

II-3 環境負荷低減技術

(1) 土壌分析結果を生かした施肥量削減

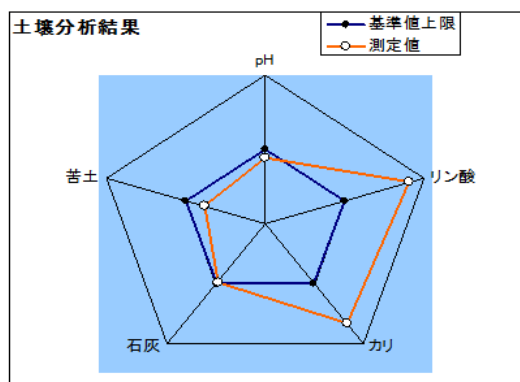
① 技術の内容

土壌分析により土壌養分の量を把握し、現況の養分量にあわせ施肥量を加減する方法である。

② 期待される効果

養分が過剰にある場合は施肥量を減らすことができ、肥料のコスト低減にもつながる。特に施設園芸や果樹園、茶園では土壌中のリン酸及びカリが過剰になっている場合が多く、土壌分析結果を活用した施肥設計が施肥量の削減に有効と考えられる。

土壌分析による施肥の処方事例



分析結果 リン酸、カリが基準より大

施肥設計 (案)

施肥のリン酸及びカリを 50%削減

リン酸、カリの配合が少なく、価格の安い肥料を利用してコスト低減も可能。

③ 土壌分析結果を活かした施肥試験の事例

ア スイカ (植木町) の施肥窒素削減 (熊本農研 H10~11 年)

植木町の現地スイカハウスにおいて作付け前の無機態窒素量を考慮して施肥窒素を 50%減肥した施肥試験を実施 (品種: 富士光 TR)。

試験区の構成

	施肥窒素量	スイカー果重	果実糖度 (Brix)
慣行区	N 15.4 kg/10a	4.58 kg	11.5
減肥 - 50%区	N 7.7 kg/10a	4.73 kg	11.9

★土壌分析結果に基づき施肥窒素量を半減しても収量、果実糖度は慣行施肥と同等であった。

【減肥率の計算方法】

無機態窒素含量 (mg/100g 乾土) から 3 mg を差し引いた値を有効窒素として施肥窒素量から減らす。

【留意事項】

土壌分析は、ほ場毎に毎年実施することが理だが、複数のほ場でも場所が近く、同じ作物で施肥管理も同じ場合は、どれかのほ場を代表として分析してもよい。毎年、土壌分析するのが難しい場合は2年に1回程度の分析でもよい。

イ 土壌診断に基づく夏まきキャベツのリン酸減肥栽培
(熊本農研 H21~23年)

黒ボク土における夏まきキャベツ栽培では、土壌中の有効態リン酸含量が 15mg/100g 乾土以上の場合、リン酸肥料の削減が可能である。

試験区の構成

試験区	有効態リン酸 mg/100g	×	化学肥料施肥量			
			N	P	K	
低リン酸土壌区(低P)	7.2~11.0	×	無P	24	0	20
中リン酸土壌区(中P)	13.1~17.7		1/2P	24	10	20
高リン酸土壌区(高P)	23.2~45.6		標準	24	20	20

