

II 施肥の基本と考え方

1 施肥の考え方

施肥の目的は、作物が適正に生育し高品質で十分な収量を得られるように、作物の生育時期ごとに必要な養分を供給することである。

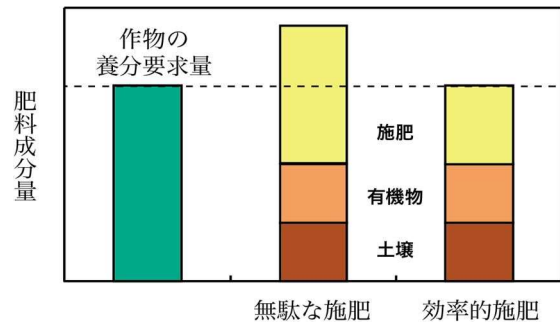
作物の養分供給源としては、肥料だけでなく、土壌に蓄積した養分や家畜ふん堆肥等有機質資材がある（図Ⅱ-1）。肥料コストの削減のため、また、地下水、河川等の水質汚濁、地球温暖化など環境への負荷を招かないためにも、土壌や有機物からもたらされる養分を考慮したうえで、作物の養分要求量に見合う施肥を行うことが求められる。

一般的に、養分が不足した状態では、施肥量を増加させるにつれて収量が増加する。しかし、やがて施肥量を増やし続けても収量が増加せず停滞する最高収量域に達し、さらに施肥量を増やすと養分過剰により減収する（図Ⅱ-2）。無駄な施肥を防ぎ、施肥コストを低減させるためには、施肥量を、最高収量を得るために必要な最小量に設定することが望ましい。

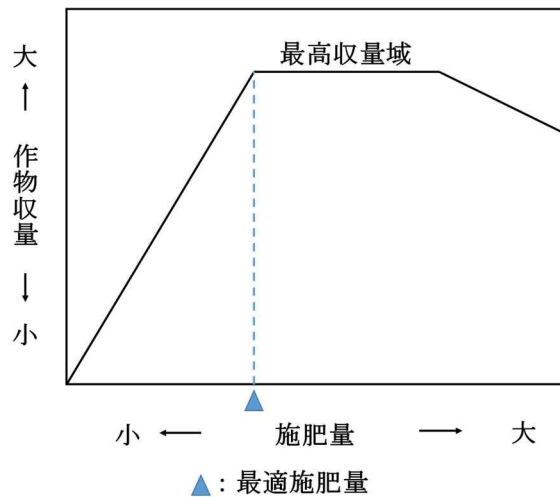
新品種の導入や施設栽培での炭酸ガス施用等新技术への取組により目標収量を高くする場合は、新たな養分要求量に見合う施肥量を設定する必要があるが、過剰施肥にならないように注意する。

牛ふん堆肥を施用するキャベツ・スイートコーンの年2作体系の露地野菜畑での試験では、図Ⅱ-3のように、窒素投入量を施肥基準量（キャベツ 30kg/10a、スイートコーン 25kg/10a）より増加させると作物体の窒素吸収量は増加したが、窒素吸収量の増加の程度は投入量増加分の8%程度であり、9割以上は吸収されないことが明らかとなった。

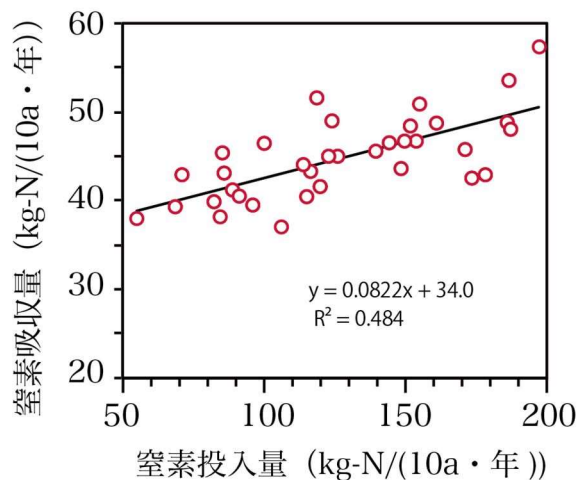
したがって、肥料コストと収量増のバランス及び環境への負荷を考慮し、過剰施肥を行わないことが重要である。



