

(5) 植物必須元素一覧

分類	元素	吸収形態	主な生理作用
植物体の構成元素	酸素 (O)	CO ₂	1. 呼吸作用上不可欠。 2. デンプン、脂肪、タンパク質、繊維など植物構成成分中の主要元素。 3. 一部を光合成作用として放出。
	水素 (H)	H ₂ O	1. 水として植物体内中のあらゆる生理作用に関与。 2. 葉緑体内で水分を分解して作られる。 3. 酸素と同様多くの有機化合物の構成元素。
	炭素 (C)	CO ₂	1. 空気中の炭酸ガスを吸収同化(光合成作用)。 2. 酸素と同様有機化合物合成上不可欠。 3. 一部を呼吸作用として放出。
多量元素	窒素 (N)	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	1. 原形質の主成分であるタンパク質、アミノ酸、アミン等の構成元素。 2. 光合成に必要な葉緑素、各種体内代謝を促進する酵素、ホルモン、細胞分裂、遺伝にあずかる核酸など植物体中で重要な働きをする物質の構成元素。 3. 生育を促進し、葉分吸収、同化作用を盛んにする。
	リン (P)	H ₂ PO ₄ ⁻ HPO ₄ ²⁻	1. 光合成、呼吸作用、糖代謝などの中間生成物として重要。 2. ATP、ADPとして植物体内のエネルギー伝達に重要な役割を果たす。 3. 重要な生理作用に関与する核酸、酵素の構成元素。 4. 一般に、植物の成長、分けつ、根の伸長、開花、結実を促進。
	カリウム (K)	K ⁺	1. 光合成や炭水化物の蓄積と関係を持ち、日照不足時施用効果が大きい。 2. 硝酸の吸収と還元及びタンパク質合成に関係。 3. 細胞の膨圧維持による水分調節(冷害抵抗性の増大)と細胞分裂に関係。 4. 有機酸及び油脂の生成に関係。 5. 病害虫抵抗性の増大。

欠乏徴候	過剰徴候
1. 施設栽培や作物群落中においては、炭酸ガス濃度が300ppm以下になり、炭酸ガスが不足する場がある。 1. 植物全体の緑色が減じ、特に下位葉から黄化し、落葉する場合もある。 2. 植物体はわい性になり、分けつは減少する。 3. 根の発達、伸長が鈍化する。 4. 種実の収量は減じ、品質も落ちる場合が多い。	1. 空気中の炭酸ガス濃度が高すぎる(1,200ppm以上)と、葉が巻き生育が抑制されたり、光呼吸が抑えられる。(トマト等) 1. 葉は暗緑色となり、根の周辺から枯れ込む場合があり、多汁柔軟となり、病害虫、冷害などの抵抗性が減少する。 2. 茎は徒長し、分けつも増加し、耐倒伏性が弱まる。 3. 根の伸長は旺盛となるが、細胞数は少ない。 4. 種実の成熟が遅延し、場合によっては不稔となる。
1. 欠乏症は一般に下葉より発生し、上葉に及ぶ。 2. 葉幅が狭くなり、その色は暗緑色、緑赤色、赤褐色、青銅色を呈する。(アントシアン色素の生成) 3. イネ科植物では地下部よりも地上部への影響が大きく、茎は細く、葉は小さくなる。根菜類は逆に地上部よりも地下部への影響が大きいが、マメ科植物はリン酸が欠乏すると、同時に窒素欠乏に陥る。これは、根粒の発達や阻害されるためである。 1. カリウムは移動しやすいので、欠乏症は古葉より発生する。 2. 新葉や古葉の中心部が暗緑色を呈し、次いで、古い葉の先端や縁部が黄化、壊死し、この縁部と健全部との境界が明瞭になる。 3. カリウム欠乏がひどいと、葉に白斑を生ずる。(大麦、裸麦) 4. カリウム欠乏は、畑作物では早ばつ時に強く現われ、カリ欠乏が著しく進行すると、カリ肥料を施用しても回復できない場合が多い。	1. 一般に、過剰症は現れにくい。 2. 栄養成長が止まり、成熟が促進し過ぎ、低収を招くことがある。 3. リン酸の過剰は、亜鉛、鉄、マグネシウム欠乏を誘発する場合がある。 1. 窒素と同様に過剰吸収しやすいが、過剰症は現れにくい。 2. 土壌中カリウムの過剰はマグネシウム、カルシウムの吸収を抑制し、これらの欠乏症を促進する。

