

家畜排せつ物を材料とした堆肥は土づくり資材としては昔からよく知られていますが、最近の堆肥は肥料成分が多く、肥料の供給源として注目が集まっています。とくに最近では化学肥料の価格が高騰し、生産コストの上昇を避けるために堆肥の利活用が推奨されています。

堆肥の肥料成分の評価は従来からありましたが、個々の堆肥に対応したものではなく、畜種別にしか設定されていませんでした。そこで、個々の堆肥の肥効を化学分析結果から推定する簡易評価法について検討しました。

ア 簡易推定法の内容と特徴

今回の事業ではとくに堆肥のリン酸とカリ成分について検討しました。以下、個々の堆肥の肥効を化学分析値から簡便に推定する簡易評価法について述べます。

簡易推定法はどのようにして作ったか

まず堆肥の畜種ですが、乳牛、肉牛、採卵鶏および豚の4種です。サンプル数は乳牛堆肥が30点、肉牛堆肥が30点、採卵鶏堆肥が36点、豚ふん堆肥が30点です。リン酸とカリ肥効率の広がりをおおきくするねらいから副資材はオガクズ、イナワラ、戻し堆肥など、幅広くしました。

上記の堆肥を乾燥・粉碎し、2mm目の篩を通した堆肥を栽培試験と抽出試験に用いました。まず、ポットに入れた火山灰土の下層土に堆肥を混ぜ、栽培装置の中でコマツナを35日間栽培しました。その後コマツナを収穫し、吸収したリン酸とカリを分析してリン酸とカリの肥効率を求めました。

一方、2mm目の篩をパスした堆肥をさらに細かく微粉碎し、5種類の抽出液（2%クエン酸、0.001M 硫酸、1M 塩酸、0.5M 重炭酸ナトリウム、純水）によるリン酸とカリの抽出量を測定しました。

最後に、コマツナの栽培で求めたリン酸・カリ肥効率と各抽出液による抽出率（抽出量を全量で除した値）を回帰分析し、化学分析した結果からリン酸とカリ肥効率を推定する推定式について検討しました。

リン酸、カリの肥効率の簡易推定の内容

コマツナ栽培で求めたリン酸・カリ肥効率と5種類の抽出液によるリン酸・カリ抽出率の相関関係について検討した結果、表4-1に示したように、2%クエン酸抽出によるリン酸およびカリの溶率で最も高い単相関係数が得られましたので、以下これを用いることにしました。

また、表4-2に示すように、畜種別堆肥ごとに検討した単相関係数に比べて4畜種堆肥を統合した時の方が単相関係数は高くなりました。したがって、本システムでは4畜種統合により求めた推定式を採用することとし、図4-1にはリン酸について、図4-2にはカリについて散布図を示しました。

表4-1 コマツナによるリン酸・カリ肥効率と各液抽出率との単相関係数(r)

成分	抽出液の種類				
	2%クエン酸	0.001M硫酸	1M塩酸	0.5M重炭酸Na	純水
リン酸	0.944	0.062	0.907	0.124	0.257
カリ	0.898	0.853	0.740	0.875	0.817

注) 4畜種の堆肥を統合した結果

表4-2 堆肥のく溶率を用いたコマツナ栽培による堆肥中リン酸・カリの肥効率の推定式

畜種		リン酸	R ²	カリ	R ²
乳用牛	推定式	Y=0.907X+9.004	0.897	Y=0.806X+16.313	0.847
	コマツナ肥効率(%)	55 ~ 93		71 ~ 100	
	く溶率(%)	52 ~ 91		73 ~ 100	
肉用牛	推定式	Y=1.130X-11.430	0.778	Y=0.738X+22.847	0.792
	コマツナ肥効率(%)	79 ~ 99		77 ~ 99	
	く溶率(%)	81 ~ 96		75 ~ 100	
採卵鶏	推定式	Y=0.952X+4.359	0.865	Y=0.972+4.140	0.794
	コマツナ肥効率(%)	73 ~ 99		65 ~ 100	
	く溶率(%)	74 ~ 99		69 ~ 100	
豚ぶん	推定式	Y=1.014X-2.558	0.792	Y=0.732X+24.301	0.773
	コマツナ肥効率(%)	74 ~ 99		76 ~ 100	
	く溶率(%)	74 ~ 99		75 ~ 100	
4畜種統合	推定式	Y=0.899X+8.944	0.891	Y=0.801X+17.565	0.806
	コマツナ肥効率(%)	55 ~ 99		65 ~ 100	
	く溶率(%)	52 ~ 99		69 ~ 100	

