

環境保全型農業における施肥

熊本県農業研究センター
農産園芸研究所 土壤肥料部

部 長 久 保 研 一

1. はじめに

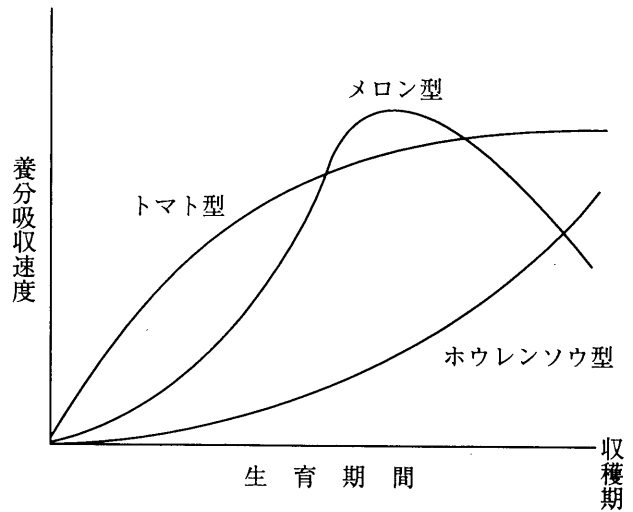
環境にやさしい肥料ということで「ゆっくり効く肥料」が注目されている。堆きゅう肥等の有機物であり、有機質肥料であり、肥効調節型の被覆肥料ということになる。確かに、肥料成分がゆっくり有効化すれば、濃度障害で根がいたむ危険性が少なく、養分の利用率が向上する可能性がある。また、作物の養分吸収パターンに合わせた施肥も考えられる。その結果として、必要最小限のレベルまで施肥を減らすことも目標とされている。

ところで、現場でこれらのことを行おうとする時、いくつか前提条件がある。それは現在の農法で生産された場合と同等以上の収量性と高品質性が維持されること（農家経営の安定性）であり、片や、作業の省力化をあわせて進める必要があること（技術の定着しやすさ）等で、なかなかやっかいな矛盾点を抱えている。ここでは、現場で進められている施肥について問題点を少し整理してみたい。

2. 作物の養分吸収と施肥の実態

作物の養分吸収を調べてみると、大方の場合、シグモイド曲線に似たものとなる。そして、栄養生長の盛んな時期や果実肥大期に最大の吸収が起こり、その後成熟期に向かって低下していく。ところが、収穫されるものはすべてが成熟した器官とは限らない。このような観点から、収穫にいたるまでの作物の生育型を類型化すると、これは施肥に関しても重要な意味をもつ。つまり、模式図（図1）に示す

図1 作物の養分吸収の推移（模式図）



様に、ホウレンソウやレタス等の葉菜類に代表される栄養生長期に収穫を迎える作物は収穫期にも十分な養分の供給を必要とし、トマトやキュウリのように栄養生長と生殖生長が同時に進行する作物では安定した肥効を確保することが重要となる。一方、メロンのように完全に成熟して収穫される作物ではメリハリの効いた施肥管理が必要とされ、収穫期の過剰な養分供給は障害の発生を引き起こしてしまう。表1は、熊本県におけるいくつかの作物について、窒素施肥量と吸収量を調査

表1 熊本県における主要作物の施肥量と養分吸収量

作物名	施肥量 kgN/10a	吸収量 kgN/10a	作物名	施肥量 kgN/10a	吸収量 kgN/10a
ホウレンソウ	20~25	8	キャベツ	12+12	20
リーフレタス	20~25	8	ハクサイ	15+ 5	16
ピーマン	30+20		ダイコン	10+ 4	11
ナス	25+35		ニンジン	10+ 4	9
トマト	10+20	25	イネ	4+ 5	6
イチゴ	14+10		メロン	12	10

(施肥量の表示：基肥+追肥)

した結果である。施肥量が多いか少ないかは作物の種類だけではなく、作型や栽培期間、収量にもよるが、養分の利用率から考えると、施肥量が多いトマト、ナス、ピーマン等の果菜類よりもむしろホウレンソウ、レタス等の葉菜類で問題が多いことがうかがえる。

さらに、もう一つの重要なことは、収量が上がれば上がるほど吸収量は増えるが、養分利用率は逆に低下していくことである(図2)。これまでの多収を得るための技術開発の歴史は養分利用率に関しては目をつぶってきたことに他ならない。そして、この傾向はイネ科作物でよりも根系の貧弱な野菜類で顕著に認められ、施肥法の改良が必要であることを示唆している。