図Ⅱ-1 施肥の考え方



図Ⅱ-2 施肥量と収量の関係
(藤原、1986 を一部改変)



図Ⅱ-3 露地野菜における窒素投入量と収量の関係

2 土壌中の肥料成分を考慮した減肥指針

施肥基準は、土壌診断基準値が適正範囲内にある場合の施肥量を示している。したがって、肥料成分が蓄積したほ場では、施肥基準より肥料の施肥量を減らすことができる。土壌に蓄積した肥料成分の有効利用は、環境負荷低減やコスト削減につながるため、土壌診断を実施したうえで施肥量を決定することが重要である。通常、土壌診断のための土壌採取は、土壌改良資材施用前に行う。

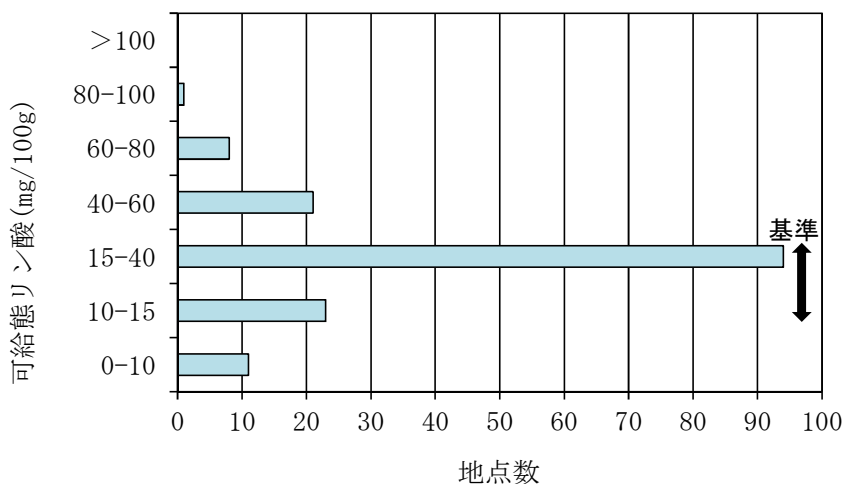
(1) 窒素

水稻は、その窒素吸収量の60～70%を地力窒素（土壌有機物の分解に伴い発現する無機態窒素量）に依存している。このため、地力窒素を把握して適正な施肥を行うことは、水稻の生産性向上につながる。栽培期間中の土壌窒素無機化量は、培養窒素量（湿土を30℃で4週間培養して発現する無機態窒素量）及び全窒素含量の分析値から推定できる。土壌窒素無機化量評価のための土壌採取は、一般的な土壌診断とは異なり、基肥施用直前に行うことが望ましいが、分析に要する時間を考慮し、基肥施用2か月前までに行う。愛知県の施肥基準は、地力中庸水田（培養窒素3-4 mg/100g、全窒素0.13%）における窒素施肥量を品種ごとに示しているため、分析結果により窒素施肥量を加減する。

畑では、作付前の土壌中の無機態窒素量（硝酸態窒素・アンモニア態窒素）及び可給態窒素量を測定できる場合は、その量を基肥施肥量から減らすことができる。例えば硝酸態窒素量が5 mg/100gの場合、作土10cmに肥料として効く窒素分が5 kg/10aあると読み替えることができる。そのため、土壌中に残っている窒素量を基肥施肥量から減らすことが可能である。ただし、硝酸態窒素は水に溶けやすく土壌に吸着されにくいいため、降雨の影響で流亡する可能性があるため、施肥になるべく近い時期に測定する。土壌中硝酸態窒素量は、試験紙や小型反射式光度計（商品名：RQフレックス）などを用いて簡易に測定できる。また、土壌中の可給態窒素量は、従来法では30℃4週間培養して発現する無機態窒素量で評価してきたが、2020年に80℃16時間水抽出とCOD簡易測定キットによる評価法で、迅速に測定できる手法が開発された。

