7 \text{ kg} / 10 \text{ a} / 10 \text{ cm}$

カリ → $6.5 \times 0.7 = 4.6 \text{ kg} / 10 \text{ a} / 10 \text{ cm}$

ウ 使用肥料と成分量

炭カル—CaO 47% 苦土炭カル—CaO 35%, MgO 10%

硫加—K₂O 50%

エ 肥料の施用量

- 石灰の不足量を苦土炭カルで施用すると苦土が多すぎる。そこで苦土の不足量を苦土炭カルで施用し、さらに石灰の不足量を炭カルで施用する。

苦土炭カル → $28.7 \div 0.1 = 287 \text{ kg}$

炭カル → $\frac{158 - (287 \times 0.35)}{0.47} = 123 \text{ kg}$

硫加 → $4.6 \div 0.5 = 9.2 \text{ kg}$

3-4 土壌診断プログラム及び施肥設計プログラムの利用

化学性改良の具体的対策としては、石灰及び苦土などの塩基成分及びリン酸の過不足の判定に基づく改善であるが、各成分の量的な過不足だけでなく、成分間のバランスが問題となる。このため、多少の計算処理が必要であり、診断専用ソフトの使用や表計算ソフトの活用が必要になってくる。神奈川県農業技術センターでは処方箋作成に必要な2つのプログラム「土壌診断プログラム」と「施肥設計プログラム」を、ホームページでWEB公開しており、「神奈川県農業技術センターホームページ」からダウンロードできる（神奈川県×土壌診断プログラムで検索可能）。

(1) 土壌診断プログラムの機能（※）

土壌診断プログラムは、土壌分析の分析値、サンプリングした土壌の種類、圃場の種類から、10a当たりの土壌改良に必要な成分量と余剰肥料成分量を計算するプログラムで、土壌診断結果、土壌改良に必要な塩基及びリン酸の成分量、余剰肥料成分量が表示される。このデータは施肥設計プログラムで利用する。また、土壌診断プログラムでは、利用者が容易に診断目標値の確認や、値の修正、変更ができる。診断の際に採用された計算式を確認することもできる。

※本プログラムには、分析値表示版と分析値非表示版の2つがあり、土壌診断プログラム【分析値非表示版】では、分析値はグラフ化され、成分量は土壌改良資材の施用例や肥料の資材相当量として表示され、診断結果として分析値及び成分量が表示されない。これに対し、【分析値表示版】では、土壌診断結果に分析値および土壌改良に必要な塩基及びリン酸の必要成分量、余剰肥料成分量が出力される。

土壌診断プログラムでは、同時にデータの蓄積も行われ、CSV形式のデータとして出力、保存したりできる。また、保存されたデータは施肥設計プログラムで利用できる。

なお、処方箋の計算には、土壌の種類別の仮比重（※1）が適応され、土壌100g当たりの量からほ場面積当たりの量への計算が行われる。また、ほ場の種類（露地か施設か）によって、適正範囲や改良目標値（※2）が決まる。したがって、分析結果だけでなく、土壌の種類（※3）や、ほ場の種類、作目等の情報も十分得ておく必要がある。

