

第2章 共通事項

第1節 土壤管理・植物栄養

1 野菜ほ場の特徴

露地ほ場と施設ほ場では、環境に大きな違いがあり、課題や対策が異なるが、どちらも連作障害が発生しやすいので、土づくりや輪作体系を組み、適正な土壤管理を行っていく必要がある。

露地ほ場は特に雨の影響を大きく受け、養分の溶脱や土壤が酸性化しやすい条件にある。逆に、施設ほ場は降雨の影響がないため、養分が蓄積しやすい条件にある。

いずれのほ場でも作付けが繰り返され、土壤病害虫の多発等連作障害が発生していることが課題である。

マルチ栽培（露地）の土壤環境は施設栽培に近く、肥料の流亡が少なく、有効に活用されるので、基肥を2～3割減肥する。また、盛夏等には地温が上昇しやすいので、高温対策（稻わらなどによる被覆・マルチの除去）を徹底する。

表2-1-1 露地野菜ほ場の特徴

特 徴	問 題 点	対 策
○雨・風の影響受ける ○肥料・有機物等多施用 ○作付け回数・耕耘回数多い	○養分の流亡、土壤の酸性化 ○土壤浸食、土壤表層固着化 ○養分の蓄積（リン酸・加里等）・アンバランス化 ○土壤改良の機会が少ない ○すき床層形成、作土層浅層化	○土壤酸度の矯正 ○マルチ栽培の実施 ○不足している養分の施用によるバランスの矯正 ○有機物施用の適正化 ○輪作・田畠輪換 ○深耕・排水対策の実施 ○緑肥作物の導入

表2-1-2 施設野菜ほ場の特徴

特 徴	問 題 点	対 策
○降雨の影響なし ○肥料・有機物等多施用 ○作付け回数・耕耘回数多い	○作土層への塩類集積（高EC化）、 ○養分の蓄積、アンモニア・亜硝酸ガス障害、土壤のアルカリ化 ○土壤の悪化、養分の蓄積（リン酸・加里等）・アンバランス ○土壤改良の機会が少ない ○すき床層形成、作土層浅層化	○除塩対策 ○養分バランスの適正化（特にリン酸や加里過剰に注意する） ○土壤酸度の矯正 ○深耕 ○輪作 ○緑肥作物の導入

2 土壤・栄養診断

土壤診断は、①土壤の生産力の把握（基礎診断）②土壤改良診断③肥培管理の改善（施肥診断）等の目的で実施されるが、この3つは明確には区分されるものではない。①基礎診断は、すでに悪化した土壤を発見する役割と健全な土壤が悪化する前に事前に把握することを目的として行われる。ヒトの健康診断の一次検査（スクリーニング）に例えられる。②土壤改良診断は、野菜の生育等に問題が生じた時に原因究明をするために実施されるもの。③施肥診断は、土壤に異常がなくても、野菜の肥培管理を適正にするために実施されるものである。

（1）露地野菜ほ場

イ 基礎診断

標準的な項目は、土壤及び立地条件（①土地の乾湿 ②障害性 ③災害性 ④傾斜⑤浸食性）を外観で判断し、営農に関わる項目（⑥作土層の厚さ ⑦有効土層の厚さ⑧表土のレキ量 ⑨耕耘の難易）の調査、野菜の生育に関する項目（⑩自然肥沃土⑪養分の良否（含量））の調査を行いながら、生育阻害要因の有無を見いだし、必要な場合は改善に向けての処方箋を作成する。

ロ 土壤改良診断

生育阻害要因は多岐にわたるが、①塩基類のバランス・飽和度不良 ②CEC（保肥力）やリン酸固定（固定力） ③物理性（ち密度や透水性） ④浸食等が主要な要因としてあげられる。

土壤改良目標（3 土壤改良・土づくりの項参照）を目安に土壤改良を行う。

ハ 施肥診断

（イ）基肥対策診断

土壤に残存している、養分を勘案した施肥設計を実施する。露地野菜ほ場でも、リン酸や加里等が蓄積傾向にあるので、残存量により、無施用～減肥する。養分間のバランスにも配意する。

（ロ）追肥対策診断

基肥として施用された養分は、野菜の吸収と溶脱等により減少する。追肥にあたっては、①土壤への残存量 ②野菜の栄養状態 ③環境条件（例：曇天が続く等）等を考慮して総合判断する。土壤の状態の把握には土壤溶液による診断、野菜の栄養状態把握には汁液診断等が活用できる。

ニ 障害対策診断

露地野菜ほ場で発生しやすい障害には、①化学的障害（微量要素欠・酸性害）②物理的障害（耕盤形成：排水不良・根伸長阻害等）③連作障害（土壤病害虫等）等があげられる。

（2）施設野菜ほ場

イ 基礎診断

露地野菜ほ場と同様。

ロ 土壤改良診断

降雨による溶脱の影響を受けないため、野菜に吸収されなかった養分は土壤に残存

する。また、下層の水分が土壤表層での蒸散に伴い上層に移動するため、塩類は表層に特に集積する。塩類集積が軽度な場合は、減肥のみで対応できるが、集積が進んだ場合は、除塩対策が必要である。

改良対策としては、①有機物施用によってCECを高め、塩類濃度障害発生を抑制する。②深耕により根域の拡大を図る等がある。

ハ 施肥診断

(イ) 基肥対策診断

残存している養分量（硝酸態窒素・リン酸・塩基等）を勘案して、施肥量を算出する。塩基類については、絶対量のみでなく、バランスもにも配慮する（表2-1-8 土壤分析による土づくり肥料の計算例1）。リン酸の残存量と減肥率は別途示した（表2-1-9 土壤分析による土づくり肥料の計算例2）。

(ロ) 追肥対策診断

基肥として施用された養分は、野菜への吸収等により減少する。追肥にあたっては、土壤への残存量と野菜の栄養状態や環境条件（例：曇天が続く等）等を総合判断する。土壤の状態の把握には、土壤溶液の分析や生土容積法、野菜の栄養状態把握には汁液診断等が活用できる。

二 障害対策診断

施設野菜ほ場で発生しやすい障害には、①塩類濃度障害による野菜の萎ちよう・根の伸長阻害・生育停滞 ②養分間のアンバランスや乾燥に起因する微量要素が吸収阻害されることによる微量要素欠乏 ③ガス障害（アンモニアまたは亜硝酸ガス） ④連作障害（土壤病害虫等）等があげられる。

(3) 新しい診断技術

一般の土壤分析は、採土した土壤を風乾・細土した後に分析するため、時間を要するが、最近、土壤溶液や野菜の汁液を用いたリアルタイムな土壤・栄養診断が普及している（個々の品目での詳しい内容については、第1節きゅうり 第2節トマトを参照）。両者を併用すると、診断がより確実になる。

イ 土壤溶液による診断

土壤溶液による診断は、野菜の生育期間中に採取した溶液をそのまま分析するので、リアルタイムな診断が可能となり、直ちに追肥の時期・量の判断ができる。また、継続して土壤溶液の状態を把握することで、合理的な施肥管理技術ができる。

土壤溶液の採取方法には、①ポーラスカップ吸引法（ポーラスカップをほ場に埋設して土壤溶液を直接採取する）と②生土容積法（採土後に土壤抽出液をとる）とがある。

ロ 野菜の汁液による栄養診断

栄養診断は土壤中養分の変化が、影響を受けやすい野菜の部位を用いて、野菜の栄養状態を判断する技術である。特に栽培期間の長い野菜に対して、適切な肥培管理を実施していくうえでは、リアルタイムな栄養診断が必要となる。