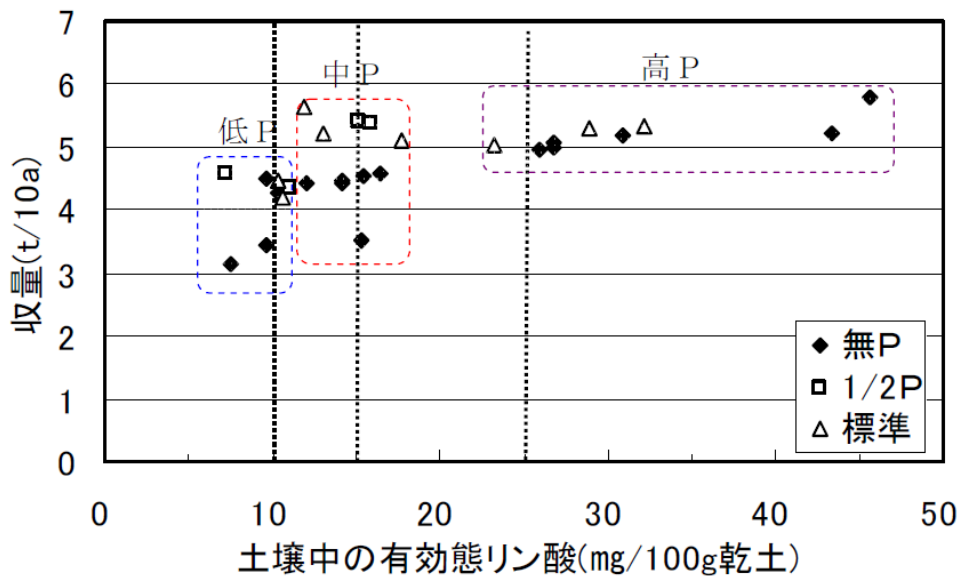


図1 収量と有効態リン酸との関係

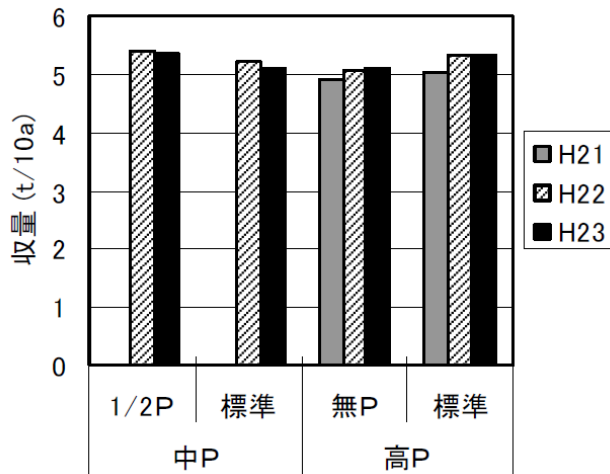


図2 収量の推移

ウ 普通期水稻と小麦に有効なリン酸・カリの減肥栽培
(熊本農研 H21~23年)

土壌の有効態リン酸が 1mg 以上(100g 乾土当たり)および交換性カリウムが 20mg 以上(同)の場合、水稻ならびに小麦の減肥栽培を3年継続しても、標準的な栽培と比較して収量ならびに品質は同等である。

試験区の構成

kg/10a

		窒素	リン酸	カリ	
水稻	標準	10	7.5	10.8	肥沃度リン酸高・カリ中
	減肥	10	3.6	6.1	リン酸中・カリ中
小麦	標準	9	7.5	9.8	リン酸低・カリ中
	減肥	9	4.3	5.2	リン酸低・カリ高

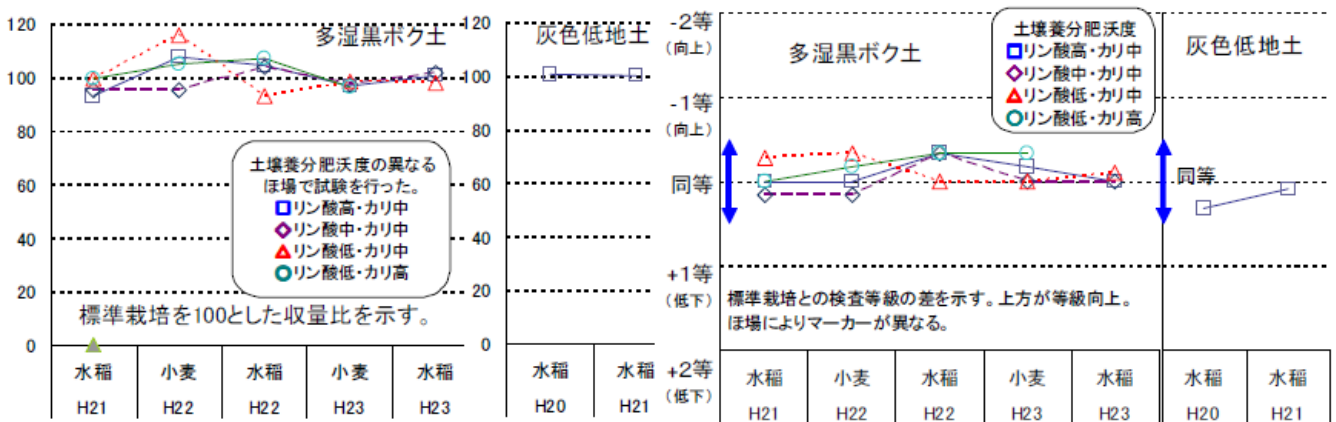


図3 標準栽培に対する減肥栽培の収量比

図4 標準栽培に対する減肥栽培の子実検査等級

【留意事項】

わら類をほ場から持ち出す場合、減肥栽培によるリン酸及びカリの施用量に対して持ち出し量が大きくなり、養分収支はマイナスとなって土壤養分への依存がやや大きくなるため、必要に応じて堆肥や土づくり資材等を補給することが望ましい。

ただ、カリについては灌漑水からの供給が比較的多いので、養分収支が緩和できると思われる。

(2) 堆きゅう肥施用による施肥量削減

家畜ふん堆肥中には肥料に相当する成分が含まれているため、堆肥中の肥料成分を計算し、施肥量に加えることで肥料の使用量を減らすことができる。

また、堆肥中の肥料成分を活用することによって、肥料の使用量を減らす、または、リン酸やカリ含量の低い低コスト肥料に変えることにより肥料コストの低減も期待できる。

① 家畜ふん堆肥中の肥料成分と計算方法

家畜ふん堆肥の肥料成分は堆肥により成分の変動が大きく、肥料に相当する割合（以下肥効率という。）が不明確であるために肥料としての利用が行われていなかった。

しかし、県内で生産され流通している堆肥では定期的に成分分析が行われており、肥効率の目安として使える数値も設定されている。

堆肥の使用量と成分値、肥効率から家畜ふん堆肥に含まれている肥料相当成分量を計算することができる。

【計算方法】

堆肥中の肥料成分相当量 (kg)

$$= \text{堆肥の使用量 (kg)} \times \text{成分値 (\%)} \div 100 \times \text{肥効率 (\%)} \div 100$$