（※1）土壌の種類別の仮比重については、p64～(2)土壌の仮比重についてを参照のこと

（※2）適正範囲や改良目標値については、表3-1 作物別土壌養分診断基準値を参照のこと

（※3）土壌の種類については、p37～のII-2 土壌管理を参照のこと

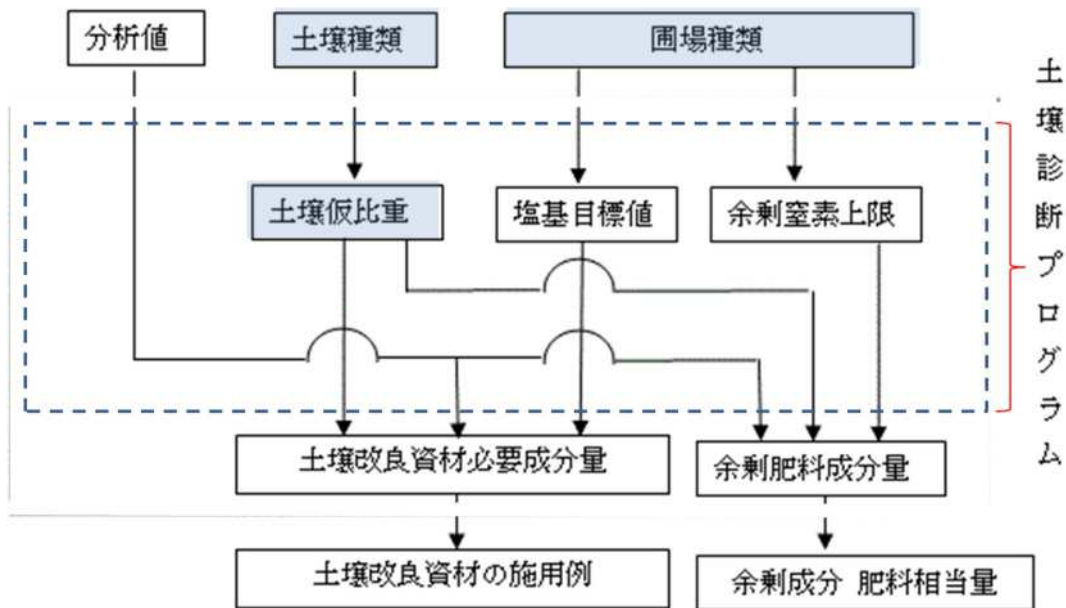


図 3 - 3 土壌診断プログラム（分析値表示版）の概要

土壌診断プログラム 余剰肥料成分および土壌改良に必要な成分量を算出します。 神奈川農業技術センター作成

ID番号検索

<<< 前のデータ | ID: 1 | 検索 | 次のデータ >>>

保存 | 結果表示 | 一括再診断・保存

データ保存ファイルパス: D:\土壌診断\Y201001.csv | ファイル選択

↑ 保存ファイルはCSV形式を指定してください。(拡張子.csv)
既存ファイルを指定した場合はそのファイルに追記し、データを蓄積します。

↑ 指定されている保存ファイル内の全データについて、一括して再診断し、結果を別ファイルに保存します。

分析日: 西暦 年 月 日
2009 4 1 (←入力必須)

ID番号: 1 (新規ID) (←入力必須)