分類	元素	吸収形態	主な生理作用
多量	カルシウム (Ca)	Ca ²⁺	1. ペクチン酸と結合し、植物細胞膜の生成と強化に関係。 2. 有機酸など有害物質の生体内中和。 3. タンニン質の合成に関係があると考えられている。 4. 根の生育を促進。
	マグネシウム (Mg)	Mg ²⁺	1. 葉緑素の構成元素で光合成作用に関与。 2. リン酸の吸収、体内移動に関与。 3. 炭水化物代謝、りん酸代謝と関係する多くの酵素の活性化。また、同酵素の構成元素でもある。 4. デンプンの転流、油脂の生成に関与。
素	硫黄 (S)	SO ₄ ²⁻	1. タンニン質、アミノ酸、ビタミンなどの生理上重要な化合物をつくり、植物体中の酸化、還元、生長の調整などの生理作用に関与。 2. 根の発達を促し、形成層の分裂に関与。 3. マメ科植物の根粒の形成と根粒菌の窒素固定作用に関与。 4. 炭水化物代謝、葉緑素の生成に間接的に関与。
	塩素 (Cl)	Cl ⁻	1. 光合成の明反応と密接な関連。 2. デンプン、セルロース、リグニンなど植物体内構成成分合成に関与。
微量	鉄 (Fe)	Fe ²⁺ Fe ³⁺	1. 各種酵素の構成成分として生体内の酸化、還元反応に関与。 2. 植物体内で銅、マンガン、リン酸などの過剰障害を防ぐ。 3. 葉緑素の生成に触媒的に、Fe ²⁺ (還元型) \rightleftharpoons Fe ³⁺ (酸化型) の相互変化によって関与。 4. 光合成、呼吸、窒素代謝、根からの陰イオンの吸収に関与。
	マンガン (Mn)	Mn ²⁺	1. 葉緑素の生成、光合成、ビタミンCの生成に関与。 2. 酸化還元酵素の活性化に関与。

欠乏徴候	過剰徴候
1. 生体内で動きにくいので、欠乏症は新しい生長点より発生する。 2. 生長組織の発育不全で、芽の先端は枯死し、また、細根の少ない短い根を生じる。 3. 子実の充実が不十分で成熟が妨げられる。 4. トマトの尻腐れ、セルリー、白菜、キャベツ、タマネギなどの心腐れ病は、カルシウム欠乏が原因とされている。 1. 葉緑素の形成が妨げられ、葉脈間が黄化。イネ科作物ではスジ状、広葉の植物では網目状に黄化する。 2. 黄化部の壊死は起こりにくい。 3. カリウム及び石灰の偏用は、マグネシウム欠乏を助長する。	1. カルシウムの過剰症は現れにくい。 2. 石灰の過剰施用は、マグネシウム、カリウム、リン酸の吸収を抑制する。 3. 過剰施用による土壌の高pHは、マンガン、ホウ素、鉄などの溶解性を減じ、作物の欠乏を助長する。
1. 新葉より古い葉に顕著な黄化現象がみられる。(窒素欠乏と類似) 2. わが国では天然体給量が多く、また、硫酸根肥料の施用により硫酸黄欠乏症が起こりにくい。 1. 葉先端の萎凋、次いで、葉にクロロシスを起こし、さらに青銅色の壊死に進展する。	1. 土壌中で、石灰に比べ、苦土が多すぎると作物の石灰欠乏が起こる。(石灰と苦土の適性割合は、当量比でCaO/MgO=7~4)
1. 新葉より古い葉に顕著な黄化現象がみられる。(窒素欠乏と類似) 2. わが国では天然体給量が多く、また、硫酸根肥料の施用により硫酸黄欠乏症が起こりにくい。	1. 植物自体の過剰症はみられない。 2. 硫酸根肥料の多肥は土壌を酸性化する。 3. 老朽化水田では硫化水素発生の原因となる。 4. 大気汚染公害の一因である、亜硫酸ガスが関与している。
1. 葉先端の萎凋、次いで、葉にクロロシスを起こし、さらに青銅色の壊死に進展する。	1. 葉の周辺が白化し、枯れて生育が抑制される。
1. 葉緑素の生成が妨げられ、葉は黄化または白色化するが、褐色壊死は起こりにくい。 2. 体内を移動しにくいので、欠乏症は上葉から発生する。 3. 土壌のpHが高すぎると欠乏症が発生しやすい。 4. リン酸、マンガン、銅の過剰吸収は鉄欠乏を助長する。	1. 一般に、過剰症は起こりにくい。 2. 多量の含鉄資材の投与は、リン酸固定が増大し、その肥効を減ずる。
1. 体内を移動しにくいといわれているが、欠乏症が上葉に出るか、下葉に出るかは作物によって異なる。イネ科植物では縞状の黄化、症状が進むとに壊死に到り、広葉の植物では斑点状の黄化や壊死が起こる。 2. 高pH土壌や有機物過多土壌はマンガン欠乏が起こりやすい。	1. 根が褐変し、葉に褐色の斑点を生じたり、あるいは葉縁部が白色、あるいは紫色になったりする。 2. 土壌の酸性化や還元によって可溶性マンガが増加し、マンガンの過剰障害が起こる。 3. マンガン過剰は鉄欠乏を助長する。