表1 近年の畜種別堆肥含有肥料成分(現物あたり)

(単位: %)

畜種	サンプル数 n		水分	窒素 N	りん酸 P ₂ O ₅	加里 K ₂ O	石灰 CaO	苦土 MgO	炭素 C	C/N
乳牛	177	標準的な範囲	45.9 ~ 67.7	0.5 ~ 1.2	0.5 ~ 1.4	0.7 ~ 2.5	0.7 ~ 2.6	0.3 ~ 0.8	10.6 ~ 19.2	12.9 ~ 23.6
		平均値	56.8	0.9	0.9	1.6	1.7	0.6	14.9	18.2
肉用牛	213	標準的な範囲	40.8 ~ 64.1	0.6 ~ 1.4	0.6 ~ 2.0	1.0 ~ 2.5	0.4 ~ 1.6	0.3 ~ 0.8	13.1 ~ 21.7	13.8 ~ 25.1
		平均値	52.4	1.0	1.3	1.8	1.0	0.6	17.4	19.4
豚	60	標準的な範囲	18.1 ~ 46.2	1.2 ~ 2.9	2.2 ~ 6.3	1.4 ~ 2.9	1.7 ~ 6.5	0.8 ~ 2.0	16.4 ~ 27.8	7.2 ~ 17.2
		平均値	32.1	2.1	4.2	2.2	4.1	1.4	22.1	12.2
鶏	23	標準的な範囲	12.0 ~ 22.4	1.8 ~ 3.2	4.3 ~ 6.6	2.6 ~ 4.4	9.9 ~ 19.2	1.1 ~ 1.7	16.6 ~ 24.9	6.8 ~ 10.4
		平均値	17.2	2.5	5.4	3.5	14.6	1.4	20.8	8.6
畜種混合	94	標準的な範囲	36.1 ~ 61.1	0.7 ~ 1.6	0.7 ~ 2.6	1.1 ~ 2.9	0.3 ~ 3.5	0.4 ~ 1.0	13.4 ~ 21.3	12.0 ~ 21.0
		平均値	48.6	1.1	1.6	2.0	1.9	0.7	17.4	16.5

サンプルは熊本県堆肥共励会に平成20年度から24年度までの5力年に出品された堆肥
標準的な範囲:「平均値-標準偏差」~「平均値+標準偏差」とした

表2 畜種副資材別堆肥含有肥料成分（平均値：現物あたり）

（単位：%）

畜種	副資材	調査地域	サンプル数 n	水分	窒素 N	りん酸 P ₂ O ₅	加里 K ₂ O	石灰 CaO	苦土 MgO	炭素 C	C/N	
牛	なし	全国	53	49.9	1.1	1.5	1.5	2.1	0.7	17.5	16.7	
		熊本県	36	48.8	1.1	1.2	2.0	1.8	0.7	17.0	16.4	
	オガクズ	全国	130	57.8	0.8	1.0	1.1	1.1	0.5	15.6	21.0	
		熊本県	269	55.2	0.9	1.1	1.7	1.2	0.5	16.5	19.9	
	モミガラ	全国	19	57.0	1.0	1.5	1.1	1.9	0.5	12.6	16.2	
		熊本県	23	55.2	0.8	1.1	1.6	1.4	0.6	13.6	16.7	
	オガクズ モミガラ	全国	14	62.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.3	9.3	19.9	
		熊本県	35	54.6	0.9	1.0	1.5	1.3	0.5	14.7	18.0	
	豚	なし	全国	49	29.0	2.7	5.0	2.1	4.5	1.8	24.8	9.9
			熊本県	25	24.6	2.7	5.0	2.6	5.1	1.7	26.0	10.1
オガクズ		全国	58	43.8	1.4	3.0	1.5	2.9	0.9	17.3	14.2	
		熊本県	16	39.0	1.5	3.3	1.8	2.9	1.1	19.1	13.7	
モミガラ		全国	16	52.7	1.3	2.3	0.9	1.9	0.6	13.7	12.6	
		熊本県	3	27.9	2.0	4.0	2.0	4.0	1.4	25.0	12.8	
オガクズ モミガラ		全国	15	56.3	1.1	2.2	0.7	1.4	0.5	12.1	12.3	
		熊本県	9	44.8	1.2	3.3	1.6	2.7	1.0	18.0	17.7	
鶏		なし	全国	51	19.7	2.8	5.9	3.1	12.7	1.8	19.6	8.4
			熊本県	20	16.5	2.4	5.7	3.6	15.9	1.5	19.9	8.5
	オガクズ	全国	9	37.1	2.3	3.8	1.9	4.0	1.7	19.7	11.0	
		熊本県	2	21.8	2.9	3.1	3.1	5.9	1.0	29.3	10.9	