サンプルNo.: 1

生産者名: 神奈川太郎

サンプル名 (圃場名): 上吉沢1617

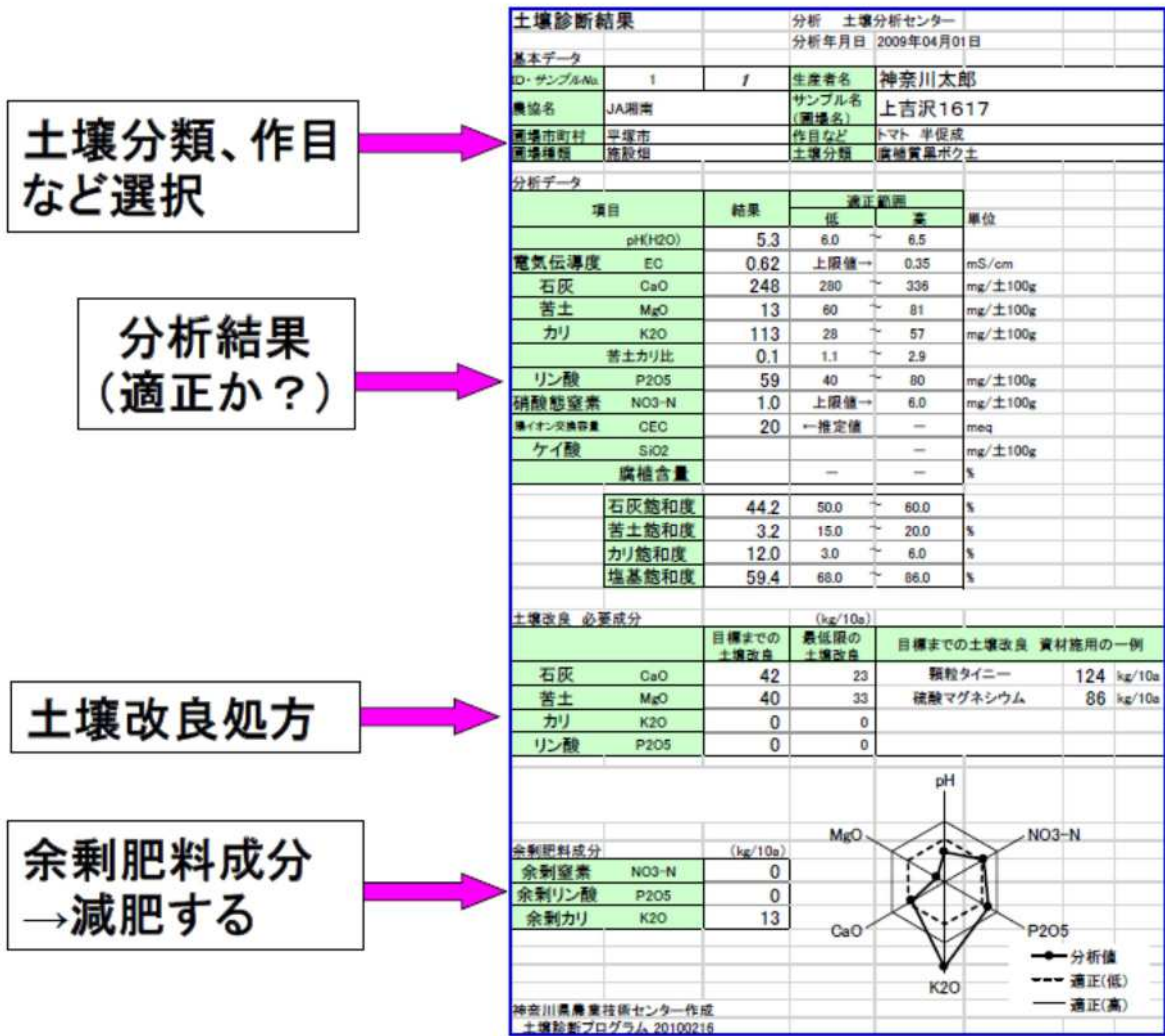
作目など: トマト 半促成

分析値	pH(H ₂ O)	EC	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	NO ₃ -N	CEC	SiO ₂	腐植含量	単位
		mS/cm	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	meq	mg/100g	%	
	5.3	0.62	248	13	113	59	1.0				

↑ CEC未入力の場合は推定します。

農協: JA湘南 | 市町村: 平塚市 | 土壌種類: 腐植質黒ボク土 | 圃場種類: 施設畑

図 3 - 4 土壌診断プログラムの入力画面例



土壌分類、作目
など選択

分析結果
(適正か?)

土壌改良処方

余剰肥料成分
→減肥する

図 3 - 5 土壌診断プログラム (分析値表示版) の出力例

(2) 施肥設計プログラムの機能

施肥設計プログラムでは、土壌診断プログラムで得られた必要成分量及び余剰肥料成分量（分析値非表示版では、資材相当量から換算する）から、土壌改良資材投入量、肥料投入量を算出する。改良資材、肥料の銘柄は各自で自由に追加、選択することが可能である。堆肥予定施用量を入力すると、その分だけ改良資材、肥料を削減して施肥設計する。また、資材及び肥料の1袋当たりの量目と価格を事前に設定しておく、選択されている資材及び肥料の組み合わせで設計した場合、総費用がどのくらいかかるか、入力画面上に表示される。

