

混合堆肥複合肥料の肥効特性と施肥設計 及び利用技術に関する手引き



令和5年3月



一般財団法人 畜産環境整備機構

はじめに

平成 24 年 9 月に肥料取締法が改正され、特殊肥料である家畜ふん堆肥と化学肥料の混用の規制が解除されて新しい肥料「混合堆肥複合肥料」の製造・販売が可能となりました。また、令和 2 年 12 月から施行された「肥料の品質の確保等に関する法律」では化学肥料と家畜ふん堆肥等を混合した「指定混合肥料」が新設され、公定規格の緩和とともに届出のみで製造・販売できるようになりました。この混合堆肥複合肥料には家畜ふん堆肥施用による土壌の地力維持と化学肥料による施肥作業が一度にできることから、農業者の高年齢化に伴う施肥作業の削減に役立つことが期待されています。しかし、化学肥料のように多様な品揃えは不十分で、さらに畜種の異なる堆肥が混合されている混合堆肥複合肥料の肥効率や肥効発現パターンに関するデータや栽培データも不足している状況にあります。

このため、本事業では、混合堆肥複合肥料の肥効特性の解明、肥効特性に基づく施肥設計法と施肥設計アプリの開発、C/N 比の異なる牛ふん堆肥の肥効特性の解明と牛ふん堆肥を混合した指定混合肥料の試作、さらに開発した施肥設計で野菜栽培を行い、肥料効果と施肥設計の妥当性の検証に取り組みました。

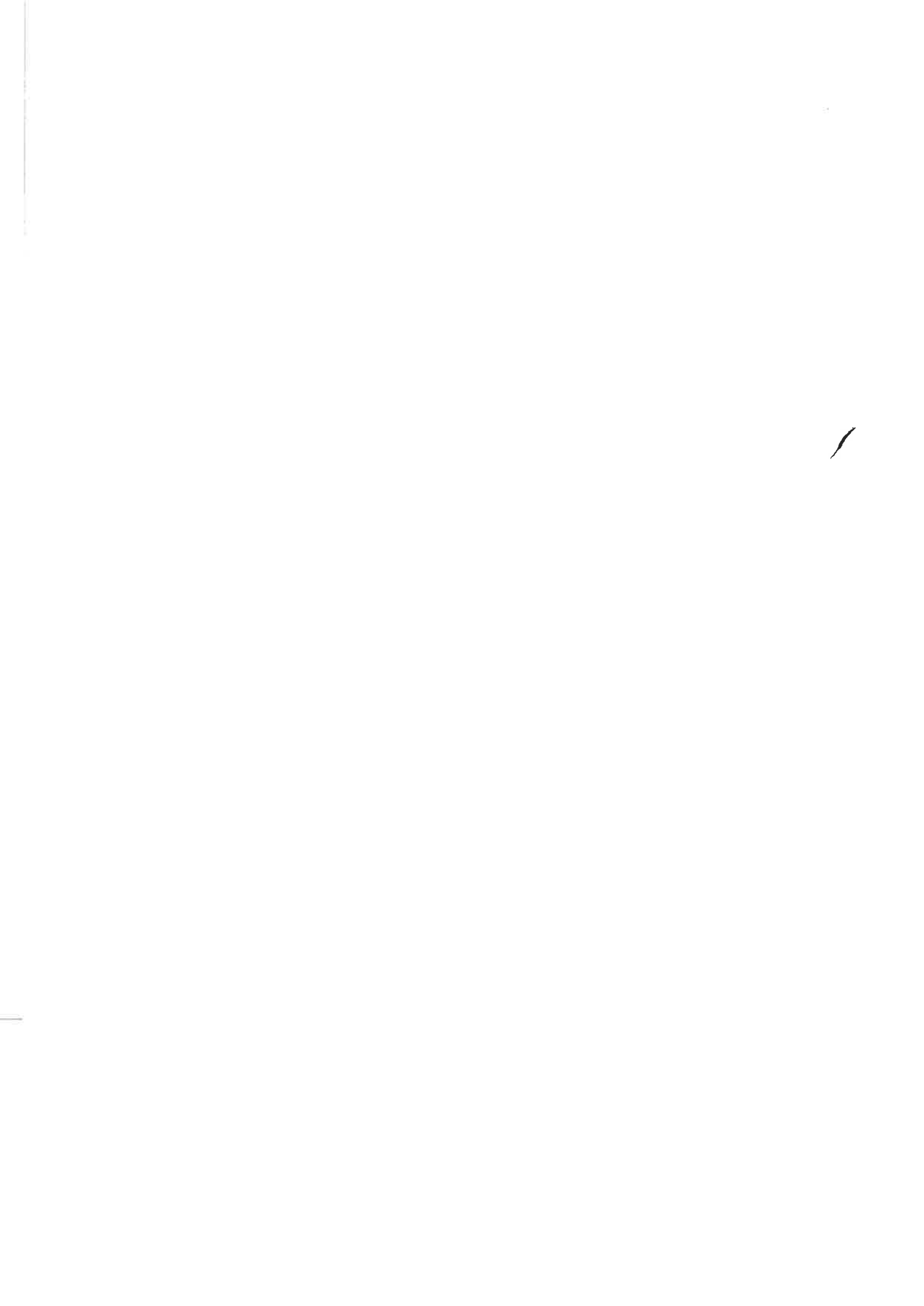
本手引き書では、混合堆肥複合肥料と混合されている家畜ふん堆肥の窒素、リン酸、カリの肥効率の測定、肥効率に基づく施肥設計法と施肥設計アプリの開発、炭素窒素比（以下 C/N 比と略す）の異なる牛ふん堆肥の肥効特性とそれらを混合した指定混合肥料の試作と肥効特性、外部の民間営農組織における作物栽培による肥料効果と施肥設計法の検証結果などをとりまとめました。また、新たに技術開発して得られた知見を 5 つの成果としてとりまとめました。