汁液の採取方法には、①搾汁法（ニンニク絞り器等で絞る） ②摩碎法（乳鉢等ですりつぶす） ③スライス法（スライスして水で抽出する）がある。

(4) 必須要素の欠乏症と過剰症対策

必須要素の役割と過剰・欠乏症及びその対策について紹介する。

イ 必須要素の欠乏症・過剰症とその対策¹⁾

要素名	役 割	欠 乏 症 状	過 剰 症
窒 素 N	○アミノ酸・タンパク質の構成成分 ○代謝を促進する酵素の構成成分 ○養分吸収・同化を盛んにする	○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 (対策)葉面散布・窒素肥料溶液の土壤施用	○葉が暗緑色化、生育過剰化 ○軟弱・徒長 ○病害虫が多発 (対策)緑肥等吸肥力の強い作物の作付け
リ ン P (リン酸)	○生理作用に関与する核酸・酵素の構成成分 ○ATP等エネルギー伝達へに関与 ○分けつ・根の伸長・開花・結実促進	○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 (対策)葉面散布・土壤酸度矯正	○栄養成長鈍化・停止、成熟異常促進、減収 ○リン酸と拮抗する、亜鉛や鉄の吸収抑制による欠乏症発生
カ リ K (カリ)	○細胞液の浸透圧維持、細胞分裂に関与 ○炭水化物や光合成産物蓄積に関与 ○病害虫抵抗性に関与	○植物体内で移動しやすいので、古葉の先端から黄化、葉縁に広がり枯死 ○新葉は暗褐化、小葉化 ○果実の小型化、収量・品質低下 (対策)葉面散布	○贅沢吸収されるが、障害は発生しにくい ○葉縁部の巻き上がり、凹凸を生じる ○カリと拮抗する、石灰・苦土の吸収抑制による欠乏症発生 (対策)塩基バランスの適正化
カルシウム Ca (石灰)	○ミトコンドリアの活性維持、光合成産物転流に関与 ○細胞内膜構造体や形成の構成要素	○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 (対策)葉面散布、土壤酸度矯正、土壤塩類濃度を高めない	○過剰症発生しにくい ○土壤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、リン酸の吸収阻害(欠乏症の発生) (対策)土壤酸度矯正
マグネシウム Mg (苦土)	○葉緑素の構成成分 ○リン酸の吸収・植物体内移動促進 ○酵素の活性化、酵素の構成成分	○植物体内で移動しやすいので、古葉や果実付近の葉の葉脈間が黄化 (対策)葉面散布、土壤の塩基バランス矯正、土壤酸度矯正	○草丈抑制、根生育不良 ○石灰欠乏を併発しやすい (対策)土壤が酸性の場合、石灰質肥料を施用

イオウ S (硫黄)	○たんぱく質の構成成分、酸化・還元等の生理作用に関与 ○根の発達促進	○全体的に生育停止(窒素欠乏に類似) ○植物体内での移動遅いので、生長点付近から黄化 (対策) 硫黄を含む肥料の使用(硫安や硫酸加里肥料等)	○過剰症は発生しにくい ○硫酸根肥料の過剰使用による土壤の酸性化 (対策) 土壤酸度矯正
ホウ素 B	○細胞壁の機能・構造維持に関与 ○糖の転流に関与	○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 (対策) 葉面散布、土壤の水分適正管理、土壤酸度矯正、ホウ素肥料施用	○土壤での許容範囲狭く、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) 土壤酸度矯正
マンガン Mn	○酸化還元酵素活性化に関与 ○葉緑素の生成・光合成に関与	○葉に斑点状の黄化、枯死 ○葉の小型化 (対策) 葉面散布、マンガン資材の施用、土壤酸度矯正	○古葉の先端に斑点発生 ○鉄欠乏を誘発 (対策) 土壤酸度矯正、土壤の過湿状態改善
鉄 Fe	○酵素の構成成分、葉緑素の形成に関与 ○酸化還元反応に関与	○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) ○土壤のリン酸・マンガンの過剰により鉄の吸収阻害 (対策) 葉面散布、土壤酸度矯正	○根の伸長抑制 ○株全体の矮化、葉の小型化 (対策) 土壤の過湿状態改善
亜鉛 Zn	○葉緑素の形成に関与 ○炭酸脱水酵素の構成要素 ○炭素の新陳代謝に関与	○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 (対策) 葉面散布、土壤アルカリ性矯正	○新葉の黄化、葉・葉柄に褐色斑点発生 (対策) 土壤酸性矯正
銅 Cu	○酸化還元酵素の構成成分 ○たんぱく質代謝に関与	○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 (対策) 葉面散布	○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) 土壤酸度矯正
モリブデン Mo	○硝酸をアンモニアに還元する酵素の構成要素 ○ビタミン C の生成に関与	○植物体内で移動しやすいので、古葉から症状が出る ○葉縁が内側にまき、スプーン状化 ○植物により症状多様 (対策) 葉面散布・土壤酸度矯正	○発生しにくい ○葉にクロロシス発生 (対策) 土壤の酸性化による吸収抑制

□ 養分の相互作用

土壤中の各種養分は、根からの吸収にあたり、相互に影響を与えており、相手の養分の吸収を阻害する場合と（拮抗作用）、吸収を促進する場合（相乗作用）があるので、養分間のバランスが重要である（図2-1-1）。

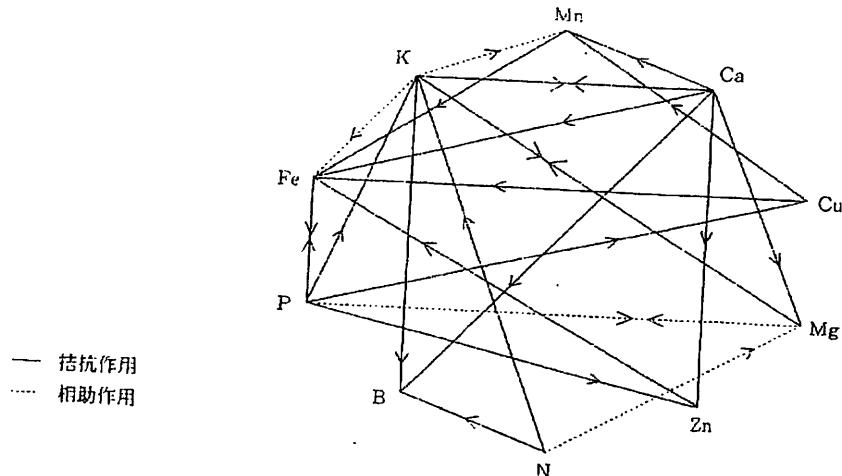


図2-1-1 各要素の相互作用¹⁾

3 土壤改良・土づくり

土壤改良目標値は表2-1-3のとおりである。野菜ほ場の土壤改良・土づくり対策としては、①土壤酸度矯正 ②深耕・排水対策 ③有機物の施用 ④土づくり肥料施用等があり、下表の土地改良目標を目安に組み合わせて対策を実施する。

表2-1-3 土壤改良目標（一般的な品目について）

	畑（露地栽培ほ場）	施設栽培ほ場
作土深 cm	20～30	20～30
ち密度（山中式）	20以下	20以下
地下水位 cm	80以下	80以下
粗孔げき量 %	15～20	15～20
土壤pH (H ₂ O)	6.0～6.5	6.0～6.5
土壤pH (KCl)	5.5～6.0	5.5～6.5
CEC me / 100 g 乾土	20以上	20以上
交換性石灰 CaO	CECの50～80%	CECの50～80%
交換性苦土 MgO	CECの9～12%	CECの9～12%
交換性加里 K ₂ O	CECの2～5%	CECの2～5%
石灰苦土比 CaO/MgO	6以下	6以下
苦土加里比 MgO/K ₂ O	2以上	2以上
塩基飽和度 %	80以下	70～100%
有効態リン酸 mg/100g 乾土	20～50	20～50