(2) リン酸

県内土壌の可給態リン酸含量は、水田の多くは土壌診断基準値の適正範囲内にあるが（図Ⅱ-4）、畑土壌では基準を超える地点が多くみられる（図Ⅱ-5）。適正範囲より多い場合には、リン酸の配合割合を減らした肥料を利用するなど、リン酸減肥を行うことが、コスト削減、環境

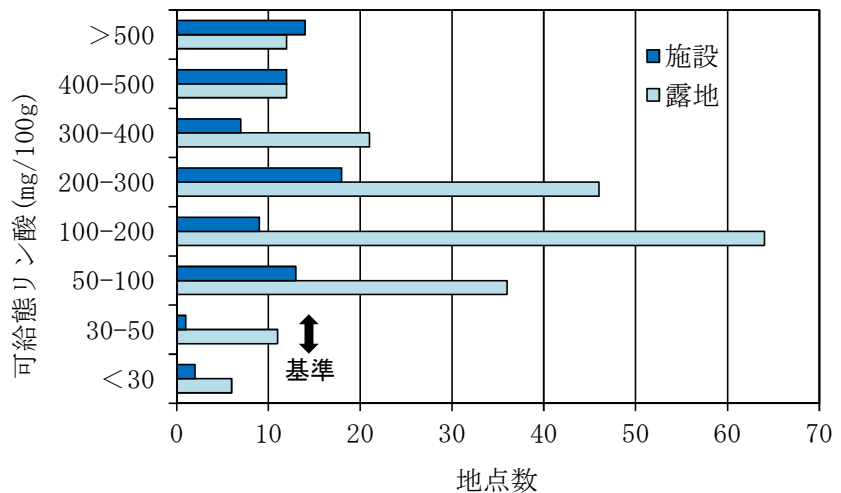


図Ⅱ-4 水田土壌の可給態リン酸含量の頻度分布

負荷低減につながる。

農林水産省委託プロジェクト研究成果マニュアル(2014)では、可給態リン酸含量が低下しないために必要なリン酸施肥量は、3-6 kg/10a (リン酸吸収係数 700 以下の土壌)と示されている。水稻の施肥基準ではもみ収奪分(リン酸 4-5 kg/10a)を補給することとしているため、施肥基準量を施肥すれば、可給態リン酸含量が低下しないと考えら

れる。可給態リン酸が蓄積しているほ場では、リン酸施肥量が削減できるため、可給態リン酸含量が 15mg/100g より多い場合には、表Ⅱ-1 を目安にリン酸施肥量を減らす。数年経過後に土壌診断を実施して、土壌の可給態リン酸含量を確認し、施肥量を見直す。



図Ⅱ-5 畑土壌の可給態リン酸含量の頻度分布

表Ⅱ-1 土壌の可給態リン酸含量に基づくリン酸施肥量の目安(水稻)

可給態リン酸含量 (mg/100g)	リン酸施肥量
10 未満	10mg/100g を満たす量+施肥基準量
10 - 15	施肥基準量
15 - 40	施肥基準量の 1/2
40 以上	無施肥

水稻以外はリン酸要求量の多い作物もあるため、表Ⅱ-2 を目安に、土壌の可給態リン酸含量に応じて減肥する。

表Ⅱ-2 土壌の可給態リン酸含量に基づくリン酸施肥量の目安(水稻以外)