本手引き書が堆肥の生産・販売に携わっておられる畜産関係者、行政機関の皆様、さらに堆肥を利用されている耕種農家の皆様方の一助となり、家畜ふん堆肥の一層の利用促進に貢献できれば幸いです。

本報告書の刊行にあたって、事業期間を通じて適切なお指導を頂いた推進委員ならびに関係各位の皆様には厚く御礼を申し上げます。

令和 5 年 3 月

一般財団法人畜産環境整備機構



目 次

1. 【成果1】 混合堆肥複合肥料と堆肥の肥効特性	1
2. 【成果2】 混合堆肥複合肥料利用のための施肥設計アプリの開発	3
3. 【成果3】 C/N比の異なる牛ふん堆肥の肥効からみた品質特性	5
4. 【成果4】 C/N比の異なる牛ふん堆肥を混合した肥料の試作とその肥効特性	7
5. 【成果5】 肥効特性に基づく施肥設計による野菜栽培実証	9
6. 本手引きの目的	11
7. 関係法令とその動向	11
8. 混合堆肥複合肥料とは	12
9. 混合堆肥複合肥料と混合されている堆肥の肥効特性	13
1) 市販の混合堆肥複合肥料と混合されている堆肥	14
2) 混合堆肥複合肥料と堆肥の成分分析結果	14
3) 混合堆肥複合肥料と堆肥の肥効特性	16
(1) 窒素、リン酸、カリの肥効率推定	16
(2) 窒素供給パターンの検討	21
10. 混合堆肥複合肥料を利用するときの施肥設計方法	23
1) 施肥設計の考え方	23
2) 施肥設計の具体的方法	24
3) 混合堆肥複合肥料利用のための施肥設計アプリの開発	26
11. C/N比の異なる牛ふん堆肥の品質特性の解明	33
1) 化学分析結果からみたC/N比の異なる牛ふん堆肥の品質特性	33
2) 野菜の栽培試験結果からみたC/N比の異なる牛ふん堆肥の品質特性	35
12. C/N比の異なる牛ふん堆肥を混合した肥料の試作とその肥効特性	41
1) 供試した牛ふん堆肥について	41
2) 試作肥料の製造法	43
3) 試作肥料の肥効特性の比較検討	46
13. 野菜栽培における混合堆肥複合肥料の肥料効果と施肥設計の実証	58
1) 営農組織の野菜栽培における混合堆肥の肥料効果と施肥設計の実証	58
(1) 農事法人株式会社平凡野菜	61
(2) 有限会社かごしま有機生産組合	78
2) 混合堆肥複合肥料の施用が土壌の地力に及ぼす効果	90
3) ポット栽培による混合堆肥複合肥料の肥効確認と施肥設計の実証	93