3. 有機物による施肥

1) 有機物の窒素供給特性

以前、有機物が施肥の主流だった時代があり、その頃は化学肥料は金肥と呼ばれていた。この時代の施肥の持つ意味は、作物生産に伴う地力の減退を防ぐために作物残さ、家畜糞尿、人糞尿等を施用する、いわば“消極的施肥”であったと思われるが、生産量の増大にともない金肥の割合が著しく増加した。近年の有機物施肥を考えると、作物の生産性、品質に対する要求、環境に対する保全義務など、単に昔のように化学肥料を有機物に置き換えることでは解決しない状況になってきており、新しい施肥技術として組み立てる必要が生じている。

現在、使用されている有機質資材には多種多様なものがある。一般に、有機物の分解は高温(高地温)で速く、低温(低地温)でゆるやかに起こ

図2 養分吸収量と利用率の関係(↑は最高収量)

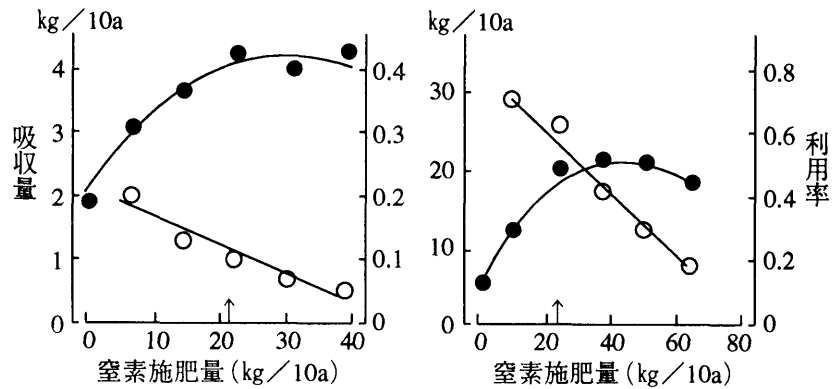


図3 有機質資材の窒素分解率(地温30℃)

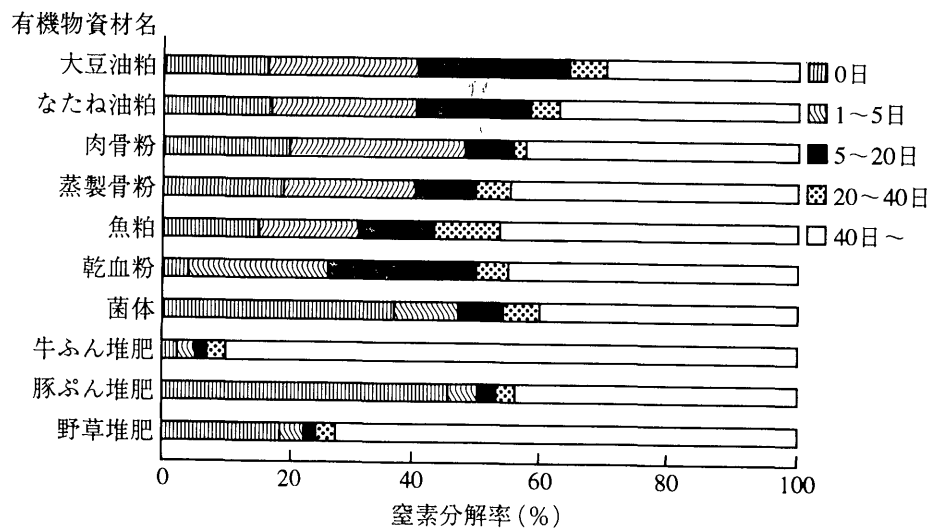


表2 有機質資材の窒素成分量と無機化特性値(熊本農研セ, 1994)

資材名	窒素成分量 %	無機化を特徴づける値 ¹⁾		
		易分解性窒素 mg/100g	分解速度 day ⁻¹	反応の活性化エネルギー
大豆粕	7.5	97.8	0.179	14570
なたね油粕	5.9	84.1	0.158	16490
肉骨粉	7.6	82.2	0.127	19020
蒸製骨粉	4.3	70.1	0.203	21600
魚粕	4.3	65.9	0.075	14720
乾血粉	13.6	79.8	0.071	27500
キンタイ	7.7	37.9	0.078	20140
牛ふん堆肥	1.4	6.9	0.007	22710
豚ふん堆肥	2.0	8.3	0.020	17430
野草堆肥	0.6	15.2	0.004	22770