リン酸肥効率 (%)

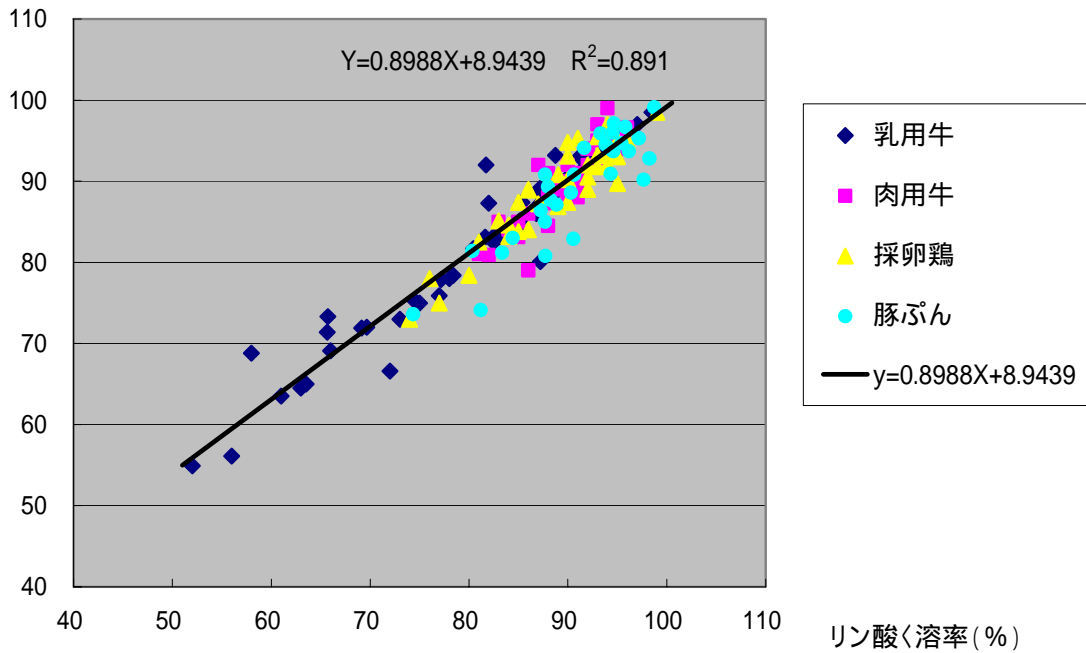


図 4 - 1 コマツナ栽培によるリン酸肥効率と堆肥のリン酸く溶率との関係

カリ肥効率 (%)