【成果 1】混合堆肥複合肥料と堆肥の肥効特性

混合堆肥複合肥料と混合されている堆肥を収集し、窒素、リン酸、カリの肥効率の推定と窒素の供給パターンを明らかにしました。堆肥に比べて混合堆肥複合肥料の窒素肥効の優位性が認められました。

1) 試験内容

市販されている混合堆肥複合肥料とそれに混合されている堆肥を収集し、肥効特性について検討しました（写真 1）。

(1) 混合堆肥複合肥料と堆肥の窒素、リン酸、カリの肥効率の推定

窒素の肥効率は、ガラス繊維ろ紙を用いた土中埋設試験による分解率から推定しました。肥料と堆肥の混合は乾土当たり炭素で 8% としました。またリン酸とカリは 2% クエン酸による抽出濃度が全量濃度に占める割合、すなわち溶率から推定しました（写真 2、図 1）。

(2) 混合堆肥複合肥料と堆肥の窒素の供給パターンの検討

450ml のガラス瓶に肥料を混合した土壌を詰め、一定期間ごとに土壌を取出し無機態窒素を測定しました（写真 1）。肥料と堆肥の混合は乾土 1 g 当たり全窒素で 2 g としました。

2) 試験結果

(1) 混合堆肥複合肥料の肥効率は窒素が 78~99%（平均 90%）、リン酸が 83~99%（平均 92%）、カリが 83~97%（平均 90%）と推定され、肥料間で差はなく、80% 以上と高い値でした。混合堆肥複合肥料の窒素肥効率は混合されている堆肥に比べてかなり高く、リン酸とカリの肥効率はほとんど変わりませんでした（表 1、2）。

(2) 混合されている堆肥の肥効率は窒素が 55~48%（平均 21%）、リン酸が 55~99%（平均 87%）、カリが 80~99%（平均 92%）と推定されました。堆肥の窒素肥効率は混合堆肥複合肥料に比べて 1/3~1/4 と低く、リン酸とカリの肥効率はほとんど変わりませんでした（表 3）。

(3) 混合堆肥複合肥料の窒素供給パターンは単純増加型でした（図 1）。混合されている堆肥等の窒素供給パターンは堆肥によって異なっており、一定の傾向は得られませんでした（図 2）。

牛混合堆肥 豚混合堆肥 鶏混合堆肥 牛ふん堆肥 豚ふん堆肥 鶏ふん堆肥



写真 1 混合堆肥複合肥料（左側 3 枚）とそれに混合する堆肥（右側 3 枚）



写真2 ガラス繊維ろ紙を用いた土中埋設試験（左3枚）、瓶培養試験（右）

表1 混合堆肥複合肥料の窒素、リン酸、カリの推定肥効率（牛ふん堆肥）

肥効率の推定値 (%)	牛ふん混合堆肥	牛ふん混合堆肥	牛ふん混合堆肥	牛ふん混合堆肥	牛ふん混合堆肥
	まどかちゃん	シナジーペレット821	はまゆう柑橘肥料085	はまゆう柑橘肥料BM864	望ちゃん
	10-10-10	8-2-1	10-8-5	8-6-4	12-3.4-6
	牛・豚ふん混合 (株)JAグリーンとちぎ	牛ふん 南国興産(株)	牛ふん 南国興産(株)	牛ふん 南国興産(株)	牛・鶏ふん混合 JA佐久浅間
窒素	98	85	88	78	88
リン酸	96	92	96	93	92
カリ	97	95	90	90	83