注) 改良目標の設定は、II～IV等級の耕地をI等級に引き上げる管理及びI等級に改善された耕地での維持管理目標を基準としている（土壤生産力可能性等級とは、生産制限要因がないものをI等級に分類し、生産制限要因が多く、農作物の栽培が困難なもの）。

(1) 土壌酸度の改良

日本は雨が多いため、一般に露地ほ場では石灰・苦土等の塩基類が流亡し、土壌が酸性化しやすいが、野菜を連作しているほ場では、石灰質資材の多施用により高pHになっている所も多く見られる。

一方、降雨の影響を受けない施設土壌でも土壌が酸性を示すことがあるが、この場合は、土壌中で作物に吸収されずに残存している。硝酸態窒素等が原因である場合もあるので、土壌分析を行い、ECや塩基類、硝酸態窒素などの残存量を確認する。

表2-1-4 土壌中の陽イオン・陰イオン濃度と土壌pHとECとの関係（イメージ）

		pH	
		高い（アルカリ性）	低い（酸性）
EC	高い	陰イオン：高い 陽イオン：非常に高い	陰イオン：非常に高い 陽イオン：高い
	低い	陰イオン：非常に低い 陽イオン：低い	陰イオン：低い 陽イオン：非常に低い

※ 陰イオン： NO_3^- SO_4^{2+} Cl^- など
陽イオン： Ca^{2+} K^+ Mg^{2+} Na^+ など

土壌が酸性化すると、①水素イオン直接の害 ②植物に有害なアルミニウムが活性化する ③リン酸・加里・石灰、ホウ素、モリブデンなどの養分が吸収しにくくなる ④マンガンや鉄、銅・亜鉛などが溶け出して、微量要素の過剰障害をおこす。

逆にアルカリ化するとマンガンや鉄・銅・亜鉛などが吸収されにくくなり欠乏症状を呈することがある。

土壌酸度を矯正する場合、目標とするpHまで変えるためにどの程度の石灰質資材を施用する必要があるかは、土壌ごとに石灰添加量を変えて、土壌緩衝曲線を作成し、必要な施用量を決定するのが、正確な方法であるが、簡易な表（表2-1-6）が作成されているので、簡易的に判断することも可能である。

野菜は苦土も多く必要とするので、炭酸苦土石灰（炭酸苦土石灰は苦土分が5%以上成分保証されている、単に苦土石灰ともいう）を使用して土壌酸度を矯正するのがよい。

表2-1-5 各農作物の生育好適土壌pH (H_2O) ¹⁾

作物名	生育良好pH域	作物名	生育良好pH域	作物名	生育良好pH域
水稻	4.7~7.0	大豆	6.0~7.0	カボチャ	5.6~7.5
大麦	6.5~8.0	トウモロコシ	5.7~7.5	レタス	6.0~7.0
小麦	5.0~7.5	トマト	5.6~7.5	タマネギ	6.0~7.0
エンバク	5.0~7.0	キュウリ	5.6~7.0	ホウレンソウ	6.0~7.0
ライムギ	5.0~7.0	ナス	5.5~6.0	キャベツ	6.0~7.3

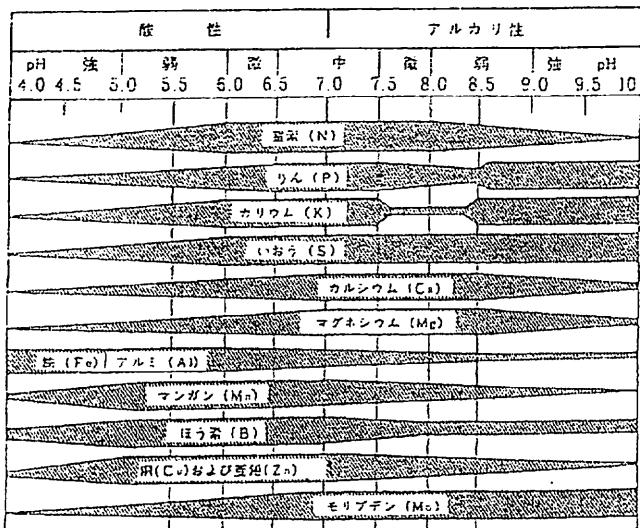


図2-1-3 pHによる各養分の溶解・吸収の目安¹⁾

表2-1-6 土壌酸度をpH6.5に矯正するために必要な炭カル (炭酸石灰) 施用量 (kg/10a)¹⁾

土性	pH 腐食含有	4.0	4.4	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8
砂土	含む	424	390	356	323	289	255	221	188	154	120
	富む	634	581	533	480	431	379	330	278	229	176
	頗る富む	986	908	829	750	671	593	514	435	356	278
砂壤土	含む	634	581	533	480	431	379	330	278	229	176
	富む	844	776	709	641	574	506	439	371	304	236
	頗る富む	1,268	1,166	1,065	964	863	761	660	559	458	356
埴壤土	含む	844	776	709	641	574	506	439	371	304	236
	富む	1,054	971	885	803	716	634	548	465	379	296
	頗る富む	1,549	1,425	1,301	1,178	1,054	930	806	683	559	435
埴土	含む	1,054	971	885	803	716	634	548	465	379	296
	富む	1,268	1,166	1,065	964	863	761	660	559	458	356
	頗る富む	1,830	1,684	1,538	1,391	1,245	1,099	953	806	660	514

注1) 肥料石灰使用の場合は0.76を乗じた量を施用する。

注2) 火山灰土の場合は比重が軽いので、30%程度減じた方がよい

代表的な石灰質肥料について

石灰質肥料の代表的なものを表にまとめた⁴⁾。

肥料名	製法(概略)	公定規格等	備考
生石灰	石灰石を1200℃で焼成	有効石灰80%以上	禁注水
苦土生石灰	〃	内有効苦土10%以上	
消石灰	生石灰に水を加え化合	有効石灰60%以上	肥料石灰と呼ばれることがある
苦土消石灰	〃	内有効苦土7%以上	
炭酸石灰(炭カル)	石灰石を粉碎	有効石灰53%以上	
炭酸苦土石灰 (苦土カル)	ドロマイト ^{※1} を含む石灰石を粉碎	内有効苦土5%以上	苦土石灰と呼ばれることがある
副産石灰肥料	鉱さいや貝がら等を原料	アルカリ分 ^{※2} 35%以上	
混合石灰肥料	石灰質肥料と他肥料混合	アルカリ分 ^{※2} 35%以上	
貝化石肥料	貝化石を原料	アルカリ分 ^{※2} 35%以上	緩効性

※1 ドロマイト：苦灰石、または白雲石とも言い、化学式では $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

※2 アルカリ分：有効石灰と有効苦土を合計したもの

(2) 深耕及び排水対策

作業性優先で耕耘等が実施されるため、作土層が浅層化したり、大型トラクターでの耕耘の繰り返しによるすき床層の形成等で、ほ場での排水性が悪化し、野菜の生育に影響を与えていている。