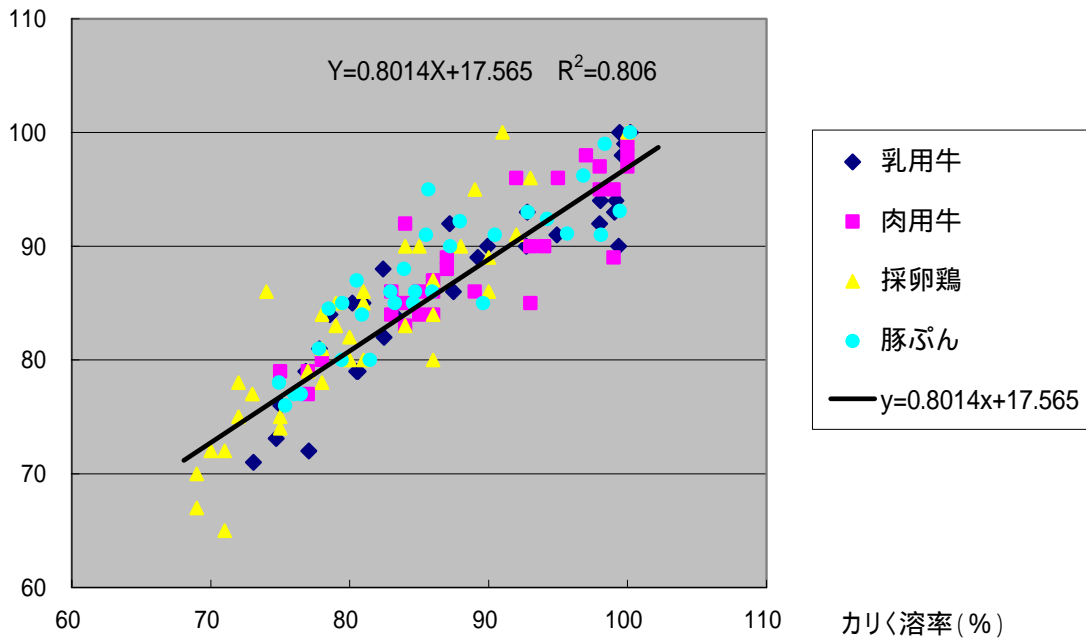


図 4 - 2 コマツナ栽培によるカリ肥効率と堆肥のカリく溶率との関係

次に、新しい堆肥のく溶性リン酸・カリを分析し、上述の推定式から求めたリン酸・カリの肥効率の推定値とコマツナ栽培で実測した肥効率が一致するかを検討しました。その結果、図4 - 3と図4 - 4に示すように両者はよく一致しており、推定式の有効性検証がされました。