1) 乾土100gに対して150mg窒素相当量の資材を添加して求めた値

るが、各有機質資材の培養試験結果を速度論的に解析し、地温データから無機化窒素量を評価してみると、図3及び表2に示すように、資材間でかなり異なっている。すなわち、資材中に含まれる窒素の分解は牛糞堆肥やカヤを主原料とする野草堆肥でゆるやかなのに対し、油粕（大豆や菜種）ではすみやかに起こる。さらに、速度論的な解析に用いるパラメーターを比較すると、易分解性窒素量は油粕や肉骨粉が多く、堆きゅう肥で少ない。また、分解速度は油粕、肉骨粉が速く、魚粕、血粉は中程度、堆きゅう肥は持続型となる。分解の温度依存性については、血粉、骨粉、牛糞

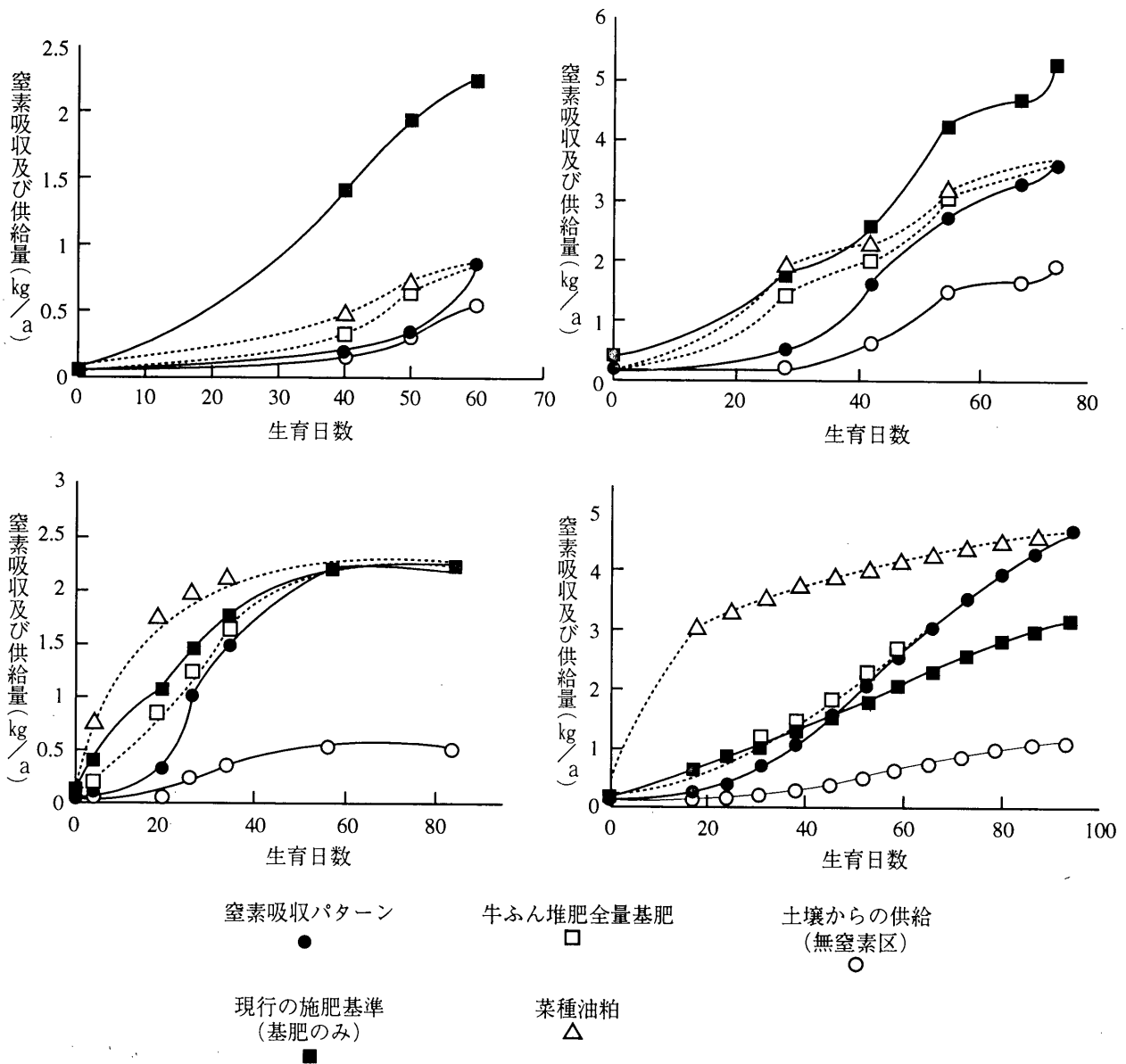
堆肥が温度の上昇により分解が促進されるのに比べ、油粕や魚粕は低温でもかなりの分解が起きると推定される。