可給態リン酸含量 (mg/100g)	リン酸施肥量
100 未満	施肥基準量
100 - 200	施肥基準量の 1/2
200 以上	無施肥

(3) カリウム

水稻ではカリウムの吸収量がある限度以下になるとナトリウムを代替吸収する現象が報告されている。ナトリウムの代替吸収が生じるのはカリウムの潜在的な欠乏と考えられるため、代替吸収が生じないように基準を設定する必要がある。農林水産省委託プロジェクト研究成果マニュアル(2014)では、施肥したカリウムがすべて交換性になると仮定して、土壌中の交換性カリウムと施肥したカリウムを合わせた量からカリウム飽和度を計算し、その飽和度が4%を下回ると水稻茎葉中のナトリウム濃度が直線的に高まる現象が示されている。そのため、表Ⅱ-3を目安に、カリウム飽和度が4%を下回る場合、4%を目標にカリウムの施肥が必要となる。一方、カリウム飽和度が4%以上の場合はカリウムを無施肥とする。

表Ⅱ-3 土壌のカリウム飽和度に基づくカリウム施肥量の目安
(水稻)

カリウム飽和度	カリウム施肥量 (kg/10a)
4%以上	無施肥
4%未満	$(1.884 \times \text{CECme}/100\text{g} - \text{交換性カリウム含量 mg-K}_2\text{O}/100\text{g})$ $\times \text{作土深 cm} \div 10$ ただし、計算値が標準施肥量より多くなった場合は標準施肥量とする。

水稻以外では、表Ⅱ-4を目安に、土壌診断基準に示された基準値と比較して施肥量を加減する。その際、石灰・苦土とのバランスを考慮することも重要である。塩基が総量として十分確保されていても、塩基間のバランスが失われると欠乏症が起ころおそれがある。また、家畜ふん堆肥の施用はカリウムが供給されるため、肥料を施肥する場合は家畜ふん堆肥から供給される量を考慮する。

表Ⅱ-4 土壌の交換性カリウム含量に基づくカリウム施肥量の目安 (水稻以外)

交換性カリウム含量	カリウム施肥量
適正下限値以下	$(\text{適正下限値 mg}/100\text{g} - \text{交換性カリウム含量 mg}/100\text{g})$ $\times \text{作土深 cm} \div 10 + \text{施肥基準量 kg}/10\text{a}$
適正範囲内	施肥基準量
適正上限値以上	$\text{施肥基準量 kg}/10\text{a} -$ $(\text{交換性カリウム含量 mg}/100\text{g} - \text{適正上限値 mg}/100\text{g})$ $\times \text{作土深 cm} \div 10$

(4) 石灰・苦土

土壌の陽イオン交換容量（CEC）の何%が、交換性塩基（石灰、苦土、カリウム等）で満たされているかを示したものが塩基飽和度で、飽和度は pH と関係する。飽和度が大きいと pH が高く、小さいと pH が低くなる。土壌が高 pH や低 pH になると作物の養分欠乏症や過剰障害の原因となることがある。また、塩基間のバランスが失われると欠乏症が起こるおそれがある。そのため、石灰、苦土についても土壌診断を実施し、土壌診断基準値と比較して施肥量を加減する。

表Ⅱ-5 pH を 1 上げるのに要する石灰量の目安 (kg/10a)

土の種類	石灰の種類		
	炭カル	苦土炭カル	消石灰
腐植質黒ボク土	300-400	280-380	240-320
粘質土・沖積土	180-220	170-210	140-180
砂質土(砂丘未熟土)	100-150	90-140	80-120

「土壌診断の方法と活用」から引用。

(5) ケイ酸

水稲ではケイ酸は 10a 当たり約 100kg と大量に吸収される元素で、水稲では主要な成分である。ケイ酸は葉を直立させ受光態勢を良くし、光合成能力を増加させる、根を活性化させ養分吸収を活発にする等の役割がある。水稲の土壌診断基準値は 10mg/100g 以上である。土壌診断を実施し、土壌診断基準値の下限より低い場合は、土壌改良資材を施用する。