堆肥データ：全国：堆きゅう肥利用の手引き（改訂版）から

（山口、原田ら、平成8年度家畜ふん尿利用研究会資料：1996）

熊本：熊本県堆肥共励会に平成20年度から24年度までの5カ年に出品された堆肥

表3 近年の乳牛由来液状きゅう肥の含有肥料成分（現物あたり）

処理区分	サンプル数 n		水分	窒素 N	りん酸 P ₂ O ₅	加里 K ₂ O
スラリー	101	標準的な範囲	88.44 ~ 92.83	0.41 ~ 0.61	0.16 ~ 0.31	0.31 ~ 0.58
		平均値	90.64 ^a	0.51 ^a	0.24 ^a	0.44 ^a
固液分離液	27	標準的な範囲	92.64 ~ 96.11	0.34 ~ 0.55	0.12 ~ 0.27	0.22 ~ 0.48
		平均値	94.37 ^b	0.44 ^b	0.20 ^b	0.35 ^b
尿	36	標準的な範囲	95.88 ~ 98.61	0.22 ~ 0.68	0.01 ~ 0.05	0.38 ~ 0.90
		平均値	97.25 ^c	0.45 ^b	0.03 ^c	0.64 ^c

スラリー：ふんと尿が全量混合された液状物

固液分離液：ふん尿混合物を固液分離機を通して分離した液状物

尿：パーンクリーナーなどにより場内で分離された液状物

サンプル採取時期：平成21年度から22年度 標準的な範囲：「平均値-標準偏差」～「平均値+標準偏差」とした
同一成分の種別異符号間に有意差有り(Tukey) a-b:p<0.05

表 4 県内で生産される家畜ふん堆肥の成分値と肥料成分相当量（試算値）

	成分含量 (現物%)			肥効率 (%)			現物 1t 中肥料相当量 (成分 kg)			
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	3成分 合計
牛ふん 堆肥	1.1	1.2	2.0	30	60	90	3.3	7.2	18.0	28.5
豚ふん 堆肥	2.7	5.0	2.6	70	70	90	18.9	35.0	23.4	77.3
鶏ふん 堆肥	2.4	5.7	3.6	70	70	90	16.8	39.9	32.4	89.1

(肥効率は「堆きゅう肥利用の手引き」より引用)

② 家畜ふん堆肥と肥料の組み合わせ方法

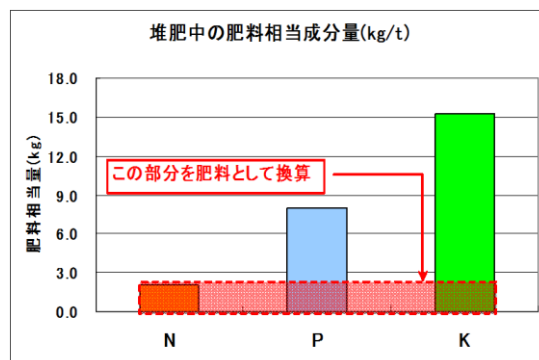
どのような肥料を家畜ふん堆肥と組み合わせるかによって、肥料削減効果が変わってくる。最近では、リン酸、カリ配合の少ない低コスト肥料が販売されており、取り組みやすく、かつ、削減効果もより大きくなる。

以下にいろいろなタイプの肥料との組み合わせ方法を示す。

ア 堆肥と従来から使用しているタイプの肥料との組み合わせ方法

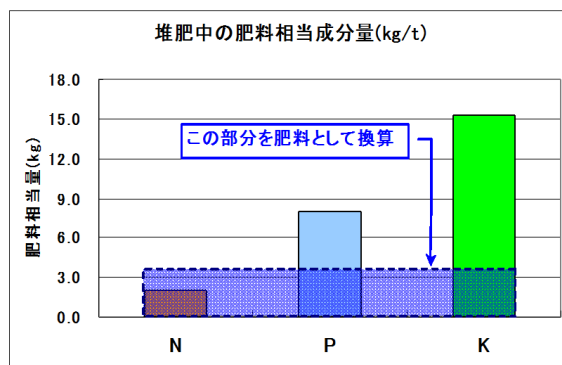
現在使っている肥料（例：オール 14 など）の窒素含量から、堆肥中の窒素含量のみを控除した設計で施肥を行う方法である。