深耕すると作土が深くなるので、野菜の根群域が拡大して、根が十分伸張できるため、生産力増強を図るための重要な土壤管理の一つである。野菜の種類によって適正作土深は異なるが、少なくとも 20 ~ 25cm は必要であり、根菜類は 30cm 以上が必要である。深耕は深耕ロータリーやプラウ及びトレンチャー等によって行なう。下層土の混入による肥沃度の低下等や土壤環境が悪化があるので、土づくり肥料の施用をあわせて行なう。

排水対策は特に転作地に野菜を作付けする場合に重要となり、表 2-1-7 のような各種排水対策等を組み合わせて実施する。

表2-1-7 ほ場排水の方法と施工方法²⁾

排 水 方 法		排 水 の 働 き	施 工 方 法
地表水排除	畝立て	畝部、地表水の小排水溝 畝部、土壤の乾燥	畝が低い場合は30～50mごとにほ場の排水溝に落水する
	ほ場面排水溝	地表水を一時的にためる働きと排水溝 局地的残留水の排除	溝幅20～30cm、深さ15～25cm、間隔3～10m、溝掘機、ロータリトレンチャー
	作土の整地	地表面のたまり水の流動促進	傾斜度1/150～1/100、傾斜長30m以内、ワンウェーブラウ耕等
	土層切断	地表面のたまり水・耕盤上の停滞水への下層への浸透促進	溝幅1～5m、深さ30～50cm、間隔2～5m、サブソイラー、リッパー等
土壌透水性改良	下層土の膨軟化	土壤切断と同、気層増加	深さ25～40cm、間隔2～3m、ウイング付サブソイラー等
	深耕・土層改良	土層内の空間増加、透水性増加	深さ20～30cm、土づくり肥料施用、有機物深層施用、トレンチャー等
	粗粒暗きよ	暗きよ排水への集水促進、土壤の透水性向上	畝幅10～20cm、深さ30～45cm、間隔3～6cm、暗きよ排水と直交配置、トレンチャー等
地下水排除	明きよ排水	地表水・地下水排除	溝幅20～40cm、深さ50～80cm、間隔10～30m、溝掘機、フロントローダー、バックホー
	浅い暗きよ排水	暗きよ排水への集水促進	深さ30～50cm、間隔4～8m、土層に孔を空けると同時に給水パイプをうめる
	弾丸暗きよ	透水性向上、横流れ流路をつける	深さ30～50cm、間隔1～3m、弾丸暗きよせん孔機
	粗粒入り弾丸暗きよ	透水性向上、横流れ流路をつける	弾丸暗きよの持続性の増、振動粗粒暗きよ機
	暗きよ排水	地下水排除、組み合わせ暗きよの基幹排水路	深さ60～100cm、間隔8～15m、粗粒埋戻し深さ地表下30cm、トレンチャー
流水防止	畝はん等の補強	水路・隣接田からの水のしみ通り防止、畝はん越しての流水防止	畝はんのかさ上げ、盛土、畝塗り機
	遮水壁・畝はん盤	軟弱畝はん補強、地下水位が低い場合に浸水防止	深さ40～100cm、矢板、フィルム等を使用
	承水きよ	ほ場周辺に堀り、畝はんを越した水・浸透した水を防止する	深さ40～80cm、トレンチャー、溝掘機
	承水暗きよ	地下水位が低い場合、ほ場の周辺に設置し、これらの水を排水する	深さ80～120cm、粗粒等の疊水材を壁のようにめぐらす、トレンチャー
組合せ暗きよ		深層部には耐久性のある暗きよを設置し、浅層部分には粗粒暗きよや、弾丸暗きよを直交して間隔を密にし、両方の暗きよを粗粒層で連結させて、暗きよ効果を高める工法。	

(3) 堆肥など有機物の適正施用

堆肥など有機物の施用は、各種養分の供給や養分の保持力の向上、土壤团粒化促進、土壤生物活動の活性化など各種の土壤改善効果が期待されるが、1回の施用により効果がるものではなく、長期間の連用によって安定した効果を発現するものなので、連年施用が必要である。

最近の堆肥は粉碎などの副資材が不足していることなどから、堆肥中の成分濃度が高くなっているので、従来のような意識で大量に施用すると、養分の過剰や成分のアンバランスとなる可能性があるので、堆肥中の成分を十分把握して施用するとともに、場合により化学肥料で施用する基肥減肥や施用する肥料の種類を検討する。また、種類としては、稻わら・麦わら堆肥、粉碎堆肥、牛ふん・豚ふん堆肥、バーク堆肥等多様なものがあり成分含有率や肥効も異なるので、施用に当たってはその特性に見合った適正な施用に努める必要がある。これら有機物の施用量と施用上の留意点については、「5 環境保全型施肥」を参照する。

なお、堆肥の生産は耕種農家のみでは困難になってきており、その一方、畜産農家では家畜ふん尿の適正処理による堆肥の有効活用が課題となっているので、耕種農家と畜産農家の連携を図り、有機物の生産・流通システムをそれぞれの地域で確立することが、土づくりと環境保全型農業の推進のうえでも重要である

(4) 土づくり肥料の適正施用

各種養分が土壤に適正に含まれることが生産力の維持・向上に必要であり、土壤診断によって各種養分の過不足状態を把握し、土壤改良目標を参考にして適正な土づくり肥料の施用を行う（表2-1-3）。

(5) 緑肥作物の利用

緑肥作物を栽培することにより、ほ場に有機物や養分を補給できる。また、一部の緑肥作物にはセンチュウ類の忌避作用があるものもあり、センチュウ類の密度の低下を目的とする場合もある。

イネ科やマメ科の緑肥作物が主に利用される。緑肥作物の選ぶ際には、①栽培が容易で、短い期間で生産量がある ②作付けする野菜と異なる科であり、共通する病害虫がない ③すき込んだ場合、土壤中での有機物としての土壤改良効果が持続する ④施設栽培で除塩を目的とする場合は吸肥力が強い種類を選択する ⑤種子が安価で入手しやすいこと等を考慮する。

一般にイネ科の緑肥はC/N比が高いので、土壤にすき込むと除々に分解するため、地力の増進効果が期待できるが、大量に行うと分解に伴う窒素飢餓が懸念されるので注意する。マメ科の緑肥は窒素を多く含むため、土壤にすき込むと速やかに分解し、養分供給効果がある。

(6) 輪作・田畠輪換

異なる種類の作物を組み合わせて、作付け体系を組むことで、①地力の維持・増進 ②連作障害回避 ③養分の利用率向上 ④野菜の収量・品質向上等が期待できる。

さらに、田畠輪換は水田状態と畠状態を繰り返すことにより、雑草や病害虫の発生が軽減される。

表2-1-8 土壤分析による土づくり肥料の計算例1（塩基類）^①

<分析値から施用量を算出する>

◎計算例 CaO・石灰（分析値が 200mg / 100g 乾土で目標が 300mg / 100g 乾土の場合）

仮比重 0.7 の作土 10cm を改良する場合の炭酸カルシウム（CaO 53%）の量

①不足石灰量 $300 - 200 = 100\text{mg} / 100\text{g}$ 乾土

②作土 10cm, 10a あたりに必要な CaO 量

$$100\text{mg} / 100\text{g} \times 1000 \text{m}^2 \times 0.1\text{m} \times 0.7 = 70.0\text{kg}$$

③炭カルは CaO 53% なので、炭カル必要量は

$$70\text{kg} \times 100 / 53\% = \underline{\underline{132\text{kg}}} / 10\text{a}$$