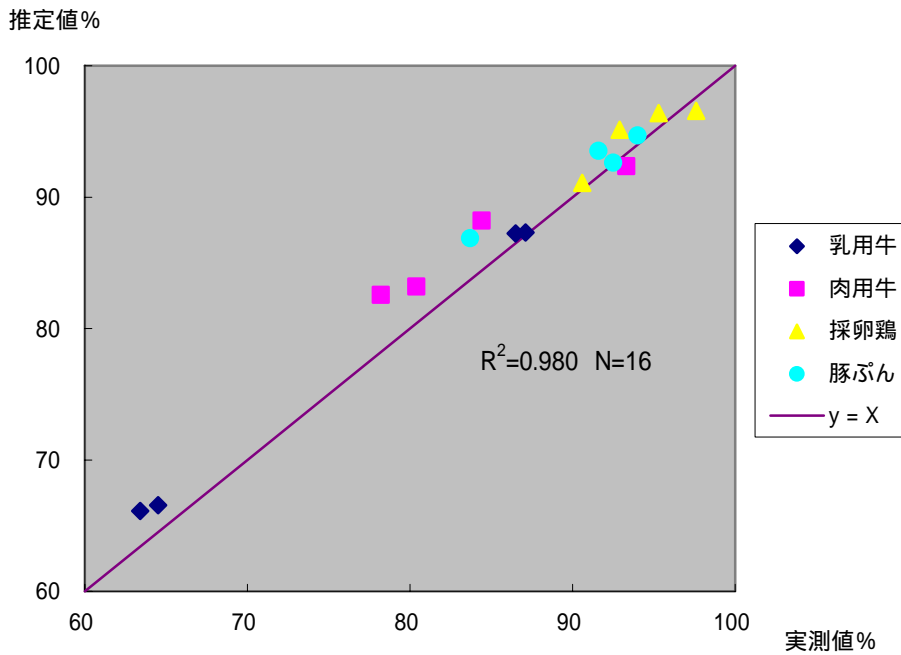


図4 - 3 リン酸肥効率推定式の検証

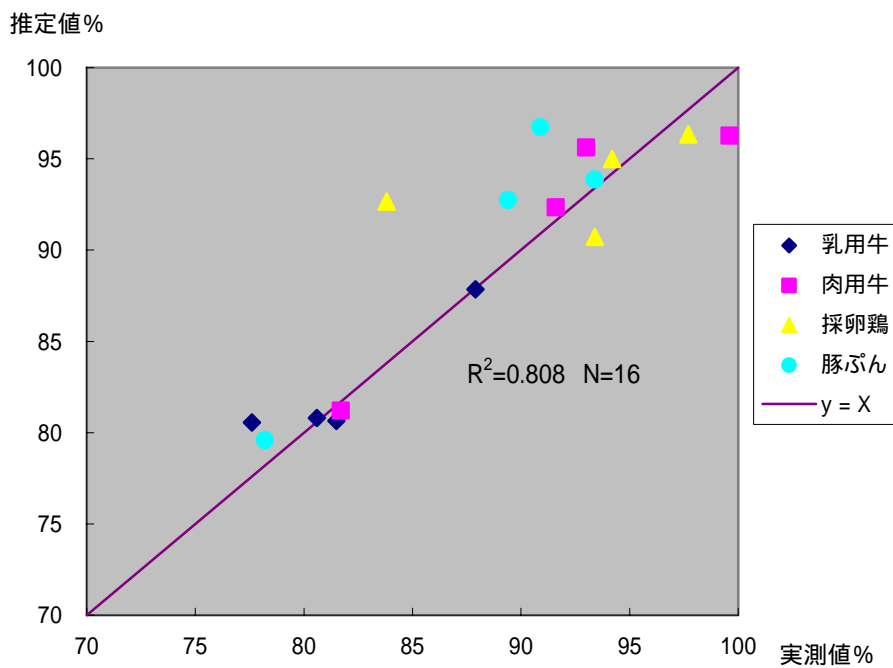


図4 - 4 カリ肥効率推定式の検証

簡易推定法の特徴

上記の簡易推定法において堆肥のリン酸とカリ肥効率を算出するには、全リン酸、全カリに加えてく溶性のリン酸とカリ（2%クエン酸で抽出されるリン酸とカリ）の値が必要です。この値がないとリン酸とカリ肥効率の推定値が算出されませんので、く溶性リン酸とカリの分析は必須となります。分析自体は難しいものではありません。当研究所では堆肥分析の一環として、今後く溶性リン酸・カリの分析を採用し、個々の堆肥についてリン酸・カリ肥効率の数値情報を発信する予定にしております。

上記の推定式は乳用牛、肉用牛、採卵鶏および豚ふん堆肥に対応していますので、畜種を気にする必要がありません。ただ、リン酸とカリの肥効率は良好な生育環境下でポット栽培した値ですので、ほ場試験で求めたそれらより高くなる傾向にあります。とくにカリはポット外へ流れ出すことがないので、その傾向が強くなります。堆肥の有するリン酸・カリの潜在的な肥効率と理解していただければよろしいかと思います。



写真4 - 1 く溶性リン酸の抽出操作 写真4 - 2 く溶性リン酸のろ過操作

イ 適用場面

全リン酸、全カリに加えてく溶性のリン酸とカリ（2%クエン酸で抽出されるリン酸とカリ）の数値があれば、本システムによりリン酸、カリの肥効率の推定値が得られます。上述しましたように、上記推定式の作成に当たっては畜種、副資材も幅広く考慮していますので、多様に生産されている堆肥に適用できると考えています。

堆肥のリン酸、カリの肥効率を考慮した 施肥設計の有効性（栽培実証試験）

堆肥のリン酸、カリの肥効率を考慮した施肥設計の有効性を実証するために、熊本県には夏作メロンと秋作キャベツの栽培試験を、埼玉県にはハウストマトと秋作露地コムギの栽培試験を委託しました。

栽培試験に先立ち、供試する堆肥の全リン酸と全カリおよび可溶性リン酸とカリを分析し、リン酸とカリの推定肥効率を求めます。推定肥効率に基づいて施肥設計し、栽培試験を実施しました。以下、作物ごとに栽培試験結果を紹介します。

ア メロンとキャベツによる栽培実証結果の概要

夏作のハウスメロンと秋作の露地キャベツの栽培試験は熊本県合志市にある熊本県農業研究センターの畑ほ場とビニールハウスで行いました。土壌は厚層多腐植質黒ボク土です。施肥量や栽培法および調査法は熊本県農作物施肥基準に基づきました。

両作物の処理区は標準施肥区、無リン酸区、無カリ区、牛ふん堆肥 P 区、牛ふん堆肥 K 区です。メロンの施肥基準量は 10a 当たり窒素 15kg、リン酸 15kg、カリ 15kg、キャベツのそれは窒素 24kg、リン酸 20kg、カリ 20kg です。

標準施肥区、無リン酸区および無カリ区は化学肥料にて施肥しました。牛ふん堆肥区は事前に分析・測定した窒素、リン酸、カリの肥効率に基づいてリン酸の基準量を満たす施用区（牛ふん堆肥 P、以下牛ふん P）とカリの基準量を満たす施用区（牛ふん堆肥 K 区、以下牛ふん K）に分け、肉用牛堆肥を施用しました。ちなみに、メロン栽培における堆肥（現物）施用量は 10a 当たり 760（P 区）～1470kg（K 区）、キャベツ栽培では 950kg（P 区）～1960kg（K 区）です。また、肉牛堆肥の推定肥効率は窒素 15%、リン酸 80～90%、カリ 90～100%となり、窒素が低いことから化学肥料窒素で不足分を補いました。

(1) 施設野菜：メロン

メロン果実の収量および糖度の結果を図4-5、養分吸収量と土壌養分量の増減に関する結果を表4-3に示しました。メロンの収量は、化学肥料による標準施肥区に比べて牛ふんP区、牛ふんK区ともに同等以上となりました。果実の内部品質である糖度は、標準施肥区とほぼ同等の結果が得られました。