注) 窒素の肥効率は埋設試験より、リン酸とカリの肥効率は2%クエン酸のく溶率より求めた。

表2 混合堆肥複合肥料の窒素、リン酸、カリの推定肥効率（豚・鶏ふん堆肥）

肥効率の推定値 (%)	豚ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	鶏豚ふん混合堆肥	鶏ふん混合堆肥
	エコレット866	エコレット055	エコレット208	エコレット553	シナジーペレット920	レコアップ055
	特裁対応8-6-6	10-5-5	12-10-8	5-5-3	9-12-10	10-5-5
	豚ふん 朝日アグリ(株)	豚ふん 朝日アグリ(株)	豚ふん 朝日アグリ(株)	豚ふん 朝日アグリ(株)	鶏・豚ふん混合 南国興産(株)	鶏ふん 菱東肥料(株)
窒素	92	94	99	88	87	96
リン酸	94	95	98	97	97	99
カリ	91	92	96	93	93	96

注) 窒素の肥効率は埋設試験より、またリン酸とカリの肥効率は2%クエン酸のく溶率より求めた。

表3 混合されている堆肥の窒素、リン酸、カリの推定肥効率（牛ふん堆肥）

肥効率の推定値 (%)	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥
	C/N11	C/N20	C/N23	C/N15	C/N15	C/N13	C/N16	C/N22
	乳牛堆肥 稲わら・戻し	乳・肉混合 オガクズ	乳・肉混合 木質チップ	乳・肉混合	乳・鶏堆肥 植物残・稲わら・糞	肉牛堆肥 オガクズ	肉牛堆肥 オガクズ	乳牛堆肥 剪定枝
	朝日アグリ(株)	朝日アグリ(株)	朝日アグリ(株)	南国興産(株)	JA佐久浅間	富士見工業(株)	富士見工業(株)	富士見工業(株)
窒素	22	37	23	23	23	12	19	-55
リン酸	85	87	78	95	88	93	95	58
カリ	94	98	93	95	85	97	97	83

注) 窒素の肥効率は埋設試験90日目の結果より、リン酸とカリの肥効率は2%クエン酸のく溶率より求めた。

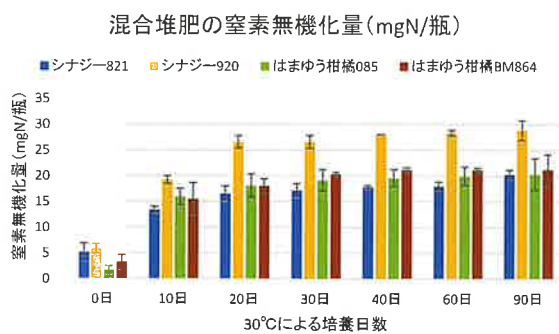


図1 混合堆肥の窒素供給パターン例

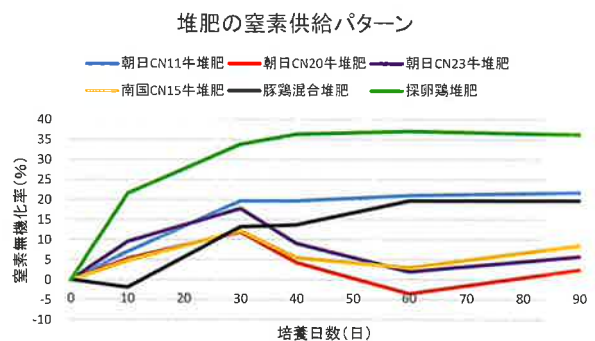


図2 牛ふん堆肥の窒素供給パターン例

【成果 2】 混合堆肥複合肥料利用のための 施肥設計アプリの開発

混合堆肥複合肥料の利用において、成分全量に肥効率をかけて求めた「化学肥料相当量」に基づく施肥設計法を提案しました。その施肥設計法で混合堆肥複合肥料の施用量と窒素、リン酸、カリの施肥量を簡単に計算できる「施肥設計アプリ」を開発しました。