作物生育への影響は少ないと考えられるが、施肥量の削減率は小さく、リン酸とカリの成分含量は考慮しないので、これらの蓄積を招く。



イ 堆肥と「リン酸・加里の配合が低い」肥料との組み合わせ方法

上記①の施肥設計で、堆肥とリン酸・カリ配合の少ない低価格の肥料を使用する方法である。作物生育への影響は比較的少なく、コスト低減効果は大きくなり、また余剰なリン酸とカリ

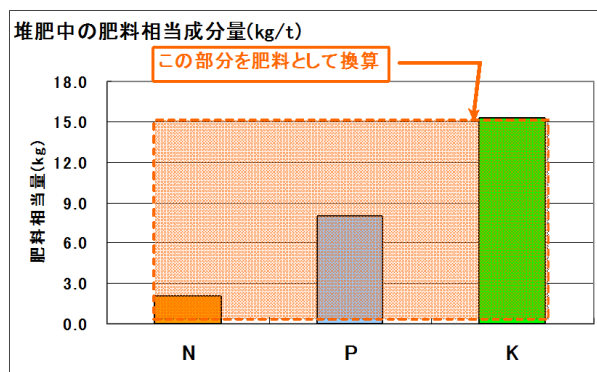


の蓄積を少なくすることができる。

ウ 堆肥を基本に不足成分を単肥配合肥料で補う方法

堆肥を最大限利用し、不足する肥料成分を単肥配合した肥料で補う方法である。

肥効（窒素分）が高く、成分割合が安定した鶏ふんや豚ふんは、作物生育への影響は少ないと考えられるが、牛ふん堆肥等では影響が不明である。なお、コスト低減効果は大きくなる。



エ 肥料を使わずに家畜ふん堆肥だけの方法

肥効の高い乾燥鶏ふんや豚ふん堆肥では、それだけで栽培が可能だが、堆肥の成分バランスを考え、過不足がおきないように注意が必要である。

③ 家畜ふん堆肥を肥料として用いた試験事例

ア 水稻の基肥としての鶏ふんの利用（香川県農試）

乾燥鶏ふん(T-N2.9%)を水稻基肥として湛水1週間～湛水直前に400kg/10a程度を施用。

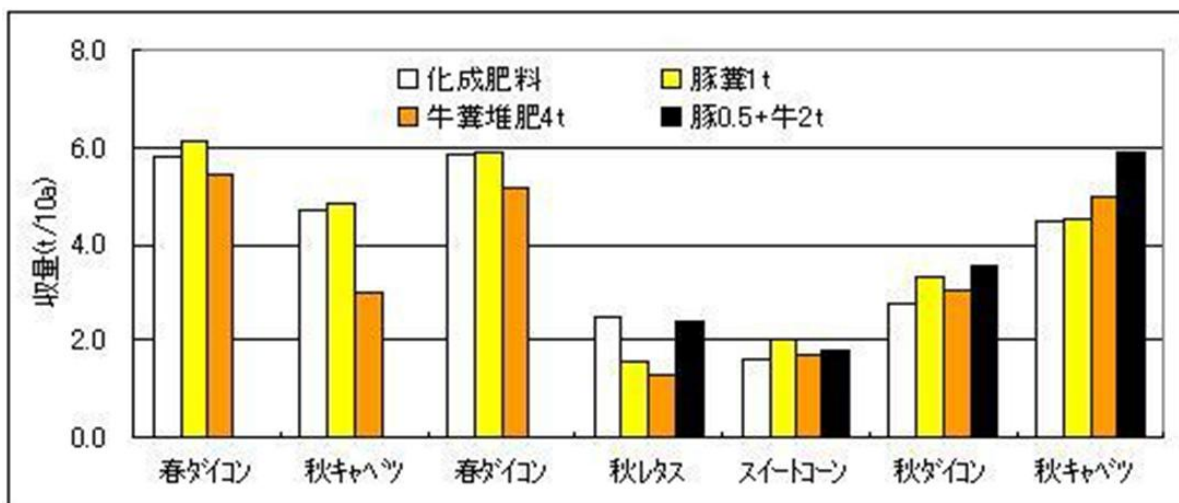
化学肥料の基肥窒素5kg/10aと同程度の効果があり、玄米中タンパク含量には影響しない。なお、別途追肥が必要となる（基肥時に600kg/10a施用しても追肥の効果は認められず肥効期間は短い）。

イ 堆肥による無肥料栽培

（熊本農研、H10～13年試験結果）

化成肥料を使わず牛ふん堆肥(4t/10a)、豚ふん堆肥(1t/10a)、豚ふん堆肥と牛ふん堆肥を組み合わせ(0.5t+2t/10a)、露地野菜を栽培し、化成肥料区と生産性を比較した。

年次	H10年作付	H11年作付	H12年作付	H13年作付
試験作物	春 だいこん 秋 キャベツ	春 だいこん 秋 玉レタス	春 スイートコーン 秋 だいこん	秋 キャベツ