<塩基飽和度から施用量を算出する>

◎計算例 CEC20meq, CaO : 200, MgO : 30, K₂O : 25mg / 100g 乾土の場合

①CaO の当量 $200\text{mg} / 28.04 = 7.13\text{meq} / 100\text{g}$ 乾土 飽和度 $7.13 / 20 \times 100 = 35.7\%$

②MgO の当量 $30\text{mg} / 20.15 = 1.49\text{meq} / 100\text{g}$ 乾土 飽和度 $1.49 / 20 \times 100 = 7.5\%$

③K₂O の当量 $25\text{mg} / 47.7 = 0.53\text{meq} / 100\text{g}$ 乾土 飽和度 $0.53 / 20 \times 100 = 2.7\%$

④塩基飽和度 (CaO + MgO + K₂O) $35.7 + 7.5 + 2.7 = 45.9\%$

⑤塩基飽和度の基準値を CaO : 50% MgO : 15% K₂O : 4% として必要量を計算

$$\text{CaO } (50 - 35.7) \times 20 / 100 \times 28.04 = 80.2\text{mg} / 100\text{g}$$

$$\text{MgO } (15 - 7.5) \times 20 / 100 \times 20.15 = 30.2\text{mg} / 100\text{g}$$

$$\text{K}_2\text{O } (4 - 2.7) \times 20 / 100 \times 47.1 = 12.2\text{mg} / 100\text{g}$$

⑥作土 10cm, 仮比重 0.7 として 10a あたりに必要な量

炭酸カルシウム・炭カル量 (CaO 53%)

$$80.2\text{mg} / 100\text{g} \times 1000 \text{m}^2 \times 0.1\text{m} \times 0.7 \times 100 / 53\% = \underline{\underline{106\text{kg}}} / 10\text{a}$$

硫酸マグネシウム・硫マグ量 (MgO 25%)

$$30.2 / 100\text{g} \times 1000 \text{m}^2 \times 0.1\text{m} \times 0.7 \times 100 / 25\% = \underline{\underline{85\text{kg}}} / 10\text{a}$$

塩化加里ウム量・塩化加里 (K₂O 60%)

$$12.2 / 100\text{g} \times 1000 \text{m}^2 \times 0.1\text{m} \times 0.7 \times 100 / 60\% = \underline{\underline{14\text{kg}}} / 10\text{a}$$

※ 10a あたり, 炭カル 106kg, 硫マグ 85kg, 塩化加里 14kg が必要であるが, 加里は極端に不足しているわけでもなく, 基肥や堆肥からも補給されるので, 土づくりとしての施用は不要である。

※石灰・苦土・加里が目標値に達している場合は, 原則的には施用はしないが, 塩基バランスに注意し (石灰/苦土比: 6 以下, 苦土/加里比: 2 以上), 石灰・苦土が基準以上にあっても, 加里が過剰でバランスが崩れている時は, 石灰・苦土を施用する必要がある場合がある。特に苦土/加里比が小さいと, 苦土欠乏をおこすことがある。

表2-1-9 土壤分析による土づくり肥料の計算例2（リン酸）¹⁾

<リン酸施用の考え方>

土壤に施用されたリン酸は土壤に吸着・固定され、野菜が吸収できるリン酸は少ない。黒ボク土壤ではリン酸の固定力は特に強い。リン酸の補給には、土壤pHが目標より低い場合は、「ようりん」などを使用し、pHが目標より高い場合は、「過リン酸石灰（過石）」や「重焼リン」等を使用する。なお、「ようりん」は、炭カルと同程度のアルカリ分が含まれているので、大量に施用する場合は、土壤pH及び塩基バランスに注意する。

近年、施設園芸土壤を中心にリン酸過剰が問題となっており、残存量に対応して、リン酸を無施用～減肥する必要がある。

リン酸の施用量は、①有効態リン酸 ②リン酸吸収係数 から算出する方法の2つがある。

<可給態リン酸からの算出>

リン酸資材の施用量は下表のとおり（目標値 20mg / 100g 乾土、作土 10cm、比重 0.7）

有効態リン酸 mg / 100g 乾土	1	2	3	4	5	10	15	20
必要なリン酸 kg / 10a	13.3	12.6	11.9	11.2	10.5	7.0	3.5	0
ようりん施用量 kg / 10a	66	63	60	56	53	35	18	0
過磷酸石灰施用量 kg/10a(リン酸 15%)	89	84	79	75	70	47	23	0

※計算例（有効態リン酸 1mg / 100g 乾土でようりん施用の場合）

①不足リン酸量 $20 - 1 = 19\text{mg} / 100\text{g 乾土}$

②作土 10cm、10aあたりに必要なリン酸量

$$19\text{mg} / 100\text{g} \times 1000 \text{m}^2 \times 0.1\text{m} \times 0.7 = 13.30\text{kg}$$

③ようりんはリン酸 20 %なので、ようりん必要量は

$$13.3\text{kg} \times 100 / 20 \% = 66.5 \rightarrow 67\text{kg} / 10a$$

<リン酸吸収係数から算出>

リン酸吸収係数の 5 ~ 10 % のリン酸を施用する。

※計算例（リン酸吸収係数 1500 で 5% リン酸をようりんで施用、作土 10cm、比重 0.7）

①必要リン酸量 $1500 \times 5/100 = 75 (\text{mg} / 100\text{g 乾土})$

②作土 10cm、10a当たりに必要なリン酸量

$$75\text{mg} / 100\text{g} \times 1000 \text{m}^2 \times 0.1\text{m} \times 0.7 = 52.5\text{kg} / 10a$$

③ようりんはリン酸 20 %なので、ようりん必要量は

$$52.5\text{kg} \times 100 / 20 \% = 262.5 \rightarrow 263\text{kg} / 10a$$

<リン酸残存量による基肥減肥割合の目安²⁾>

診断	有効態リン酸(mg/100g 乾土)	施肥量の補正
少ない	~ 10	基準施肥量の 120 %
やや少ない	10 ~ 20	基準施肥量
適正	20 ~ 50	基準施肥量
やや多い	50 ~ 80	基準施肥量 80 %
多い	80 ~ 100	基準施肥量 50 %
過剰	100 ~	無施肥

※表 2-1-3 の土壤改良目標を参照する

4 施肥

野菜は種類が多く、作型や栽植様式が多様あるため、養分の吸収量も大きな差があるが、農作物全体のなかでは、全般的に肥料の必要量は高い作物であり、必然的に施肥量が多くなる。過剰施肥は濃度障害や養分間のアンバランスによる障害発生が多くなりやすい。また、吸収されなかつた過剰養分は環境負荷の原因にもなる。

なお、環境保全型施肥技術は別項「5 環境保全型施肥技術」で記載している。

(1) 肥料の種類と特徴

イ 化成肥料

単肥や肥料原料を化学的操作で粒状化したもので、三要素の含有率の合計が 30 % 以下の肥料を普通化成肥料、それを超えるものを高度化成肥料という。特に高度化成肥料は、硫酸や塩素などの副成分が少なく、三要素が高濃度で含まれているため施用量が少量ですみ、土壤を酸性化することなく施用できるなどの利点がある。一方で過剰施用しがちなので、成分計算をきちんとすることが大切である。

ロ 化学合成緩効性肥料

肥料が水にゆっくり溶けたり、微生物の分解をゆっくり受けて、長期にわたって少しずつ効くものである。造粒の大きさを変えることによっても溶出量を調節する。

イソブチルアルデヒド (IB) 系：吸湿性は著しく低く、水にゆっくり溶け、耐水性でかつ製造工程で堅い造粒が可能なため、粒の大きさで溶解速度を調節できる。IB は加水分解により尿素に変化する。