1) 試験内容

混合堆肥複合肥料の肥料成分全量と窒素、リン酸、カリの肥効率を測定しましたので、それらのデータを活かした施肥設計法を検討しました（表 1～表 3）。

また、混合堆肥複合肥料を利用するとき作物の施肥基準量に合わせた施用量を算出し、併せて窒素、リン酸、カリの施用量を簡単にできる施肥設計アプリの開発を行いました。

2) 試験結果

- (1) 混合堆肥複合肥料を利用するときの施肥設計法として、混合堆肥複合肥料の成分全量に窒素、リン酸、カリの肥効率をかけた「化学肥料相当量」を算出し、これを用いて作物の施肥基準量に合わせる施肥設計法を提案しました（表 1～表 4）。
- (2) (1) で開発した施肥設計法に基づいて施肥設計を行える「施肥設計アプリ」を開発しました。このアプリは「ほ場」「作物」「肥料・堆肥」「設計」からなり、操作の流れは、トップ画面→ほ場登録→作物登録→肥料・堆肥登録→設計となります。本アプリは <https://frontend-dev-66kvtnyw3a-uc.a.run.app/> からダウンロードできます。
- (3) 本アプリは、①トップ画面から「操作説明」をタップして事前に読めるので初めてのユーザーでも使いやすい、②広く栽培されている作物と施肥基準量をプリセット、③「肥料・堆肥」には本事業で測定した肥効率を盛り込んだ混合堆肥をプリセット、④混合堆肥のほかに家畜ふん堆肥、有機質肥料 4，化成肥料など登録・利用も可能、⑤「施肥設計計算」では当初の肥料 3 点に追加ボタンで肥料・堆肥を追加可能、ほ場の養分状況に応じて作物の施肥基準量を加減可能（減肥機能つき）など数々の特徴を有しています。

表 1 混合堆肥の肥料成分全量と窒素、リン酸、カリの肥効率

肥料の種類	成分全量濃度			推定肥効率		
	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
	乾物%			%		
牛混合堆肥まどか101010	10.5	11.0	11.6	99	96	97
豚混合堆肥エコレット055	10.1	6.9	6.3	94	95	92
鶏混合堆肥レコアップ055	10.8	5.4	6.3	99	99	96
牛混合堆肥望ちゃん	12.3	3.7	8.5	88	92	83

表2 混合堆肥の化学肥料相当の濃度と係数

肥料の種類	化学肥料相当濃度			化学肥料相当係数		
	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
	乾物%					
牛混合堆肥まどか101010	10.4	10.6	11.3	0.104	0.106	0.113
豚混合堆肥エコレット055	9.5	6.6	5.8	0.095	0.066	0.058
鶏混合堆肥レコアップ055	10.7	5.3	6.0	0.107	0.053	0.060
牛混合堆肥望ちゃん	10.8	3.4	7.1	0.108	0.034	0.071

注1) 化学肥料相当濃度は成分濃度×肥効率

注2) 化学肥料相当係数は化学肥料相当濃度を100で割った数値である。

表3 ホウレンソウの施肥基準量を満たす混合堆肥の必要量

肥料の種類	窒素	リン酸	カリ	乾物施用量	水分率	現物施用量
	施肥基準量(kg/10a)			kg/10a	%	kg/10a
牛混合堆肥まどか101010	15	15	15	144	5	152
豚混合堆肥エコレット055	15	15	15	158	4	165
鶏混合堆肥レコアップ055	15	15	15	140	4	146
牛混合堆肥望ちゃん	15	15	15	139	4	144

注) ホウレンソウの施肥基準量(kg/10a)は窒素15、リン酸15、カリ15とした。

表4 ホウレンソウの施肥量

肥料の種類	現物施用量 kg/10a	施肥量(kg/10a)		
		窒素	リン酸	カリ
牛混合堆肥まどか101010	152	15	15	16
豚混合堆肥エコレット055	165	15	10	9
鶏混合堆肥レコアップ055	146	15	8	8
牛混合堆肥望ちゃん	144	15	5	10

注) 肥料の施用量は窒素成分にて算出した。

図1 施肥設計アプリのトップ画面(左)と施肥計算結果の画面(右)

【成果3】C/N比の異なる牛ふん堆肥の 肥効からみた品質特性

C/N比の異なる3種類牛ふん堆肥（C/N比13、16、22）を収集し、化学分析や野菜の栽培により肥効特性の違いを明らかにしました。肥料成分の全量濃度、窒素、リン酸、カリの肥効率、ホウレンソウの収量・成分吸収量から肥料効果はC/N比の低い牛ふん堆肥の方が高く、C/N比の高い堆肥は土壌の改善効果が高かったです。