(6) 鉄

水田土壌では還元状態が進むと、土壌中の硫酸イオンが微生物の働きにより還元されて硫化水素が発生する。水田土壌中に遊離酸化鉄含量が十分にあれば硫化鉄となり不溶化して害は出ないが、遊離酸化鉄含量が少なければ硫化水素が不溶化せず、水稲の根を傷め秋落ちの原因となる。水稲の土壌診断基準値は 0.8% 以上である。土壌診断を実施し、土壌診断基準値の下限より低い場合は、土壌改良資材を施用する。

3 有機質肥料の窒素の効き方

有機質肥料は施肥時期によって窒素の効き方が異なることが経験上知られているが、その違いを地温から推定する手法で理論的に予測できる。この予測により有機質肥料を効果的に利用した施肥設計が可能である。

有機質肥料に含まれる有機態窒素（タンパク質など）は、土壌微生物の働きにより分解され、アンモニア態窒素や硝酸態窒素などの植物が吸収できる無機態窒素に変化する。県内で流通する各種有機質肥料を畑に施用する場合の、施用時期別の窒素の効き方（肥料に含まれる窒素のうち、その時期1か月で窒素量無機態窒素に変化する割合）を予測した結果を示した。

表Ⅱ－6 各種有機質肥料からの施用時期別の窒素無機化率（％）

有機質肥料	施肥時期			
	2月	5月	8月	11月
魚かす	41.9	66.9	67.6	57.6
カニ殻	34.6	54.1	55.8	45.5
鶏豚肉骨粉	42.2	63.6	64.5	55.4
フェザーミール	40.0	70.3	72.8	56.4
皮粉	24.9	46.2	47.0	37.2
骨粉	45.5	61.5	62.4	55.4
大豆油かす	45.9	64.9	65.1	59.0
なたね油かす	37.1	56.2	56.7	49.2
あまに油かす	38.1	55.7	56.4	49.0
ひまし油かす	36.2	58.1	58.7	49.9
脱脂米ぬか	13.8	27.0	33.2	19.2
グルテンフィード	12.4	21.7	26.7	16.2

4 主要農産物の養分吸収量

農産物を安定的に生産するには、養分吸収不足が起こらないように、作物が必要とする時期に必要な量を施肥することが基本となる。そのためには、作物別に養分吸収特性を知ることが重要となる。

現地で水稻、小麦及び主要な野菜などの養分吸収量を調査した事例を表Ⅱ-7に示した。トマト、ナス、キュウリなどの果菜類は、作型によって収穫量が大きく変わり、吸収量も異なるので注意を要する。一般に、果菜類、葉菜類は根菜類に比べて吸収量が大きいいため、施肥量が多い。野菜類は、水稻、小麦に比べ、カリ、苦土、石灰など塩基吸収量の多い特徴を持つ。特にトマト、ナス、キュウリ、ハクサイ、セルリー、フキはカリの吸収量が他の野菜類に比較しても多く、不足しないように注意する。