グアニル尿素 (GU) 系：石灰窒素を原料としたジアンジアミドを加水分解して生成するもので、他の化学合成緩効性肥料に比べ水に良く溶けるが、土壤吸着性も高く溶脱は少ない。湛水水田などの還元状態で働く微生物の作用によって分解が進む。施肥時に低温の場合に効果が発揮されやすい。

ハ 肥効調節型肥料

被覆肥料（コーティング肥料）とよばれ、水溶性窒素を硫黄や合成樹脂などの膜で被覆し、膜の微細な穴や亀裂を通して肥料を溶出することで、その溶出量や溶出期間を調節したものである。溶出速度は温度に依存し、溶出日数は地温 25 ℃で 80 % の成分が溶出する日数で示されている。作物根の近くで徐々に溶出するため、濃度障害の心配がなく肥料の利用効率が極めて高い。

被覆剤のうち、熱可塑性の被膜は土壤に残存して問題になることがあるが、近年光崩壊性被膜や微生物による生分解性被膜の開発導入により、環境に配慮されてきている。肥効調節型肥料の種類や性質をよく理解し、生育診断や施肥を行うようにする。

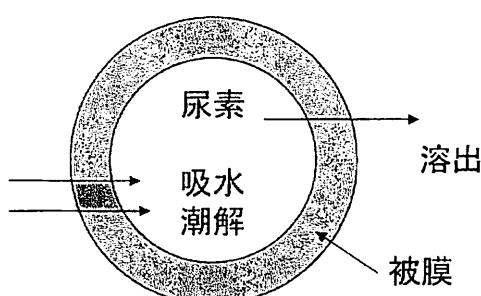


図2-1-4 被覆尿素の成分溶出のしくみ

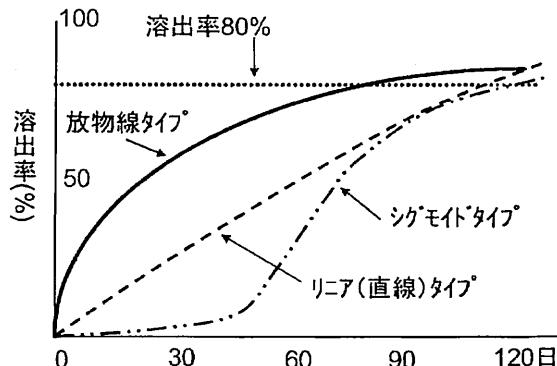


図2-1-5 肥効調節型肥料の溶出パターン

表2-1-10 被覆肥料の種類と溶出パターン³⁾

肥料シリーズ	樹脂被膜の性質と種類	溶出パターンの類型	肥料成分などの特徴
LP コート	熱可塑性・ポリオレフィン系 樹脂	LP:放物線型 LPS:シグモイド型	尿素態窒素が主体で高成分。 BB 肥料原料などにも使用
ロング	熱可塑性・ポリオレフィン系 樹脂	ロング:放物線型 スーパーロング:初期抑制型	硝酸態およびアンモニア性窒素の他にリン酸、加里を含む。
セラコート	熱可塑性・植物油脂系 アルキッド系樹脂	Uタイプ:シグモイド型 CK,Nタイプ:放物線型	尿素, NK, 硝酸の各タイプ。 市販品はブレンド配合肥料
SC コート	硫黄, ワックス	放物線型	窒素, リン酸, 加里を含む化成タイプ。硫黄成分あり。
シグマコート	熱可塑性・植物油脂系 アルキッド系樹脂	200.202:放物線型 Uタイプ:初期抑制型	窒素, リン酸, 加里を含む化成タイプと尿素タイプ。
エムコート	熱可塑性・ポリオレフィン系 樹脂	S:シグモイド型 L:放物線型	尿素態窒素が主体で高成分
UC コート	アルカリ可溶性樹脂, アルカリ剤	シグモイド型 ラグ期間は 20 ~ 50 日	尿素態窒素が主体で高成分。 溶出開始後の速度が大きい
コーポコート	熱可塑性・植物油脂系 アルキッド系樹脂	放物線型	窒素, リン酸, 加里を含む化成タイプ

二 有機質肥料

有機質肥料には、動物質肥料、植物質肥料、自給有機質肥料、その他有機廃棄物肥料等がある。肥効はその微生物分解や無機化の速度により影響を受ける。一般に化学肥料にくらべ有機質肥料は肥効が緩やかである。基肥・追肥とも施用の時期やタイミングに注意する必要がある。

(2) 野菜の種類ごとの施肥の特徴

イ 果菜類

栄養生長と生殖生長が同時に行われるため、養分の供給には特に注意し、過不足が生じないようにする。また、果実の生産には多くの水分も必要なので、深耕などをを行い、根域を確保し、根の活力の向上と養分吸収の向上を図る。

□ 葉菜類

キャベツやはくさいは吸収した三要素のうち8割程度が外葉に蓄積し、これが結球部に移行して行くので、結球期以前の養分吸収を充実させるとともに、外葉を病害虫や傷などから保護する。石灰は植物体内での移動性が小さいので、結球時に吸収が不足すると心枯れ症状が発生するので、生育後半まで、石灰が不足しないようにする。ホウ素の要求量も多いので、ホウ素の補給や土壤酸度の矯正などによる吸収促進を図る。

ほうれんそう等の葉物野菜は生育が早く短期間で、養水分の吸収をする必要があるため、根の活力向上の向上を図るため、土づくりに努める（有機質・深耕・土壤pH矯正）。

ハ 根菜類

土壤中に利用部が生育するため、他の野菜類以上に深耕などの土づくりが重要である。また、生育が早いため生育初期の養分吸収は重要である。

だいこんやかぶ等は石灰、苦土やホウ素の欠乏は発生しやすいので、ほ場への補給や土壤pHの矯正を徹底する。

(3) 施肥時期

施肥時期の決定にあたっては ①生育ステージにあった生育管理 ②濃度障害防止 ③肥料の有効活用・流亡の防止等のため、基肥・追肥体系や肥効調節肥料等の利用が必要である。

イ 窒素

野菜の生育に与える影響が大きく、生育ステージにあった施用が最も必要とされる。過剰施用は、①濃度障害 ②過繁茂 ③病害虫の多発 ④流亡による環境負荷等の原因になるので、追肥との組み合わせや肥効調節肥料等の利用を行う。

ロ リン酸

初期の施用が効果的であることや土壤中で移動しにくいなどのため、基肥に重点をおいて施用する。追肥に使用した場合では、中耕や培土などで根が施肥された位置まで伸長できるようにする。近年は、施設土壤を中心に過剰に土壤に蓄積しているので、土壤分析に基づき施用量を減らす。

ハ 加里

一度に施用すると贅沢吸収されやすので基肥・追肥体系で使用する。窒素と同時に施用するとよい。

ニ 石灰・苦土

基肥として、土壤酸度の矯正を含めて施用する。

ホ その他（微量元素）

欠乏症状が発生しているほ場では基肥として施用する。ただし、例えば、アブラナ科野菜などのようにホウ素を特に必要とする野菜の場合は、欠乏症が発生していないほ場でも、原則として、基肥として施用する。

微量元素は土壤中に十分存在しても、乾燥・過湿や他養分との拮抗等で吸収されない場合もあるので、欠乏症状が発生した場合はその原因を検討する必要がある。

(4) 施肥位置

野菜に養分を吸収させたい時期に根群域に適切な濃度で養分が存在することが必要であり、そのためには、施肥位置が重要となる。

イ 表層施肥

作土の表面に施用する方法で、かん水や降雨により溶けた肥料が土壤に浸透して吸収される。追肥で利用される場合が多い。速効性肥料を水に溶かしてかん水すると速やかに吸収される。全面に施用する場合と局所に施用する場合があるが、局所施用する場合は根が吸収できる位置に施用する必要がある。