これらの結果をもとに、牛糞堆肥および菜種油粕から必要な窒素が供給されるとした場合の様子を、実際の栽培現場での施肥、養分吸収と比べて試算してみた（図4）。試算した作物は冬春期のリーフレタス、春キャベツ、秋冬メロン、夏秋トマトである。

(1) リーフレタスは栄養生長型の作物で、図の●で示したように生育前半はかなりゆっくりとした窒素吸収で推移し、30日経過した頃から急激に増

図4 作物に対する有機質資材施用に関する試算

(熊本農研セ, 1994)



加する。したがって、この吸収の盛んな時期に無機態窒素の供給を不足させない施肥が肝要である。牛糞堆肥や菜種油粕のみを用いて施肥した場合もレタスの窒素要求量を上回るが、レタスの根系が生育前半にとりわけ貧弱に経過することから考えると、根に養分を十分供給できる位置への施肥ができるかどうかは鍵となり、工夫の余地がある。現行施肥では、収穫後も14kg/10aの窒素が土壌に残存する計算となり、養分利用率は悪い。

(2) キャベツは栄養生長・生殖生長転換型の結球野菜で結球開始期以降に吸収が増大する。この作型は低温期でもあり有機質資材からの窒素供給も現行施肥法の場合とほぼ同一に経過する。しかし、収穫時での窒素吸収量を賄うことのできる有機質資材量は、牛糞堆肥で40t/10a、菜種油粕で530kg/10aとなり、現実的な量ではない。この点、土壌からの供給力を十分高めておくとともに、施用有機物の選択やブレンド、あるいは、化学肥料との組み合わせを考えることが現実的かもしれない。

(3) メロンは果実が完全に成熟してから収穫する完全転換型の作物である。窒素施肥は基肥が基本であるが、窒素に敏感に反応するため、元来有機質肥料の使用が多い。メロンは開花・交配期から果実肥大期にかけて急激な養分吸収を示し、成熟後期には窒素はほとんど必要とされない。窒素の最大吸収時を満足させる有機質資材量は、牛糞堆肥で25t/10a、菜種油粕で490kg/10aと試算され、かなり多い。また、牛糞堆肥では収穫期にも窒素の供給が継続し4kg/10aが収穫後も残存する。菜種油粕では生育初期の供給が著しく多いため、つるぼけ等の窒素過剰障害の危険性がある。一方、現行の施肥についてみると前半やや供給過剰ではあるが、ほぼ窒素吸収と供給が一致しており、秋冬

型の施肥としては問題はないと考えられる。

(4) トマトでは栄養生長と生殖生長が同時に進行していく。そのため、生育時期を通してバランスのよい施肥が重要で、追肥の意義が大きい。有機質資材の場合、基肥として施用するのが殆どで追肥としては使用しにくい点を考えると難しい問題を残している。

2) 有機物から供給される養分のバランス

有機質資材に対する依存度を高めていく場合、施用量は窒素供給量で決定されることが多いが、窒素のみならず各養分間のバランスを考えることも大切である。ちなみに、堆きゅう肥の多量連用でカリウムを始めとする陽イオン類が土壌に集積している事例が、施設土壌や飼料畑にかぎらず、水田でさえもみられている。表3及び表4は、それぞれ、作物の養分吸収バランスと有機質資材の養分供給バランスを窒素に対する割合で示したものである。このように各作物にはそれぞれの養分ごとに要求量が異なっており、施肥はその量比に応じて行われるのが望ましい。しかし、そのバランスは必ずしも有機質資材の供給と一致しない。しかも、有機質資材の窒素肥効は他の養分に比べて劣るから、窒素の有効化量に基づくバランスを計算すると、さらに大きな格差が生じてしまう。このように有機物施用には陽イオン集積の危険性

表3 作物の養分吸収バランス

作物名	養分吸収量 kg/10a					養分吸収比率 (当量比)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
ト マ ト	2.6	0.7	4.7	2.1	0.5	10	1.6	5.5	4.0	1.3
メ ロ ン	1.9	0.8	5.1	4.0	0.7	10	2.3	7.9	10.4	2.6
イ チ ゴ	1.0	0.5	1.3	0.2	0.2	10	2.7	3.8	0.9	1.0
キャベツ	2.0	0.6	2.3	1.9	0.3	10	1.7	3.6	5.0	1.1
イ ネ	1.0	0.4	1.0	0.2	0.1	10	2.6	3.0	1.0	0.9

(速見昭彦、1970)