牛ふんP・K区メロンの窒素、リン酸およびカリの吸収量は、収量と同様に、標準施用区と同等以上で、養分吸収も標準施肥区と遜色ありませんでした。跡地土壌への養分蓄積は牛ふんK区でやや高くなりましたが、牛ふんP区では標準施肥区と差がありませんでした。

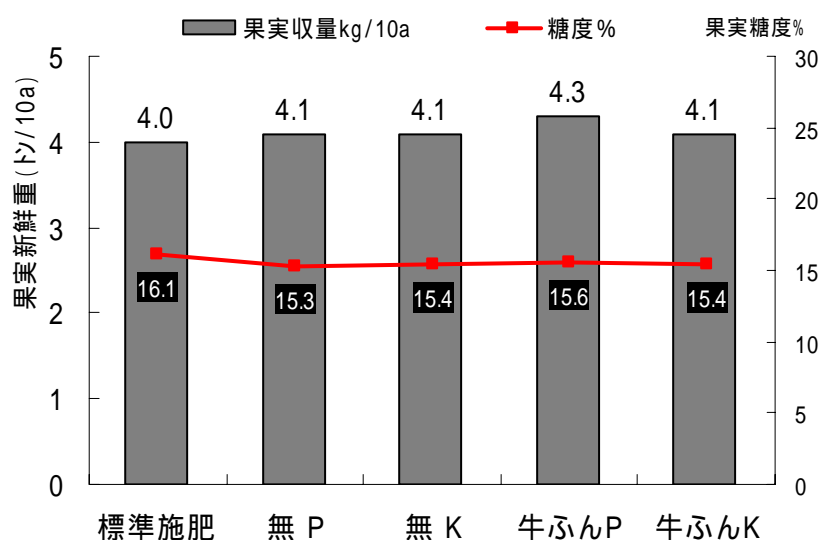


図4-5 メロン果実の収量（新鮮重）と糖度の結果

表4-3 標準施肥区に対するメロンの収量および乾物収量、土壌養分量増減の比較

処理区	収量比 (%)	乾物重比 (%)	養分吸収量の比較 (kg/10a)			栽培前後土壌養分比較 (mg/乾土100g)	
			窒素	リン酸	カリ	リン酸	カリ
標準施肥	100	100	100	100	100	0.7	-3
無 P	102	102	101	100	102	-1.9	-1
無 K	103	97	94	94	92	0.2	-8
牛ふんP	108	102	105	109	108	0.1	7
牛ふんK	103	101	100	106	108	1.8	18

(2) 露地キャベツ

キャベツの収量結果を図4-6に、規格分布の結果を図7に、養分吸収量と土壤養分量の増減に関する結果を表4-4に示しました。キャベツの収量は、標準区に比べて牛ふんP区、牛ふんK区ともに同等以上になりました。キャベツの規格分布の結果は、図4-7に示したように牛ふんP区、K区ともに標準施肥区よりもL玉、2L玉の割合が高く、牛ふん区の方が優品割合は上昇しました。

キャベツの窒素、リン酸およびカリの吸収量は、牛ふんP区ではリン酸吸収が標準施肥区よりやや低かったものの、窒素とカリは標準施肥区と同等でした。また、牛ふんK区では標準施肥区に比べて同等以上でした。このように養分吸収も標準施肥区と遜色ありませんでした。跡地土壌への養分蓄積は牛ふんK区でやや高くなりましたが、牛ふんP区では標準施肥区と差がありませんでした。

以上の結果から、牛ふん堆肥のリン酸およびカリの簡易分析に基づく推定肥効率を用いて施肥設計し栽培を行った結果、メロンとキャベツでは標準施肥区と同等の収量・品質が得られ、養分吸収および土壤養分の蓄積にも大きな問題は認められませんでした。このことから、堆肥のリン酸およびカリの簡易分析に基づく推定肥効率を用いた施肥設計は、黒ボク土におけるメロンおよびキャベツ栽培に有効であることが検証できました。