※詳細は、施肥設計プログラムマニュアル（神奈川県農業技術センターホームページ掲載）を参照

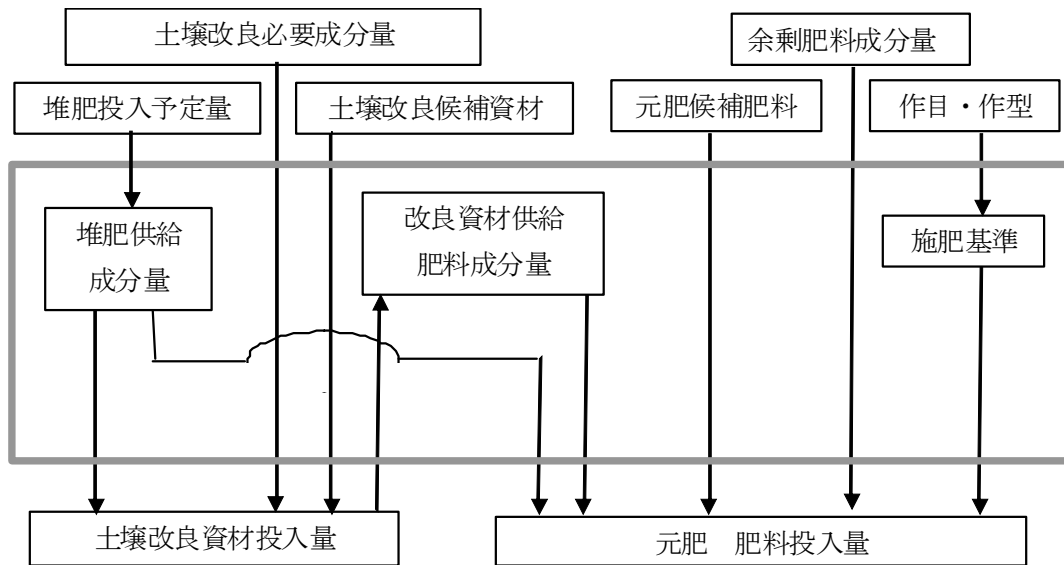


図 3 - 6 施肥設計プログラムの概要

施肥設計プログラム

土壌改良の必要成分量、余剰肥料成分量等から資材・肥料の投入量、及び、肥料コストを算出します。

神奈川県農業技術センター作成

<<< 前のデータ | ID番号検索 | 次のデータ >>>

結果表示

年	月	日
2009	4	1
土壌分析日	2009 4 1	
ID番号	1	
生産者名	神奈川太郎	
圃場名	上吉沢1617	
栽培面積 (a)	10 一初期値は10a	
土壌種類	腐植質果ボク土	

トマト
半促成栽培

！分析値を直接入力してはいけません。！ (kg/10a)

分析値	土壌改良 必要成分量				前作までの余剰肥料成分量			
	CaO	MgO	K2O	P2O5	NO3-N	P2O5	K2O	
pH(H2O)	5.3	42	40	0	0	0.0	0	3

堆肥等予定施用量

有効成分量割合

(%) kg/栽培面積 10a

堆肥・乾燥糞・緑肥名	窒素 N	リン酸 P2O5	カリ K2O	石灰 CaO	苦土 MgO	予定施用量
家畜糞堆肥 牛糞	0.22	0.87	1.31	2.10	0.65	1100
-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

堆肥等の予定施用量はご自身で決めてください。その分だけ改良資材、肥料を削減します。

緑肥を選択すると、栽培面積当たり乾物収量が自動的に入力されます。！

土壌改良 候補資材選択

(%) (円/20kg)

目的成分	資材名	窒素 N	リン酸 P2O5	カリ K2O	石灰 CaO	苦土 MgO	アルカリ度	20kg単価
リン酸	過リン酸石灰	0	17	0	0	0	0	0
苦土石灰	顆粒タイニー	0	0	0	34	15	55	0
石灰	炭カル	0	0	0	53	0	53	0
苦土	硫酸マグネシウム	0	0	0	0	25	0	0
カリ	塩化カリ	0	0	60	0	0	0	0

元肥 候補肥料選択

(%) (円/20kg)

目的成分	肥料名	窒素 N	リン酸 P2O5	カリ K2O	20kg単価
窒素	硫酸	21	0	0	0
リン酸	過リン酸石灰	0	17	0	0
カリ	硫酸カリ	0	0	50	0

結果表示

現 選択資材・肥料で設計した際の各成分の過不足 (kg/10a)

	窒素 N	リン酸 P2O5	カリ K2O	石灰 CaO	苦土 MgO
余剰量			2		
不足量					

現 選択資材・肥料で設計した際の総費用

	円 /栽培面積 10a
土壌改良	
元肥	
合計	0

図 3-7 施肥設計プログラムの入力画面例

土壤改良・施肥設計

基本データ

ID	1	分析年月日	2009年4月1日
作目	トマト	生産者名	神奈川太郎
作型	半促成栽培	圃場名	上吉沢1617
土壤種類	腐植質黒ボク土	栽培面積(a)	10