表4 有機物資材中の窒素に対する他の養分比率

	N P ₂ O ₅ K ₂ O CaO MgO (全窒素量に対する割合)					N P ₂ O ₅ K ₂ O CaO MgO (有効化窒素量に対する割合)				
	稲 わ ら	10	0.2	5.1	1.6	2.2				
稲わら堆肥	10	0.4	3.2	3.6	0.7					
牛糞堆肥	10	5.4	5.6	3.6	3.6	10	53.6	55.7	35.6	36.1
豚糞堆肥	10	6.1	1.6	10.7	3.1	10	12.8	3.1	21.5	6.1
野草堆肥	10	3.8	0.6	11.1	3.1	10	22.3	5.5	37.4	10.6

がひそんでいる。

さらに、現場的な問題としては、土作り資材としての堆きゅう肥からの養分供給量が施肥計算に含まれていないため過剰の養分投入となっていることが上げられる。プリンスメロンの異常発酵果は栽培に熱心で収穫目標も高い農家で多く発生した。これらの農家では堆きゅう肥の施用も盛んに行われ、その結果、畜積した有機物が地温の上昇とともに無機化し、メロンの成熟期に供給されたことが障害発生の一因を形成していた。養分の適量はそれぞれの作物のそれぞれの生育段階で異なり、施肥による供給、堆きゅう肥からの供給、土壌からの無機化など、トータルとしての養分供給量を考えておかななくてはならない。ちなみに、先ほど述べた窒素分解の評価法によると、慣行的な施用量である牛糞堆肥2t/10aと菜種油粕200kg/10a、メロンの窒素施肥量のそれぞれ12%と43%に、また、トマト窒素施肥量のそれぞれ7%と23%に相当する窒素を供給している計算になる。

以上のことから、有機質主体の施肥を行ううえでの留意点をいくつか上げてみると、1)各種有機質資材をブレンドしたそれぞれの作物専用の資材を作ること、2)作物によって特に必要とされる窒素の富化やカルシウムの補給など肥効成分の調整は堆肥づくりの中で行き、養分量を正しく評価すること、3)野菜とイネ科作物など養分要求性の異なる作物をうまく組み合わせること、などであろうか。

4. 施肥削減へのとりくみ

環境保全型施肥で有機物施肥と対をなす考え方は施肥削減であり、効率的な施肥を行うことにより、土壌に投入される養分量を減らし、土壌に対する負荷を低減しようとするものである。確かに、緩効性肥料を用いた根菜類の減肥栽培の実績等が報告されているが、収量を確保し、農家の経営を不安定にしないという条件をクリアするのは容易ではない。現行の施肥量は目標とする収量を達成するために必要な量として、繰り返し栽

培した結果決定されているものだからである。そこで、いくつか施肥削減の方策を考えてみたい。

1) 2作1回施肥：これは葉菜類等のマルチ栽培で確立された施肥法で、2作物を栽培するのに必要な肥料を肥効調節型肥料等を用いて、1度に施用してしまう方法である。この場合、栽培時期や肥料の種類を考慮すれば、2割から3割減肥しても変わらない収穫が期待できる。2) 地温確保技術：マルチの選定による好適地温の確保は土壌有機物からの窒素発現をうながすとともに、根系の発達を促進するため、効率的な養分吸収と生育をもたらす。特に、低温期の地温確保は効果的である。3) 局所施肥：肥効調節型被覆肥料の出現により、根域への施肥、育苗ポットや育苗箱への施肥などが可能となった。これらは省力的であるとともに養分の利用効率を上昇させ減肥につながる可能性がある。4) 年間施肥基準：今までの1作物についての施肥基準の設定は単作地帯や水稲後の作物には有効であるが、野菜の連作や畑作物との組み合わせでは前作の残肥の影響が異なってくる。土壌診断を活かし、年間の作付け体系を考慮した施肥基準を作ることが重要と考えられる。この場合、肥効調節型肥料では収穫後に溶出する成分についても無駄にならぬように十分考慮されるべきであろう。

5. おわりに

環境保全型技術が、1)地力の培養を重視した生産環境づくりに基盤をおき、2)できるだけ過剰の養分供給をおさえた肥培管理で生産するシステムであり、3)ある程度の品質・収量が確保され、4)併せて、作物の健全性・安全性が得られるとすれば、理想の総合技術ということになり、また、非常に当たり前のことでもある。ただ、生産性という論議からは離れてくるのは仕方がない。どこで、折り合いをつけるのかが問題だが、施肥技術という点では、施肥理論を忠実に実践することの重要性には違いがない。