- 牛ふん堆肥（窒素 0.5～1%程度）の 4 t /10a 施用
1～3年目はダイコン以外の露地野菜は化成肥料栽培より収量が低下した。
- 乾燥豚ふん（窒素 3%程度）の 1 t /10a 施用
秋レタス以外では化成肥料栽培と同等の収量が得られた。
- 乾燥豚ふん 0.5t/10a+牛ふん堆肥 2t/10a
化成肥料と同等の収量が得られて収穫後の土壌に残る窒素も少なかった。

（3）局所施肥による施肥量削減

局所施肥は、作物の根の周囲に限定して施肥を行う方法で、全面全層施肥に比べて少ない施肥量で済む低コスト施肥技術であり、うね立てをしながら施肥を行う機械作業が可能である。

① 局所施肥の種類と効果

表 5 局所施肥の種類

条施肥	植付け部にすじ状に施肥する方法
植穴施肥	植え穴に施肥する方法 (土との混和が必要)
うね内施肥	うね部だけに施肥する方法、機械散布も可能
側条施肥	田植えと同時に苗の下に施肥を行う方法（専用の機械が必要）



表6 局所施肥とおおよその減肥率

	基肥＋追肥体系	肥効調節型肥料一発施肥
条施肥	基肥での2～3割減肥	基肥・追肥合計から2～3割減肥
植穴施肥	基肥での3～4割減肥	基肥・追肥合計から3～4割減肥
うね内施肥	基肥での2～3割減肥	基肥・追肥合計から2～3割減肥
側条施肥	基肥での2～3割減肥	基肥・追肥合計から2～3割減肥

【留意事項】

局所施肥は根の周りに集中して施肥するので、根に障害が発生する場合があります、肥料の選択と施肥量に注意する必要があります。

- (ア) 局所施肥は全層施肥に比較して、狭い面積に多量の肥料が施されるので化成肥料では土壌中の肥料濃度が高くなり、濃度障害が発生しやすくなる。
- (イ) 有機質肥料は有機物の分解に必要な酸素が不足しやすく、根の周囲が還元状態となってガス害等が発生しやすいので注意が必要である。

② 局所施肥の試験事例

ア 「サラダタマネギ」うね内施肥の実証展示（芦北普及指導課 H18年）

芦北地域のサラダタマネギ栽培では肥効調節型肥料を配合した専用肥料とうね内施肥により施肥量を減らした施肥法が普及している。

試験の内容

区分	施肥窒素 N kg/10a	施肥作業	用いた肥料
展示1	14.7(-18%)	作業機によるうね内施肥マルチ	サラタマちゃん専用肥料
展示2	11.5(-36%)		
展示3	8.6(-52%)		



試験結果

区名	平均玉重収量		販売 単価	粗収入 (円/10a)	肥料代 (円/10a)
	(商品球 g)	(kg/10a)			
展示 1	258.8(113)	3,959(133)	200 円/kg	791,800	18,375(-18%)
展示 2	244.0(106)	3,050(102)		610,000	14,375(-36%)
展示 3	226.8(99)	2,495(84)		499,000	10,750(-52%)
対 照	229.6(100)	2,984(100)		596,800	22,500

【期待される効果】

うね内施肥により肥料を30%減らしても収量は変わらず、施肥コストも低減できる。

(4) 肥効調節型肥料の施用による施肥量削減

① 肥効調節型肥料の種類と効果

近年、開発された被覆尿素等の吸収効率の高い肥料を利用する技術である。これらの肥料は肥効のコントロールが可能（肥効調節型肥料）で、通常の肥料と比べて肥料の利用率が高いので施肥量を2～3割程度削減することができる。

肥効調節型肥料は、追肥作業を省略できることから、施肥作業の省力化を目的として水稻や野菜で普及している。

主な肥効調節型肥料

分類	主な銘柄
被覆尿素	LPコート、Mコート、セラコート等
被覆燐硝安加里	ロング（スーパーロング、エコロング）
被覆硝安加里	NKロング
被覆燐加安	シグマコート
硫黄被覆尿素	SCU
肥効調節型IB	スーパーIB
肥効調節型CDU	ハイパーCDU

【期待される効果】

肥効調節型肥料は、長期間肥効が持続するので追肥が省略でき、追肥の労力をコストに含めるとコスト低減につながる。

また、1袋当たりの単価は通常の肥料より高い場合が多いが、使用量は少なくなるため施肥コストの削減も期待できる。

② 肥効調節型肥料の試験事例

ア 促成スイカと抑制ナスにおける試験事例（熊本農研 H12～14年）

肥効調節型肥料と局所施肥を組み合わせることで30～40%の減肥が可能となる。

【試験の内容】

品目	栽培期間	標準施用区 (N kg/10a)	L P 減肥区	備考
抑制 ナス	7月中旬～ 11月下旬	CDU有機入化成(22) 燐硝安カリ	夏秋ナス一 発	条施肥はN成分-30% 植穴施肥は“-40%
促成 スイカ	2月上旬～ 5月上旬	CDU有機入化成(20)	スイカー発	条施肥でN成分-30% と-40%の2区を設置