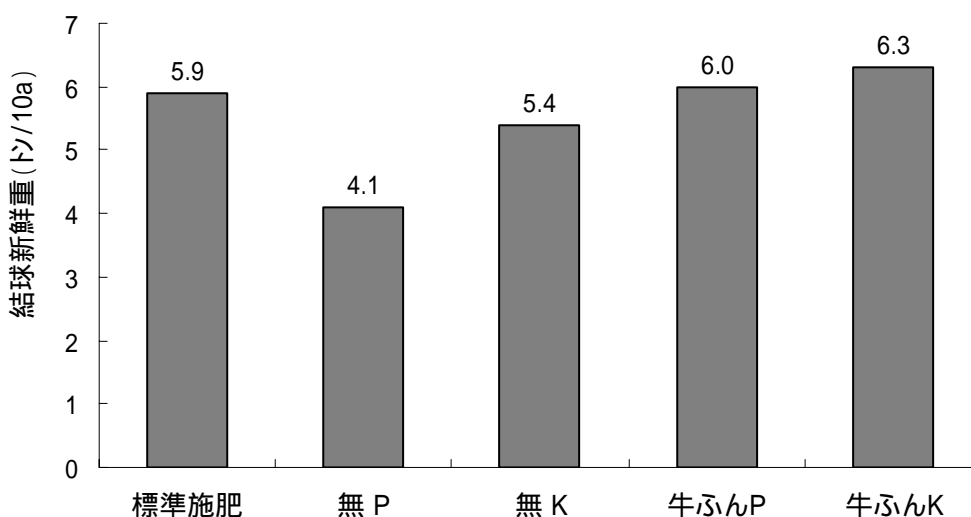


図4-6 キャベツ結球(新鮮重)の収量結果

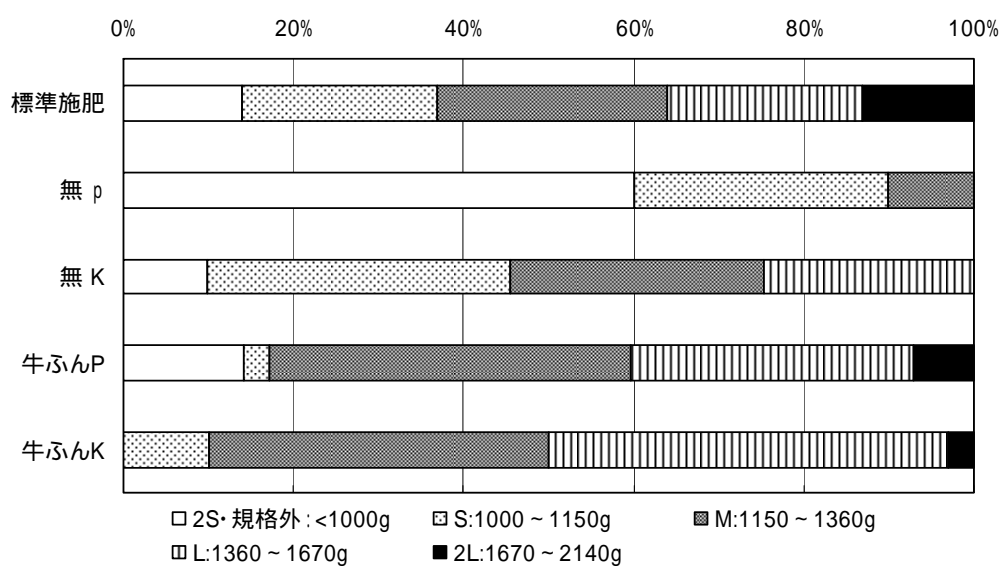


図4 - 7 収穫したキャベツの規格分布結果

表4 - 4 標準施肥区に対するキャベツの収量および乾物収量、土壌養分量増減の比較

処理区	収量比 (%)	乾物重比 (%)	養分吸収量の比較 (kg/10a)			栽培前後土壌養分比較 (mg/乾土100g)	
			窒素	リン酸	カリ	リン酸	カリ
標準施肥	100	100	100	100	100	-0.2	-1
無 P	69	73	80	42	90	-1.0	-1
無 K	92	91	93	90	85	-0.1	-7
牛ふんP	102	99	97	81	115	0.1	-8
牛ふんK	106	102	100	100	126	1.6	8



写真4 - 3 キャベツ栽培の様子

イ ハウストマトとコムギによる栽培実証結果の概要

夏作のハウストマトと秋作の露地コムギの栽培試験は埼玉県で行いました。ハウストマト栽培は久喜市にある埼玉県農林総合研究センター園芸研究所のビニールハウスで、コムギは熊谷市にある同センターの畑ほ場で行いました。土壌はともに褐色低地土です。施肥量や栽培法および調査法は埼玉県作物別施肥基準に基づきました。