分類	元素	吸収形態	主な生理作用
	銅 (Cu)	Cu ⁺ Cu ²⁺	1. 植物体内の酸化還元に関与する銅酵素の組成成分。 2. 葉緑体中に量が高く光合成に関与。 3. 鉄、銅、亜鉛、マンガン、モリブデンと相互作用がある。
微量	ホウ素 (B)	BO ₃ ³⁻	1. 水分、炭水化物、窒素代謝に関与。 2. カルシウムの吸収、転流に関与し、細胞膜ペクチンの形成と導管組織の維持を図る。 3. 酵素作用の活性化。 4. 若芽の分化、花粉の生成、受粉作用が障害を受け、稔実が不良となる。
微量	亜鉛 (Zn)	Zn ²⁺	1. 酵素の構成元素として、また、その働きを活性化し、生体内の酸化還元を触媒する。 2. オーキシン先駆物質トリプトファンを生成する酵素に関与。 3. 炭素の新陳代謝に関与。
元素	モリブデン (Mo)	MoO ₄ ³⁻	1. 植物体内の酸化還元酵素の構成元素であり、硝酸の還元に関与し、根粒菌の窒素固定に重要な役割を持つ。 2. ビタミンCの生成に関与。
	ニッケル (Ni)	Ni ²⁺	1. ウレアーゼの構成成分で、窒素代謝に重要な生理作用をもつ。 2. アルギナーゼ、アセチルCoAシメンターゼ等の酵素系を活性化する。 3. ダイズの生育促進効果がある。
特殊成分	ケイ素 (Si)	SiO ₄ ⁴⁻ コロイド状 ケイ酸	1. イネ科植物、特にイネの珪化細胞が増加し、耐病、耐虫性が増大する。 2. 茎葉が丈夫になり、耐倒伏性が増大する。

欠乏徴候	過剰徴候
1. 作物の種類によって欠乏症は非常に異なるが、麦類では葉は黄白化、褐変し、よじれる。穂が萎縮したり、止葉より完全に抽出せず稔実が悪い。(開こん地病)。 2. 果樹の枝枯れは銅欠乏とされ、若枝に水ぶくれ状の斑点を生ずる。また葉に黄色斑点ができる。 1. 植物体の酸性化、茎葉の肥厚やねじれ、葉に紫色のアントシアニンが生じる。 2. 茎の生長点の発育停止、褐変などがおこる。 3. 多数の側枝を出し、ロゼット状やヤブ状となる。 4. 根の伸長阻害、細根の発生が減少し、根菜類の根、他の作物の茎、果肉、果皮等に黒色〜褐色の壊死斑ができ、症状のひどい時は、その部分が中空や芯ぐされとなる。	1. 主茎の伸長阻害、分岐根の発生が短小。 2. 銅過剰は鉄欠乏を誘発する。 3. 生育不良となり、葉にクロロシスが現れる。
1. 葉が小さくなったり(小葉症)、変形したり(ロゼット)、さらに葉脈間に黄色の斑点(斑葉病)を生じたり、白化壊死や白芽病を起す。 2. 細根の発育が不全となり先端近くの根毛の発生部がふくれる。 3. 鉄、マンガンと拮抗作用があり、土壌のpHが上がる欠やすし易い。	1. 新葉に黄化現象が生じ、さらに、葉、葉柄に赤褐色の斑点を生ずる。 2. 抵抗性は作物によって異なる。
1. 葉が中肋を残して轆のようになる。 2. 葉脈間が黄化する。 3. 葉に黄色の大きな斑点を生ずる。 4. 葉が巻き、カップ状となる。 5. 植物体のわい性化など植物によって多種多様。	1. 植物は一般に、モリブデン過剰症を現しにくい。 2. 葉にクロロシスが現れる。 3. パレインヨでは小枝が赤黄色、トマトでは黄金色を呈す。
1. 生育が抑制される。(トマト、ダイズ、コカブ)	1. 新葉にまだらなクロロシスを生ずる。 2. 黄化した葉脈間に赤色の小斑点を生ずる。(カンビヨウ、イチゴ) 3. キュウリでは小さい白斑を生ずる。 4. キャベツのワックス層が形成されなくなる。
1. 生理的研究からイネでは生育の減衰、出穂の遅延、白穂の発生、稔実障害、初穂の褐色小斑点などが症状として観察されている。 2. 実際のほ場では、葉がたれ下がりが、病害虫にかかりやすくなり、また倒伏しやすくなる。	