抑制ナスの収量

試験区	収量(t/10a)
標準施肥	7.73(100)
条施肥-30%	8.02(104)
植穴施肥-40%	7.99(103)

促成スイカの収量

試験区	一果重(kg)	収量 (t/10a)	糖度
標準施肥	6.20(100)	4.13	12.2
条施肥-30%	6.56(106)	4.38	11.5
条施肥-40%	6.55(106)	4.37	11.4

イ 不知火における肥効調節型肥料の利用に関する試験（熊本果樹研）

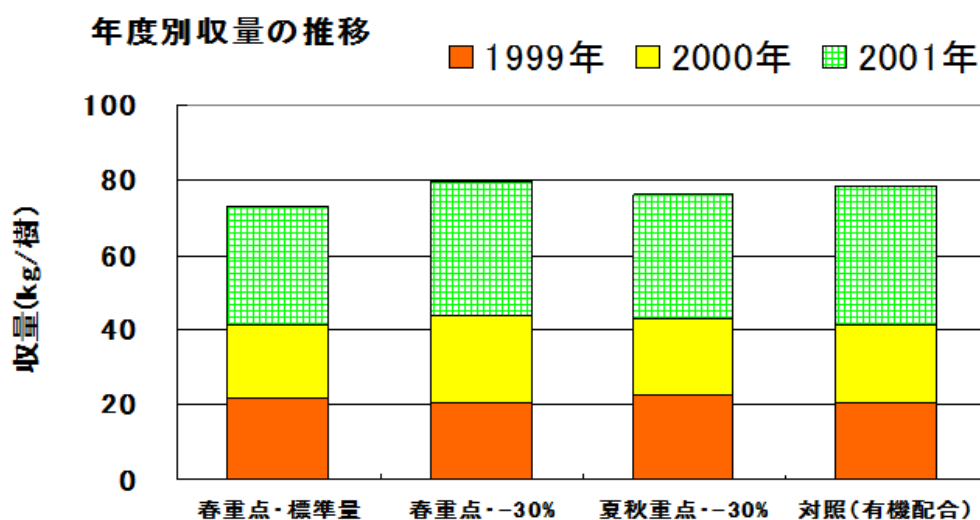
肥効調節型肥料の年1回施肥で、施肥量30%の削減が可能となる。

試験の内容（肥料成分 kg/10a）

試験区	窒素	リン酸	カリ
春重点溶出・標準量	28.0	21.0	21.0
春重点溶出・-30%	19.6	14.7	14.7
夏秋重点溶出・-30%	19.6	14.7	14.7
対照区（有機配合）	28.0	21.8	21.8

注1) 対照区以外は肥効調節型肥料を使用。

注2) 試験区は2月に一回施肥、対照区は年5回。



果実品質

試験区	糖度 (Brix)			クエン酸 (g/100ml)		
	1999年	2000年	2001年	1999年	2000年	2001年
春重点溶出・標準量	13.7	12.2	14.0	1.4	1.2	1.4
春重点溶出・-30%	13.2	12.1	13.8	1.4	1.3	1.4
夏秋重点溶出・-30%	13.7	12.1	14.1	1.4	1.1	1.3
対照区（有機配合）	13.1	11.6	13.7	1.3	1.0	1.3

(5) かん水同時施肥による施肥量削減

① かん水同時施肥技術の特徴

従来の施肥法では一回に施肥する量が多く、肥料濃度の過不足が大きくなり、生育に好適な養分濃度を維持するのが困難である。一方、かん水同時施肥では、作物の生育に合わせて、養分および水分を必要なだけかん水、施肥する栽培方法であるため、好適養分濃度を維持しやすく、効率的であるため、施肥量の削減が可能である。

また、かん水施肥システムを自動化すれば省力化が可能であり、労働経費の削減になる。

かん水同時施肥栽培の特徴

かん水方法	点滴チューブを利用。均一なかん水が可能。
かん水作業	自動化により省力化、規模拡大が可能。
元肥	なし
施肥管理	液肥を使用。養分の利用効率が向上。
塩類集積	起きにくい。



かん水同時施肥栽培装置

チューブの設置状況

② かん水同時施肥法の試験事例

ア かん水同時施肥によるキュウリの施肥削減

(大分県農技センター H10)

抑制作型では、養液土耕栽培は慣行施肥栽培に比べて収量を減ずることなく窒素施肥量を40%削減できた。半促成作型では、窒素施肥量は40%減にした結果、収量が5%程度減収したため、窒素施肥量は30%減が適当と思われた。