ハウストマト栽培の処理区は標準施肥区、無窒素区、無リン酸区、無カリ区、牛ふん堆肥区、牛ふん堆肥リン酸補正区です。トマトの施肥基準量は10a当たり窒素20kg、リン酸25kg、カリ20kgです。標準施肥区、無窒素区、無リン酸区および無カリ区は化学肥料にて施肥しました。牛ふん堆肥区は事前に分析・測定した窒素、リン酸、カリの肥効率に基づいてカリの基準量を満たす施用区（以下、牛ふん区）牛ふん区と同一施用量で不足するリン酸を化学肥料で補う区（以下、牛ふんリン酸補正区）に分け、乳用牛堆肥を施用しました。ちなみに、牛ふん堆肥（現物）施用量は10a当たり3014kgです。また、乳用牛堆肥の推定肥効率は窒素6.5%、リン酸73%、カリ90%となり、窒素が低いことから化学肥料窒素で不足分を補いました。

コムギ栽培の処理区は標準施肥区、無窒素区、無リン酸区、無カリ区、牛ふん+N区、牛ふん100区です。コムギの施肥基準量は10a当たり窒素8kg、リン酸8kg、カリ8kgです。標準施肥区、無窒素区、無リン酸区および無カリ区は化学肥料にて施肥しました。牛ふん堆肥区は事前に分析・測定したリン酸、カリの肥効率に基づいてカリの基準量を満たす施用区とし、窒素の肥効率が0%として化学肥料窒素で基準量を施肥した区（以下、牛ふん+N区）牛ふん+N区と同一施用量で窒素肥効率を100%として不足する窒素を化学肥料で補う区（以下、牛ふん100区）に分け、乳用牛堆肥を施用しました。ちなみに、牛ふん堆肥（現物）施用量は10a当たり1400kgでしたが、この施用量ではリン酸量が不足するので化学肥料で補いました。乳用牛堆肥の推定肥効率はリン酸71%、カリ95%となりました。

(1) ハウストマト

トマトの収量と上物率、果実糖度の結果を図8に、養分吸収量と土壌養分量の増減に関する結果を表4-5に示しました。トマトの収量および上物率（形がよく乱形果でないこと、着色がよく色むら、すじ腐れ、裂け、スリップスの刺し跡がないもの、1果重が100g~300gのもの）は、図4-8に示したように、標準施肥区に比べて牛ふん区、牛ふんP補正区ともに同等以上になりました。また、トマトの糖度は牛ふん区、牛ふんP補正区ともに標準施肥区と同等でした。

トマトの窒素、リン酸およびカリの吸収量は、牛ふん区およびP補正区では窒素吸収が標準施肥区よりやや低かったものの、リン酸とカリは標準施肥区と同等以上でした。このように養分吸収も標準施肥区と遜色ありませんでした。跡地土壌への養分蓄積は牛ふん堆肥区のカリでやや高くなりましたが、リン酸では標準施肥区より少なくなりました。