1) 試験内容

混合堆肥複合肥料に混合される牛ふん堆肥の品質、とくにC/N比の異なる牛ふん堆肥を収集し、化学分析や野菜の栽培によって肥効特性の違いを検討しました。C/N比の異なる牛ふん堆肥はC/N比：13、16、22の3種類です。C/N比13の堆肥は肉用牛ふん主体で副資材はオガコ、C/N比16の堆肥は肉用牛ふんのみで副資材はオガコ、C/N比22の堆肥は乳用牛ふんのみで副資材は剪定枝です。写真1に現物写真を示しました。これら3種類の牛ふん堆肥について、分析用サンプルを調製したのち成分分析と窒素、リン酸、カリの肥効率、窒素の供給パターンの測定、ホウレンソウによるポット栽培を行いました。

2) 試験結果

- (1) C/N比の異なる牛ふん堆肥の肥料成分の全量濃度、窒素、リン酸、カリの肥効率には差がみられ、C/N比13と16が高く、C/N比22は低くなりました（表1）。
- (2) 窒素の供給パターンはC/N比13と16が高く、22は低くなりました（図1）。
- (3) ポット栽培したホウレンソウの生育、収量、成分吸収量はC/N比の低い堆肥の方が高いこと、逆に発芽率はC/N比の高い堆肥の方が高いなど、C/N比の違いによる品質特性の差異が認められました（図2）。
- (4) 以上の結果から、C/N比の低い牛ふん堆肥は肥料効果が、一方C/N比の高い牛ふん堆肥は土壌の物理環境の改善効果の高いことが明らかになりました。



写真1 C/N比の異なる牛ふん堆肥

表1 C/N比の異なる牛ふん堆肥の成分濃度と肥効率の結果

項目	単位	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥
C/N比		13	16	22
原料堆肥		肉牛ふん	肉牛ふん	乳牛ふん
副資材の種類		オガクズ	オガクズ	剪定枝
窒素含量	乾物%	3.1	2.3	1.6
リン酸含量	乾物%	3.2	3.5	0.8
カリ含量	乾物%	3.5	3.7	1.9
推定肥効率%	窒素	12	19	-55
	リン酸	93	95	58
	カリ	97	97	83