ロ 全層施肥

作土層全体に混和する方法で、多量に施用しても濃度障害をおこしにくい。主に基肥で利用される。全面全層施肥と局所施肥がある。硝酸態窒素の流亡やリン酸の土壤への吸着がおこりやすいので、緩効性肥料や肥効調節肥料などを利用する。

ハ 側条施肥（作条施肥）

畝に沿って根の近くに施用する方法で、根からの距離で効果に遅速がでる。基肥及び追肥で利用される。根が肥料の施用部分に集中して吸収するので、利用効率が高い。基肥に使用すると、生育初期から吸収されるので、初期生育が旺盛となる。施肥位置は肥料濃度が高くなっているので、過剰施用は根に障害をおこす。

ニ 深層施肥

作土層より下に施用する方法で、根が下層に伸長してから養分が吸収されるので、肥効は生育後期に現れ、持続する。主に基肥で利用される。果菜類のように生育期間が長い野菜の場合は、全面全層施肥と組み合わせて利用する。

ホ 畝内施肥

専用の機械を使って、畝を作りながら、畝の中にだけ肥料を施用する技術である。全面施肥に比べ肥料の量を少なくすることができますことや通路部の雑草発生量が少なくなるなどのメリットがある。

5 環境保全型施肥技術

環境保全型施肥技術は、ほ場の外部の環境中に養分（特に窒素）を出さないようにする技術である。そのためには野菜が必要な時期に必要な量の養分を供給することが基本であり、各野菜の吸収特性を把握して、施肥を組み立てていくことが必要である。

そのためには、土壤診断に基づく適正施肥及び土づくりを基本とし ①施肥窒素の利用率向上 ②地力窒素の有効活用 が必要である。

①施肥窒素の利用率向上のためには、施肥位置（全面全層より利用率の高い局所施肥）や肥効調節肥料等の緩効性肥料を利用し、野菜の吸収パターンにあった窒素の供給が必要である。また、マルチ栽培など肥料の流亡を防ぐ技術も有効である。

②地力窒素の有効活用には、土づくり効果の高い有機質資材の運用があるが、向上した地力に見合った適正施肥（減肥）を行っていくことが必要である。

（1）局所施肥

局所施肥によって施肥位置が狭くなれば、肥料の利用率は向上するものの、濃度障害の発生も増長されるため、局所施肥に肥効調節肥料などを利用する方法もある。

イ マルチ内施肥

マルチを張る畝部分にのみ施肥を行い、降雨・かん水による肥料の流亡を抑制し、肥料の利用率を向上させるもの。

ロ 条・植溝施肥

条施肥は野菜を植え付ける畝にすじ状に施肥する。植溝施肥は、溝を掘った場所に施肥する方法である。

ハ 植え穴処理

植え穴の下層土に基肥を混和する方法である。

二 ポット内施肥

野菜苗の鉢上げ時に、本ほで必要な肥料を培土に混和して、施用する方法。施肥の省力化と根圏周辺に施肥するため、肥効率は高く、減肥が可能となる。濃度障害防止のため、肥効調整肥料（シグモイド型）が必要である。

（2）肥効調節肥料の利用

野菜の窒素吸収パターンにあった肥効調節肥料（被覆肥料）を活用することで、窒素の利用率が向上し、減肥が可能となる。肥効調節肥料を局所施用することでさらに利用率は向上する。

シグモイド型の肥効調節肥料は初期の溶出が少なく、野菜の根の近くに大量に施用しても、濃度障害をおこしにくい。

（3）有機質資材の利用

有機質資材（以下堆肥と表示）の施用効果は、土づくり的効果（土壤の理化学性・生物性改善）と肥料的効果（養分供給効果）がある（表 2-1-11）。これらの効果は堆肥の土壤での分解特性によって異なる。その分解特性の目印となるのが、炭素率（C/N比）で、20 以下のものは、分解が早く、肥料的効果が高い。一方、30 を超えるものは、分解が緩やかで、土づくり的効果が高いが、有機物の分解のため、土壤中窒素を取り込み、窒素飢餓をおこすことがある（表 2-1-12）。

なお、県内の家畜ふん堆肥は副資材等の利用の減少や戻し堆肥の再利用により、成分的に高くなっているので（図 2-1-7），使用にあたっては施用量等に注意が必要である。

表2-1-11 堆肥の施用効果

土 づ く り 的 効 果			肥料的効果
物理性の改善	化学性の改善	生物性の改善	
・ 団粒構造の発達 ・ 通気性、透水性、保水性の改善	・ 保肥力向上 ・ 土壌緩衝能向上	・ 微生物の活性化 ・ 土壌生物の多様化	・ 窒素、リン酸、カリの補給 ・ 微量要素の補給 ・ 養分供給能力向上

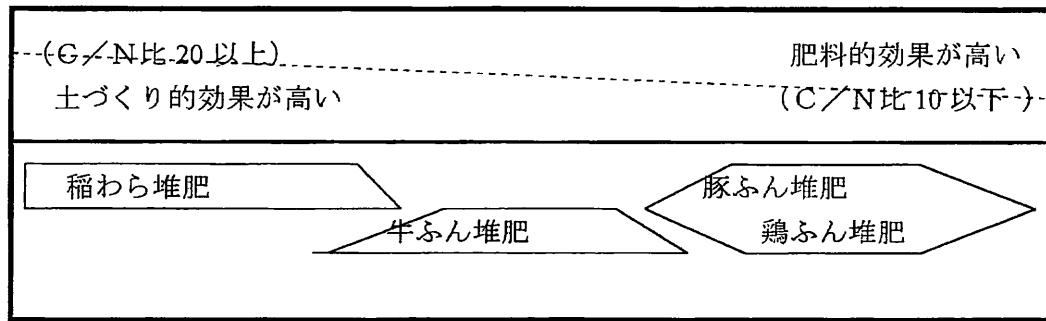


図2-1-6 堆肥の種類ごとの効果のイメージ図

表2-1-12 堆肥の分解特性と施用効果

堆肥名	C/N比	分解速度	施用効果(施用年)		連用効果による	
			肥料的	肥沃度增加	有機物集積	窒素吸収增加
乾燥鶏ふん	10	速やか	大	小	小	小
乾燥牛ふん	10～20	中速	中	中	中	大
中～完熟堆肥	10～20	ゆっくり	中～小	大	大	中
パーク堆肥	20～30	非常にゆっくり	小	中	大	小
わら類	50～120	C速やか N取込	初マイナス 後中	大	中	中
未熟堆肥	20～140	C中速 N取込	初小 後中	中	中	小～中

県内のたい肥成分の変化(主なたい肥の平均値・現物あたり)

		pH	水分(%)	全炭素(%)	全窒素(%)	C/N比	リン酸(%)	カリ(%)
(農業センター)	稻わらたい肥	7.9	70.0	7.8	0.30	26.0	0.13	0.52
	牛ふんたい肥	7.9	75.1	7.9	0.39	20.3	0.19	0.70
	豚ふんたい肥	7.4	69.6	13.3	0.69	19.2	0.91	0.69
	発酵鶏ふん	*	61.9	*	1.40	*	2.58	1.15
(古川農試)	牛ふんたい肥	8.3	51.8	15.8	1.03	17.0	1.26	1.69
	豚ふんたい肥	8.7	29.5	23.1	2.37	9.8	4.17	2.11
	発酵鶏ふん	8.5	26.0	17.4	1.70	10.2	4.15	2.52