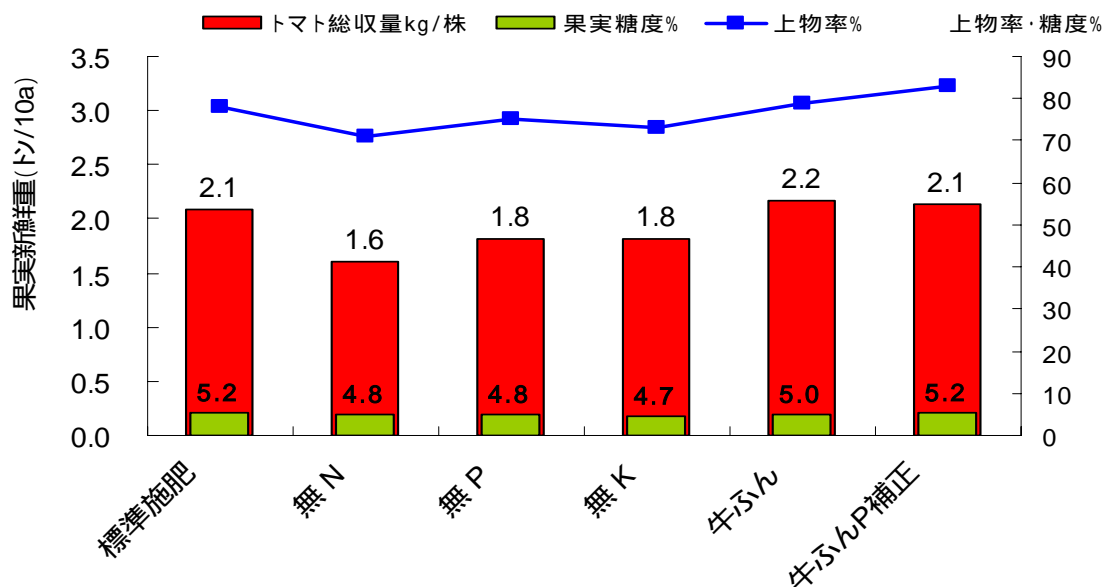


図4-8 トマトの総収量と上物率および果実糖度%の結果

表4-5 標準施肥区に対するトマトの収量および乾物収量、土壌養分量増減の比較

処理区	収量比 (%)	乾物重比 (%)	養分吸収量の比較 (kg/10a)			栽培前後土壌養分比較 (mg/乾土100g)	
			窒素	リン酸	カリ	リン酸	カリ
標準施肥	100	100	100	100	100	6.6	-16
無N	77	71	72	77	75	6.0	-12
無P	88	82	76	70	75	5.4	-20
無K	88	82	79	79	77	-7.6	-20
牛ふん	104	98	93	97	107	-3.2	-6
牛ふんP補正	103	106	92	105	119	-9.4	0

(2) 露地コムギ

コムギの子実収量の結果を図4-9に、養分吸収量と土壤養分量に関する結果を表4-6に示しました。コムギの子実収量は、図4-9に示したように、牛ふん+N区が最大となり標準施肥区を上回りました。牛ふん100区は最小の子実収量でした。

コムギの窒素、リン酸およびカリの吸収量は、牛ふん+N区が標準施肥区と同等以上でした。一方、牛ふん100区は窒素、リン酸、カリの吸収量は、子実収量の結果と同様に最小となり、コムギ栽培での窒素施肥の重要性が認められました。このように、窒素成分を適正に施肥することにより養分吸収も標準施肥区と遜色ありませんでした。跡地土壌へのリン酸とカリの蓄積は、牛ふん堆肥区でも標準施肥区と同等でした。

以上の結果から、熊本県で行ったメロンとキャベツの栽培試験の結果と同様に、牛ふん堆肥のリン酸およびカリの簡易分析に基づく推定肥効率を用いた施肥設計は、褐色低地土におけるトマトとコムギ栽培に有効であることが検証できました。

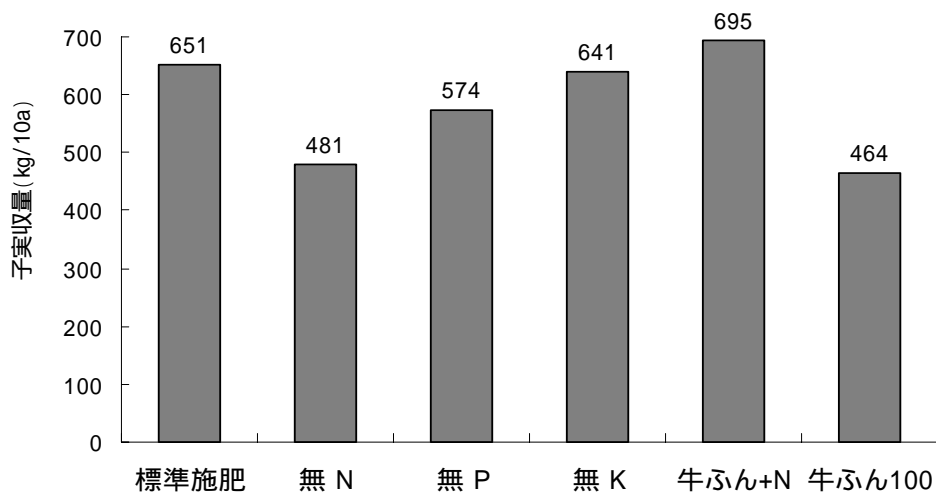


図4-9 小麦の子実収量 (水分 12.5%換算値) の結果

表4-6 標準施肥区に対するコムギの収量および乾物収量、土壤養分量増減の比較

処理区	収量比 (%)	養分吸収量の比較 (kg/10a)			栽培跡地の土壤養分 (mg/乾土100g)	
		窒素	リン酸	カリ	有効態リン酸	交換性カリ
標準施肥	100	100	100	100	36	17
無 N	74	67	74	76	35	17
無 P	88	82	92	94	32	15
無 K	98	99	101	110	35	15
牛ふん+N	107	102	107	111	30	15
牛ふん100	71	66	72	59	29	16