(6) 作物別養分吸収量

作物名	養分吸収量(kg/10a)														
	収穫物						収穫物以外						合計		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
水稲	6.9	3.6	2.6	4.2	1.9	13.1	11.1	5.5	15.7						
小麦	9.1	3.7	2.4	3.0	0.8	12.4	12.0	4.5	14.8						
大豆	18.9	4.4	6.4	1.6	0.4	3.1	20.5	4.8	9.5						
落花生							12.6	1.5	5.4						
サツマイモ	5.6	2.1	8.0	5.6	1.3	7.8	11.2	3.4	15.8						
ジャガイモ	6.7	3.2	17.7	2.7	0.7	7.7	9.4	3.8	25.4						
サトイモ	9.6	4.0	19.6	3.6	0.7	6.7	13.2	4.8	26.3						
ヤマノイモ	11.0	2.9	12.5	3.1	0.8	3.7	14.1	3.7	16.2						
トマト	14.2	6.8	38.2	9.4	3.2	17.0	23.6	10.0	55.3						
キュウリ	12.7	6.7	27.1	8.5	6.5	20.3	21.2	13.2	47.4						
ピーマン							17.5	3.4	22.0						
ナス	17.8	6.5	26.5	11.7	3.2	23.3	29.5	9.7	49.8						
イチゴ	10.1	4.3	17.7	4.6	2.9	12.6	14.8	7.3	30.3						
スイカ	6.0	2.2	27.3	2.4	1.1	10.8	8.3	3.4	38.1						
メロン	6.5	2.6	27.5	5.7	2.3	10.0	12.2	4.8	37.5						
カボチャ	4.7	2.6	10.1	4.1	0.6	7.2	8.8	3.2	17.3						
スイートコーン	5.8	2.2	4.5	8.8	3.8	19.0	14.6	6.0	23.5						
インゲン	5.3	1.7	3.0	2.5	0.8	5.7	7.8	2.5	8.7						
エダマメ	4.7	2.6	10.1	12.1	1.0	20.2	16.8	3.6	30.3						
ダイコン	5.8	3.1	14.6	6.1	2.0	9.0	11.9	5.2	23.6						
ニンジン	7.8	3.3	19.7	4.9	0.7	11.6	12.7	4.0	31.4						
ゴボウ	9.5	4.1	12.3				9.5	4.1	12.3						
コカブ							6.4	2.8	8.8						
タマネギ	13.2	6.7	16.5	1.5	0.5	2.3	14.7	7.2	18.8						
ネギ	11.4	2.5	9.8	5.9	2.0	7.1	17.3	4.5	16.9						
キャベツ	14.2	4.1	15.6	13.0	2.9	13.5	27.2	7.0	29.1						

作物名	養分吸収量(kg/10a)														
	収穫物						収穫物以外						合計		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
ハクサイ	15.7	6.4	29.7	7.6	2.8	20.2	23.3	9.2	49.8						
レタ	3.0	1.2	3.9	2.6	0.7	2.7	5.6	1.9	6.6						
セルリー	19.2			15.2			34.4								
ホウレンソウ	7.4	2.1	13.7				7.4	2.1	13.7						
ナシ							13.0	5.3	11.7						
ブドウ							8.8	4.2	10.2						
カキ							9.3	2.4	8.3						
モモ							10.3	4.2	14.7						
ミカン							29.1	3.6	18.8						
茶	23.7	5.9	14.5	28.7	4.5	12.3	52.4	10.4	26.8						
桑	19.9	2.5	14.0	2.2	1.3	4.6	22.1	3.8	18.6						
ソルゴー	21.5	4.9	17.2				21.5	4.9	17.2						
青刈エンバク	12.5	1.6	14.0				12.5	1.6	14.0						
青刈トウモロコシ	15.4	6.9	23.7				15.4	6.9	23.7						

出典 尾和前(1996) 我が国の農作物の養分収支 平成8年度関東東海農業 環境調和型
農業における土壌管理技術に関する第6回研究会 養分の効率的利用技術の新たな
動向 農林水産省農業研究センター