表Ⅱ-7 主要作物の養分吸収量（尾和、1996 及び愛知農総試）

種類	収量 (kg/a)	施肥量(kg/a)			収穫物吸収量(kg/a)			その他吸収量(kg/a)			吸収量合計(kg/a)		
		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
水稻	52	—	—	—	0.66	0.40	0.25	0.51	0.26	1.69	1.17	0.66	1.94
小麦	35	1.0	0.6	0.7	0.65	0.31	0.16	0.09	0.02	0.56	0.74	0.33	0.72
大豆	36	—	—	—	2.24	0.50	0.70	0.20	0.09	0.68	2.44	0.59	1.38
トマト	1590	—	—	—	1.56	0.78	4.39	1.00	0.35	1.93	2.56	1.14	6.32
ナス	1095	—	—	—	1.78	0.65	2.65	1.17	0.32	2.33	2.95	0.97	4.98
キュウリ	1382	—	—	—	1.68	0.95	3.45	0.96	0.73	2.17	2.64	1.68	5.62
スイカ	568	—	—	—	0.70	0.22	2.73	0.27	0.11	1.08	0.97	0.34	3.81
メロン	241	—	—	—	0.79	0.30	1.29	0.71	0.29	1.24	1.50	0.59	2.53
イチゴ	471	—	—	—	1.01	0.43	1.77	0.46	0.29	1.26	1.48	0.73	3.03
スイートコーン	179	3.2	1.5	2.7	0.66	0.32	0.51	1.19	0.74	2.42	1.85	1.06	2.92
春ダイコン	803	1.1	1.1	0.7	0.68	0.51	2.18	0.55	0.33	0.66	1.23	0.84	2.84
冬ダイコン	770	0.7	0.4	0.5	0.77	0.36	1.80	0.89	0.27	1.07	1.66	0.64	2.87
ニンジン	642	1.5	2.1	1.5	0.83	0.50	2.02	0.59	0.20	1.01	1.42	0.70	3.03
サトイモ	337	1.6	1.4	1.8	0.89	0.42	2.23	0.44	0.17	0.88	1.33	0.59	3.12
ハウレンソウ	350	3.0	1.9	2.6	1.84	0.52	2.75	—	—	—	1.84	0.52	2.75
チンゲンサイ	338	1.0	0.6	1.0	0.81	0.18	1.34	0.15	0.02	0.27	0.97	0.20	1.60
ミズナ	251	0.9	0.9	0.8	0.97	0.18	1.25	—	—	—	0.97	0.18	1.25
年内どりキャベツ	776	2.4	0.9	1.4	1.60	0.52	2.12	1.66	0.41	1.81	3.25	0.93	3.93
年明どりキャベツ	657	3.8	1.1	2.3	1.93	0.60	1.95	1.83	0.43	1.79	3.76	1.03	3.75
年内どりハクサイ	1160	3.6	2.2	2.6	1.64	0.90	3.28	1.52	0.42	2.73	3.16	1.32	6.02
年明どりハクサイ	993	3.4	1.8	2.7	1.91	0.86	2.53	0.92	0.32	1.69	2.82	1.18	4.22
レタス	264	1.4	1.0	1.3	0.58	0.20	0.78	0.64	0.20	1.48	1.23	0.39	2.26
ブロッコリー	158	3.7	2.4	2.4	1.08	0.28	0.72	2.61	0.67	3.12	3.69	0.91	3.84
セルリー	717	3.9	3.7	3.0	1.58	0.64	3.21	1.85	0.72	4.18	3.43	1.36	7.39
タマネギ	938	2.6	1.8	2.3	0.90	0.57	1.41	0.69	0.16	1.12	1.59	0.74	2.53
フキ	1181	5.2	4.8	5.1	1.02	0.57	4.31	1.91	0.51	2.26	2.93	1.08	6.58

1)：環境保全型農業研究連絡会ニュース、No. 33 , 428-445(1996)から引用。収量原データは乾物値のため、食品成分表等の水分データから収量を換算した。

2)：施肥量は聞き取り。

参考文献

藤原俊六郎，安西徹郎，加藤哲郎．土壤診断の方法と活用．農文協．東京．p 92 (1996)

農林水産省委託プロジェクト研究成果マニュアル．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 (2020)

農林水産省委託プロジェクト研究成果マニュアル．土壤診断、施肥法改善、土壤養分利用によるリン酸等の施用量削減に向けた技術導入の手引き．I 土壤診断評価法の改良とリン酸・カリウムの減肥指針 (2014)

大橋祥範・日置雅之・糟谷真宏 2017．愛知県内で流通する 12 種の有機質肥料からの窒素無機化量の推定．愛知県農総試研報．49, 1-8.

尾和尚人．わが国の農作物の養分収支．環境保全型農業研究連絡会ニュース．No. 33, 428-445 (1996)

牧田尚之，久野智香子，武井真理，池田彰弘，吉川那々子．愛知県の野菜主要産地における施肥量、生産量、養分吸収量及び土壤の化学性．愛知農総試研報．45, 11-19 (2013)