注) 窒素の推定肥効率は埋設試験、リン酸・カリの肥効率はく溶率より求めた。

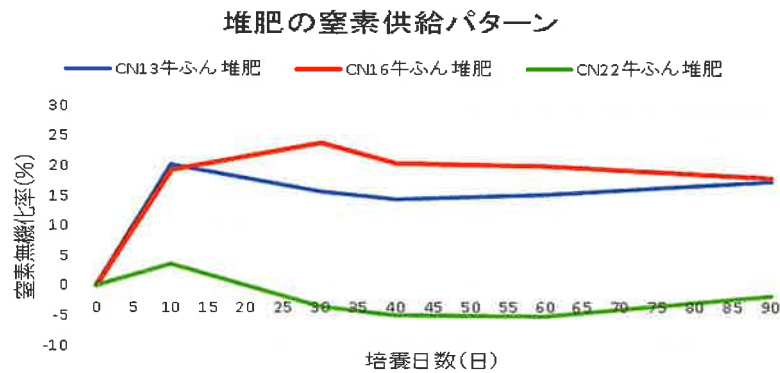


図1 C/N比の異なる牛ふん堆肥の窒素供給パターン

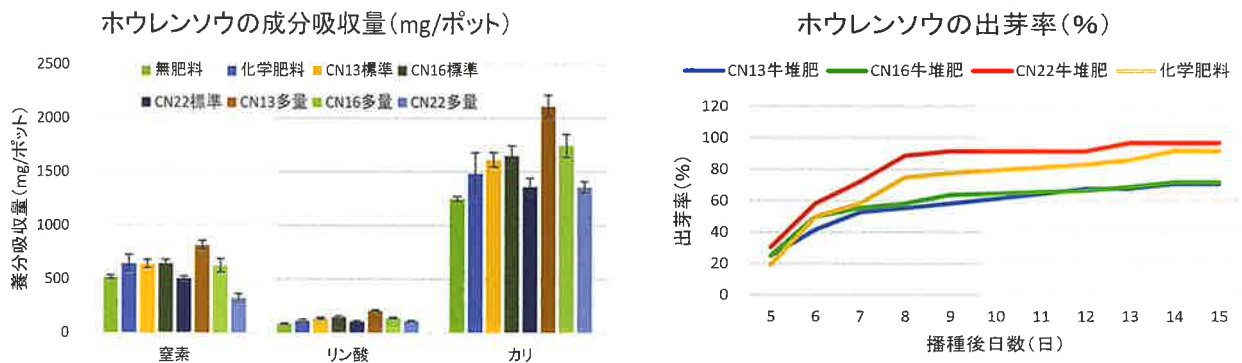
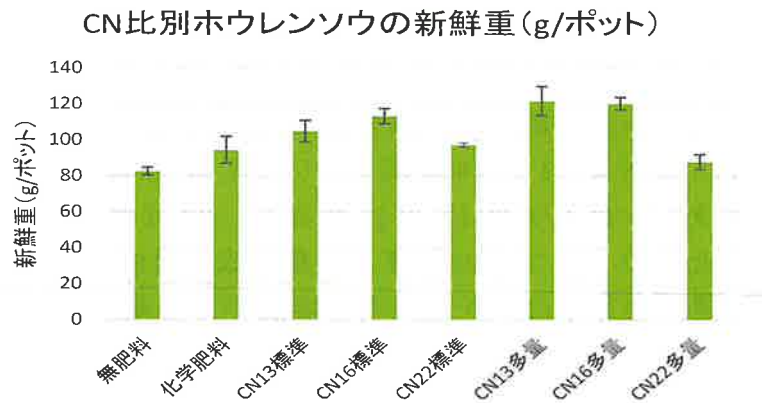


図2 C/N比の異なる牛ふん堆肥を施用したハウレンソウの収量(上)と吸収量(左下)、出芽率(右下)

【成果 4】C/N 比の異なる牛ふん堆肥を混合した 肥料の試作とその肥効特性

C/N 比の異なる牛ふん堆肥を混合した 3 種類の指定混合肥料を肥料メーカーに委託して試作しました。試作した肥料と堆肥の肥効特性を比較検討した結果、C/N 比の高い牛ふん堆肥を混合した肥料は低い堆肥を混合した肥料に劣らない肥料効果を有していることが野菜栽培で実証されました。

1) 試験内容

C/N 比の異なる 3 種類の牛ふん堆肥を約 50% 混合した指定混合肥料を肥料メーカーに委託して試作しました。試作肥料と牛ふん堆肥について化学分析（成分分析と窒素、リン酸、カリの肥効率）や窒素の供給パターンの測定、ホウレンソウの栽培によって肥効特性の差を比較検討しました。ちなみに C/N 比の異なる牛ふん堆肥は C/N 比が 11、20、23 の 3 種類です。写真 1 に現物写真を示しました。

2) 試験結果

- (1) 試作肥料の成分濃度は窒素 6%、リン酸 5%、カリ 6% に対し、混合した牛ふん堆肥の成分濃度は窒素が 2.7~1.9%、リン酸が 2.3~4.8%、カリが 2.8~4.4% でした。試作肥料の窒素肥効率は 84~89%、リン酸の肥効率は 84~88%、カリの肥効率は 83~84% と高いでした。一方、牛ふん堆肥の窒素肥効率は 22~37% で試作肥料のほぼ 1/4~1/3 と低いでしたが、リン酸の肥効率は 78~87%、カリの肥効率は 93~98% と試作肥料と同等でした（表 1）。
- (2) 試作肥料製造の材料は、C/N 比の異なる 3 種類の牛ふん堆肥、ひまし油かす、米ぬか、パーム灰、尿素、硫安等の化学肥料です。製造工程の流れは、①原料の計量、②粉碎、③配合、④造粒（必要に応じて加水）、⑤乾燥、⑥冷却、⑦ふるい分け、⑧袋詰めとなっています。
- (3) 試作肥料の窒素供給パターンは 3 種類とも培養日数とともに右肩上がりに増加する単純増加型で、窒素供給量は C/N 比 23 > C/N 比 20 > C/N 比 11 の順となりました。一方、牛ふん堆肥の窒素供給パターンは二つのパターンに分かれ、C/N 比 11 は低下しませんでした。C/N 比 20 と 23 は 60 日には低下し、90 日は再び上昇しました（図 1）。
- (4) C/N 比の異なる試作肥料で栽培したホウレンソウの生育、収量、成分吸収量は C/N 比の違いに係わらず差が見られないこと、試作肥料の肥料効果は化学肥料と差が見られないことから、C/N 比が 15 以上の牛ふん堆肥（本試験では 20 と 23）を混合した試作肥料も 15 以下の試作肥料に劣らず肥料効果が十分に発揮されることが明らかになりました。よって混合堆肥複合肥料の肥料効果は混合されている牛ふん堆肥の C/N 比に関係なく発揮されることが認められました（図 2）。