設計条件

(kg/10a)

	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
土壤改良必要成分		0	0	42	40
前作までの 余剰肥料成分	0.0	0	3		

堆肥等 予定

有効成分量

(kg/栽培面積 10a)

堆肥・乾燥糞・緑肥名	予定施用量	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
家畜糞堆肥 牛糞	1100	2	10	14	23	7
—						

■土壤改良

目的成分	資材名	施用量		コスト	
		栽培面積 10a当 重量	栽培面積 10a当 袋数	栽培面積 10a当 円	
リン酸		kg			
苦土石灰	顆粒タイニー	56 kg			
石灰		kg			
苦土	硫酸マグネシウム	98 kg			
カリ		kg			

	現状	改良後推定
pH(H ₂ O)	5.3	5.5

※推定なので実際と異なる場合があります。

トマト半促成栽培の施肥基準(元肥)

窒素	リン酸	カリ
15	25	15

(kg/栽培面積 10a)

■元肥

目的成分	資材名	施用量		コスト	
		栽培面積 10a当 重量	栽培面積 10a当 袋数	栽培面積 10a当 円	
窒素	硫安	60 kg			
リン酸	過リン酸石灰	91 kg			
カリ		kg			

神奈川県農業技術センター作成 施肥設計プログラム 20110408

図 3-8 施肥診断プログラムの出力例

4 土壌溶液による診断法

生育期間が長い作物に対する施肥管理は、① 作物の養分吸収特性に合った肥効発現をする肥効調節型肥料等の利用、② 追肥による細かな土壌養分の調節等の方法で行われる。土壌溶液診断は、調査時点で、作物にとって利用可能な土壌溶液中の養分状態を知ることができ、②の追肥時期を判定する方法のひとつである。土壌溶液の採取方法は、作物の水管理により、吸引法と生土容積抽出法に分けられ、それぞれの診断基準値が策定されている。

土壌溶液診断は、栽培期間中に採取した土壌溶液を分析するため、従来の土壌分析よりもリアルタイムかつ継続的な土壌溶液中の養分状態の把握ができる。こうしたことから、合理的な施肥管理が可能となり、環境負荷低減につながることを期待されている。

(1) 土壌溶液の採集方法

ア 吸引法

土壌溶液採取には、溶液採取部（ポーラスカップ）、集液容器（ガラス容器）及び手動式真空ポンプが必要である。また、注射器を利用した真空ポンプと集液容器を兼用する簡単なタイプ等、いくつかのものが市販されている。

かん水チューブから5 cm程度離れた深さ15~20cmの位置にポーラスカップを埋設しておき、あらかじめ真空ポンプで減圧（40cm・Hg程度）した集液容器を接続し、土壌溶液を吸引して容器内に集める。土壌溶液の採集は1ほ場当たり3ヵ所以上、できれば6ヵ所以上で測定し、その中から平均的な2~3ヵ所を測定場所として選定するとよい。

土壌溶液中の養分濃度は土壌水分量に影響されることから、土壌水分状態をほぼ一定にするために、かん水後1~2日たってから採集を行う。

イ 生土容積抽出法

低水管理の栽培では土壌が乾燥しており、吸引法では土壌溶液の集液が困難である。このため、生土に純水を加えて土壌溶液を抽出する、生土容積抽出法が用いられている。抽出に用いる生土は、表層数cmを除いた作土層（深さ15~20cm）から、1ほ場当たり5ヵ所以上採集し、れきや粗大有機物を取り除く。次に、あらかじめ100mLと150mLの位置に印をつけた200mL程度の容器に、100mLまで純水を入れ、生土を150mLまで加える。これを20秒間振とう（1秒間に1回振とう）した後、直ちにろ紙でろ過し、そのろ液を診断に用いる。

吸引法と同様、かん水直後のような過湿や極端に乾燥した状態は避ける。

(2) 土壌溶液の分析・診断方法

土壌溶液中には多くの肥料成分が含まれているが、陽イオンと陰イオンが等量的に存在し、陰イオンに対応して陽イオンが溶出するという特徴がある。特に、施設栽培では、肥料や土壌改良材に含まれる副成分などによって、ECだけでは養分の残存量を判定できないことがある。このため、施設栽培での土壌溶液診断では、窒素（硝酸イオン）濃度を直接測定することが必要である。野菜と花き類で作成された診断基準値の一部を表4-1にまとめた。