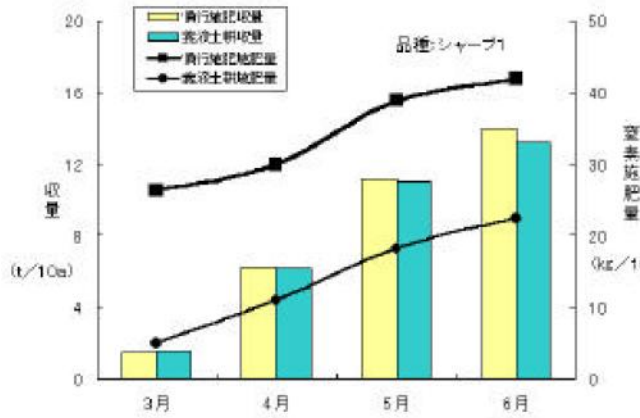


図3 抑制栽培の施肥量及び収量

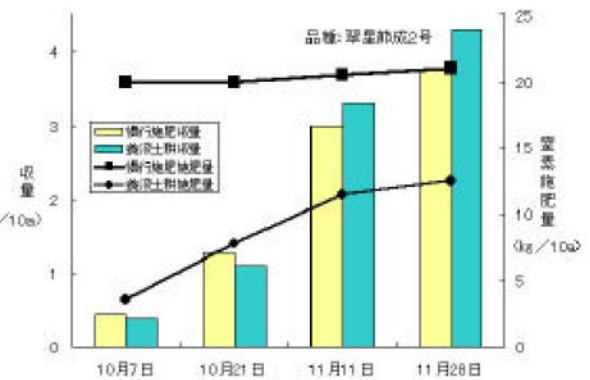


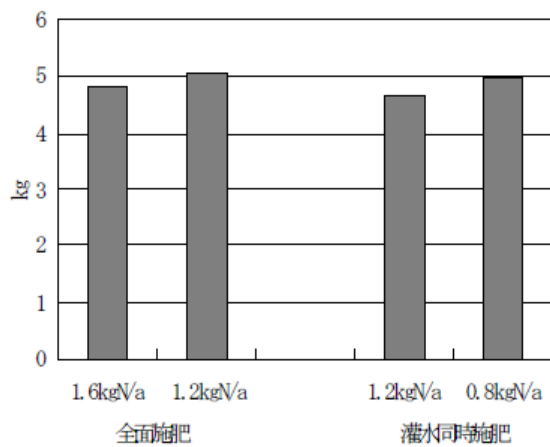
図4 半促成栽培の施肥量及び収量

イ 半促成スイカにおける施肥量削減（熊本農研 H14年）

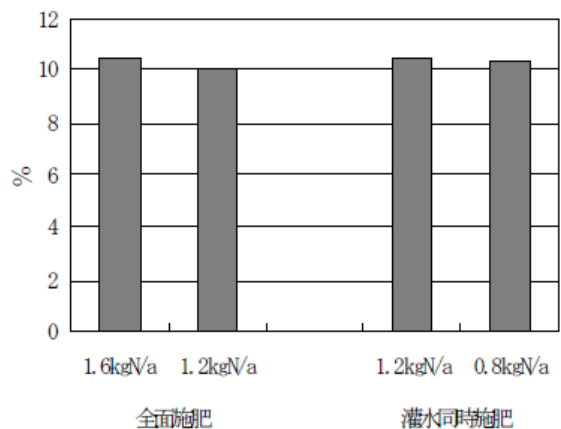
半促成スイカにおいてかん水同時施肥により窒素施肥量を削減しても収量、品質の低下は見られず、利用効率が向上する。

【試験の内容】

試験区	窒素施肥量 (N kg/10a)	備考
全面施肥	16.0	施肥前の土壌分析結果 無機態窒素 6.2mg/100g かん水同時施肥は着果後25～30日 で中止
	12.0	
かん水同時施肥	12.0	
	8.0	



一果重の比較



糖度の比較

(6) 作物別導入技術一覧

	基肥 追肥 区分	土 壌 分 析 を 活 か し た 減 肥	低 コ ス ト 肥 料 へ の 転 換	局 所 施 肥 に よ る 減 肥	肥 効 調 節 型 肥 料 に よ る 減 肥	堆 肥 に よ る 減 肥	か ん 水 同 時 施 肥 に よ る 減 肥
水 稻	基 肥 追 肥	○	○ ○	◎	○ ○	◎	
麦	基 肥 追 肥	○	○			△	
大 豆	基 肥 追 肥	△	○				
施 設 野 菜 ・ 花 き	基 肥 追 肥	◎	○ ○	◎	○ ○	◎	◎ ◎
露 地 野 菜	基 肥 追 肥	◎	○	◎	○ ○	◎	
果 樹		◎	○		○	△	△ (マルチリ)
茶		◎	○		○	◎	
い ぐ さ	基 肥 追 肥	○	○ ○		○ ○		
飼 料 作 物		◎	○			◎	

◎：技術導入可能でコスト低減効果が大きい

○：技術導入可能でコスト低減効果が期待できる

△：技術導入は適用可能であるがコスト低減は不明

マルチリ：周年マルチ＋点滴かん水＋液肥施肥を組み合わせた技術