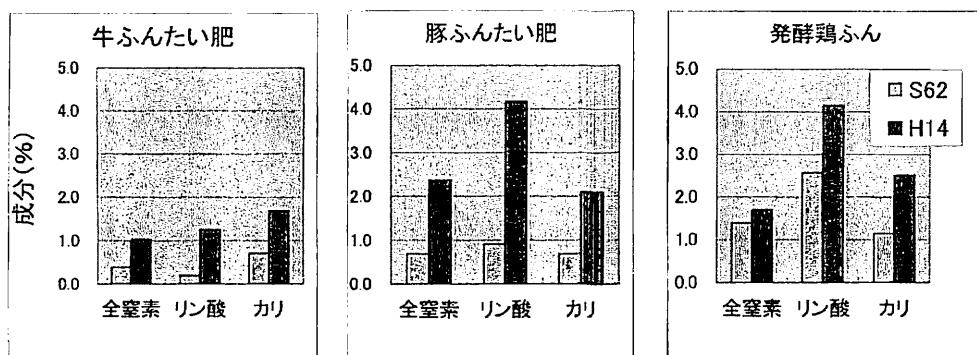


図2-1-7 県内の家畜ふん堆肥の成分の変化³⁾ (農業センター・古川農試)

S 62 年の堆肥は主に堆積方式で作られたもので、H 14 年の堆肥は堆肥センター産のものである

イ 土づくり効果の高い堆肥の利用技術

畑状態（好気的条件）では、1年間に腐植が100kg / 10a分解し、それを補給するためには、稻わら堆肥で、2 t / 10aを施用する必要がある。土づくりを進めて行く上では、堆肥の原料や製法などにより異なるが、年間に2～4 t / 10a程度の施用が必要と考えられる。注意を要する点としては、以下のことがあげられる。

①連用により、地力が向上してくるので、地力に見合った減肥が必要である。

②未熟な堆肥は、野菜に害を及ぼす可能性があるので施用しない。

③全リン酸・カリ・石灰・苦土が1%以上含まれる堆肥は、養分として供給される分を考慮して、基肥を減肥する。

ロ 肥料的効果の高い堆肥（主に家畜ふん堆肥を想定）の利用技術

(堆肥利用による野菜の基肥代替えについては野菜の種類・作型・生育期間等が多様であるため、それぞれについて対応できる個別技術体系が策定しがたいので、基本的な考え方をここに示す)

肥料的効果が高い堆肥を施用する場合は、①土壤診断結果と施肥基準を参考にして、その場に必要な施肥量を確定する。②堆肥の原料等から、栽培期間中に発現していく窒素の量（肥効率：表 2-1-13）や、基肥窒素として代替え（基肥代替え）できる割

合を判断し（代替え率の目安 牛ふん堆肥：30 %, 豚ふん堆肥：60 %, 鶏ふん堆肥：60 %（草地試験場）），施用する堆肥の量を確定する。③堆肥の施用量と堆肥のリン酸・加里の成分量と肥効率（表 2-1-13）から、堆肥から供給されるリン酸・加里の量を算出し、必要な施肥量を超えている場合は、基準内になるように堆肥の施用量を減らす。④変更した堆肥の施用量で成分計算を再度行い、窒素や他の養分で不足する部分を化学肥料で補い、必要な三要素の量とバランスを確保する。

なお、最近の堆肥は原料や発酵方法等が多岐になっており、窒素の肥効率のばらつきが大きくなっています。しかし、表 2-1-13 より肥効率が低い場合が多くなっています。インキュベーションを行って、肥効率を把握する必要性も出てきています。また、堆肥中の窒素以外の成分についても、高くなっています。堆肥中の窒素ではなく、リン酸や加里が堆肥施用の制限要因になる場合もある。

表2-1-13 家畜ふん堆肥等の成分の肥効率の目安 (%)

堆肥の種類	窒素	リン酸	加里
牛堆肥	30	60	90
牛液状きゅう肥	55	60	95
豚堆肥	50	60	90
鶏乾燥ふん	70	70	90

化学肥料の肥効を 100 とした場合の堆肥の肥効率
(草地試験場)

— 養分（窒素・リン酸・加里）の必要量の算出 —

- ①施肥基準（施肥の目安）の参照
- ②土壤分析による施肥必要量の変更



— 化学肥料と堆肥の併用量の算出 —

- ①代替え率の目安から、堆肥で補う窒素量を計算
 - ②堆肥の窒素の肥効率から、代替窒素量に必要な堆肥窒素を算出
 - ③堆肥の窒素含有率から、堆肥施用量を算出
 - ④堆肥施用量と肥効率から、リン酸・加里の供給量を算出
 - ⑤リン酸・加里が施肥必要量を超えていないことを確認し、三要素の不足分を化学肥料で補う
- ↓ 超えている場合は
- ◎リン酸・加里が必要量を超えないように、堆肥施用量を削減し、堆肥からの三要素の供給量を再計算し、不足分を化学肥料で補う

図2-1-8 堆肥の化学肥料代替えを算出するプロセス

引用文献 注)一部筆者改変あり

- (1) 土壌診断の手引き(平成10年3月) 宮城県農政部
- (2) みやぎの転作百科(昭和61年10月10日)
監修:宮城県農政部 発行:宮城県農業普及協会
- (3) 宮城の稻作指導指針(基本編)(平成17年2月) 宮城県

参考文献

- (1) 農業技術体系・土壌肥料編・4 土壌診断・生育診断 農文協
- (2) 千葉県主要農作物等施肥基準(平成16年3月) 千葉県
- (3) 神奈川県作物別肥料施肥基準(平成16年3月) 神奈川県
- (4) 土壌診断の方法と活用 農文協
- (5) 肥料便覧第5版 農文協
- (6) 環境にやさしい農作物の栽培(平成17年7月)
監修:栃木県農務部 発行:栃木県農業者懇談会
- (7) 病害虫・生理障害 総合検索エンジン (<http://riss.narc.affrc.go.jp/disease/>)
- (8) 北海道施肥ガイド(平成14年9月) 北海道農政部
http://www.agri.pref.hokkaido.jp/nouseibu/sehi_guide/index.html
- (9) 農林水産文献解題 No21 環境保全型農業技術(平成7年3月)
編集:農林水産省農林水産技術会議事務局
<http://rms1.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/kaidai/kankyouhozen/html/index.htm>
- (10) 農林水産文献解題 No20 家畜ふん尿処理・利用技術(平成6年3月)
編集:農林水産省農林水産技術会議事務局
<http://rms1.agsearch.agropedia.affrc.go.jp/contents/kaidai/katikufunnyou/html/index.htm>
- (11) 概説環境保全型農業技術(平成9年4月)
監修:農林水産省農産園芸局農産課環境保全型農業対策室 発行:家の光協会
- (12) 作物別環境保全型農業技術(平成9年6月)
監修:農林水産省農産園芸局農産課環境保全型農業対策室 発行:家の光協会
- (13) 家畜ふん尿堆肥の施用効果に関する文献調査
(財)日本土壤協会・(財)畜産環境整備機構
<http://leio.lin.go.jp/taihi/siyoukouka/soukatsu.html>
- (14) 平成16年度たい肥施用の現状と利用促進(平成17年3月)
(財)日本土壤協会
http://leio.lin.go.jp/taihi/pdf/ndk_h16/ndk_h16_index.html