硝酸イオンを現場で簡単に測定するには、現在市販されている簡易イオンメータ（カーディ）、イオン試験紙（メルコクアント試験紙）、反射式光度計（RQフレックス）等を利用することが適当と考えられる。

カーディは、硝酸イオンを10,000ppm未満まで測定できるが、測定値の振れが大きい傾向があるため、頻繁な校正や硝酸イオンを測定する電極部分を複数購入する必要がある。

メルコクアント試験紙は最も簡易ではあるが、測定できる濃度幅が大きいため、おおよその値

を得たい場合に用いるとよい。硝酸イオンの測定範囲は10～500ppmとなっているが、実際の判別は250ppm以下でないと難しい。このため、診断の測定範囲が250ppm以下に入るように、土壤溶液を希釈する必要がある。また、発色反応を安定させるため、15～25℃の範囲で使用するとよい。

RQフレックスは比較的精度が高いが、測定機器本体が他の機器より高価であり、試験紙もやや高い。測定範囲は2～225ppmであるが、メルコクアント試験紙と異なり、細かな測定値を得ることができる。ただし、土壤溶液を診断の測定値が225ppm以下になるように希釈する必要がある。また、発色反応を安定させるため、15～25℃の範囲で使用するとよい。

表4-1 野菜・花き類のリアルタイム土壤溶液診断基準値

作物名	作型	診断期間	採取方法		診断基準値 ²⁾	作成県
			(採取位置 ¹⁾)		NO ₃ ⁻ (mg/L)	
キュウリ	促成	収穫期間(2月下～6月下)	吸引法 (15cm)	生土容積抽出法	400～800 250～350	埼玉
	半促成	収穫期間(3月下～6月下)	吸引法 (15cm)	生土容積抽出法	400～800 250～350	
	抑制	収穫期間(9月下～1月下)	吸引法 (15cm)	生土容積抽出法	400～800 250～350	
トマト (6段階摘心)	促成	収穫期間(12月中～2月上)	生土容積抽出法		200～300	愛知
	半促成	収穫期間(5月下～7月上)	生土容積抽出法		100～200	愛知
トマト 10～14段階 摘心	促成	2月まで	生土容積抽出法		250～350 ³⁾	神奈川
	長期	3月以降	生土容積抽出法		200～300 ³⁾	
ナス	露地	収穫期間(7月上～10月中)	生土容積抽出法		250～350	埼玉
イチゴ(女峰)	促成	収穫期間(12月下～4月下)	生土容積抽出法		80～160	埼玉
セルリー		前期			300～400	静岡
		中期	吸引法 (20cm)		400～500	
		後期			600	
バラ		全栽培期間	吸引法 (20cm)		400～600	千葉・神奈川
スイートピー		全栽培期間	吸引法 (20cm)		200～500	神奈川
カーネーション		全栽培期間	吸引法 (10cm)		1000	千葉
キク		全栽培期間	吸引法(15～20cm)		500～1000	宮城

1) 吸引法ではポーラスカップの埋設深、生土容積法は表層数cmを除いた作土層を採集する。

2) 硝酸態窒素で示されている基準値は硝酸イオンに置き換えてある。

3) 淡色黒ボク土に限る。

5 作物の栄養診断

栄養診断は、土壌中の施肥成分の増加に応じてその濃度が増加する植物体の部位を用いて、養分の過剰な吸収や不足状態を判定する技術である。特に、作期の長い作物に対して効率的な施肥管理を行うためには、リアルタイムに作物の栄養状態を診断することが必要となる。また、土壌養分濃度の変化が、植物体の養分組成に反応しにくい作物もあり、この場合は前出の土壌溶液診断基準値（表4-1）等と組み合わせて施肥管理を行う。

ここでは、野菜や花き類で用いられている汁液による栄養診断法の特徴と、診断する場合の問題点について述べる。

(1) 汁液の採取方法

現在、一般的に行われている汁液の採取法は、試料を、①ニンニク絞り器で絞る方法（搾汁法）、②乳鉢やすり鉢などですりつぶす方法（摩砕法）、③スライスして水で浸出する方法（スライス法）に大別される。それぞれの方法で成分の抽出量が異なるため、対象作物の抽出法は基準策定時の方法に従わなければならない。また、診断部位の採取は、誤差を考慮すると、10～20ヶ所から採集することが望ましい。

搾汁法は、これらの中で最も簡単な方法であり、多汁質の作物に用いられている。試料をハサミなどで1～2cmに切断し、ニンニク搾り器で搾汁する。診断値は、搾汁液当たりの値に換算する必要がある。

摩砕法は、試料をハサミなどで1～2cmに切断し、純水中で摩砕を行う。乳鉢でのすりつぶしは手間がかかるため、ゴマすり器や簡易なミキサーなどの利用が能率的である。診断値は、生重当たりの値に換算する必要がある。

スライス法は、試料を1～2mmにスライスし純水中で抽出する方法である。この方法だと、通導組織と切断面周辺からしか成分が抽出されないため抽出量が少なく、切断の幅（単位当たりの切断の回数）にも注意しないと、正確な情報は得られない。診断値は、生重当たりの値に換算する必要がある。

(2) 汁液の分析方法

汁液による栄養診断で、最も多くの指標として使われているのは、窒素の指標としての硝酸イオンであるが、目的により、カリウムやリン酸、カルシウム、あるいは微量元素も測定する必要がある。野菜と花き類で作成された、窒素施肥の診断基準値の一部を表5-1及び表5-2にまとめた。

硝酸イオンの測定法は、II-4(2)土壌溶液の分析・診断方法に準ずる。ただし、簡易イオンメータ（カーディ）については、バラ等では汁液の着色等による測定値への影響があることが知られており、ろ過や活性炭処理等の前処理が必要となる。特に、植物体中の硝酸イオン濃度は、天候や採取する時刻によっても変化するため、診断条件が定められているものについては、厳守する必要がある。

表5-1 野菜類のリアルタイム栄養診断基準¹⁾

作物名	測定部位	作型	収穫期間	測定時期	診断基準値 ²⁾	
					NO ₃ ⁻ (mg/L)	作成県
キュウリ	14～16節の葉 または側枝第 1葉の葉柄	促成	2月下旬	3月～4月	3,000～5,000	埼玉
			～6月下旬	5月	900～1,800	
				6月以降	500～1,500	
	1葉の葉柄	半促成	3月下旬	4月	3,500～5,000	埼玉
			～6月下旬	5月	900～1,800	
				6月以降	500～1,500	
		抑制	9月下旬 ～11月下旬	9月下旬 ～11月下旬	3,500～5,000	埼玉
トマト	ピンポン玉程 度の果房直下 の本葉中央部	促成 (6段摘心)	12月中旬 ～2月上旬	12月中旬 ～2月上旬	1,500～3,000	愛知
			半促成	5月中旬	5月中旬	1,000～2,000
		促成長期 (12段摘心)	2月下旬	2月	4,000～5,000	埼玉
			～7月上旬	3月～4月 5月～6月	2,000～3,500 500～1,500	
		抑制	8月中旬	8月中旬 ～9月中旬	7,500～9,000	茨城
			(7段摘心)	～11月中旬	9月中旬以降	
メロン	果実直下の葉 柄	半促成	7月上旬 ～中旬	定植時 開花期	3,000～4,000 2,000～3,000	愛知
				果実肥大期	5,000～6,000	
				成熟期	2,000～3,000	
				収穫期	1,000～2,000	
ナス	最新の展開葉から 数えて3～5枚目 の葉柄	露地	7月上旬	7月上旬	3,500～5,000	埼玉
			～10月中旬	～8月上旬		岐阜
イチゴ	最新の展開葉から 数えて3～5枚目 の葉柄	促成	12月下旬	11月上旬	2,500～3,500	埼玉
			～4月下旬	1月上旬	1,500～2,500	
				2月上旬以降	1,000～2,000	

1) 汁液採取方法は、全て、診断部位をニンニク搾り器で搾汁する搾汁法による。

2) 硝酸態窒素で示された診断基準値は硝酸イオンに置き換えてある。