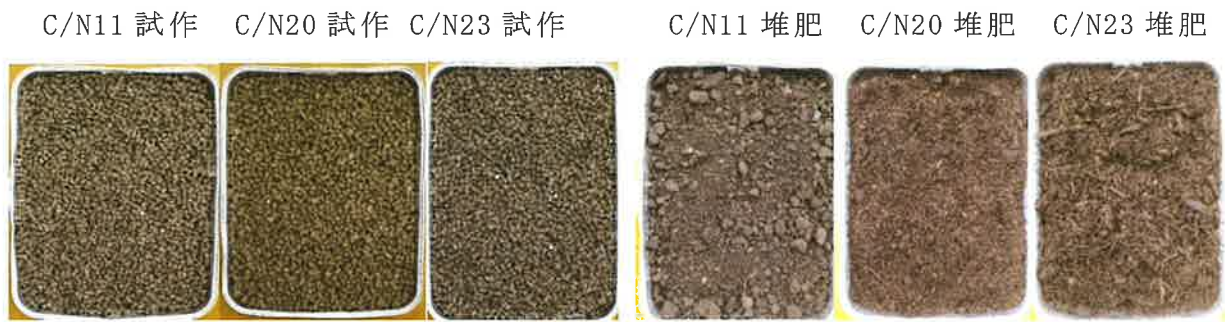


写真1 試作肥料（左から3枚）と混合した牛ふん堆肥（右から3枚）

表1 試作肥料と混合した牛ふん堆肥の成分濃度と肥効率

項目	単位	試作肥料			牛ふん堆肥		
		CN11	CN20	CN23	CN11	CN20	CN23
窒素	乾物%	6.0	6.1	6.2	2.7	2.0	1.9
リン酸	乾物%	5.6	5.1	5.4	4.8	3.0	2.3
カリ	乾物%	6.4	6.2	6.1	3.2	4.4	2.8
肥効率%	窒素	87	89	84	22	37	23
	リン酸	84	88	85	85	87	78
	カリ	83	84	84	94	98	93

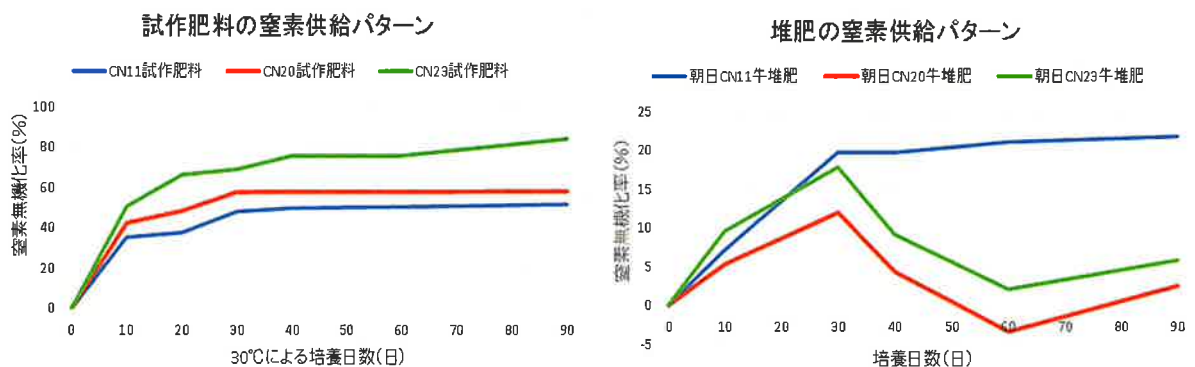


図1 試作肥料と混合した牛ふん堆肥の窒素供給パターン

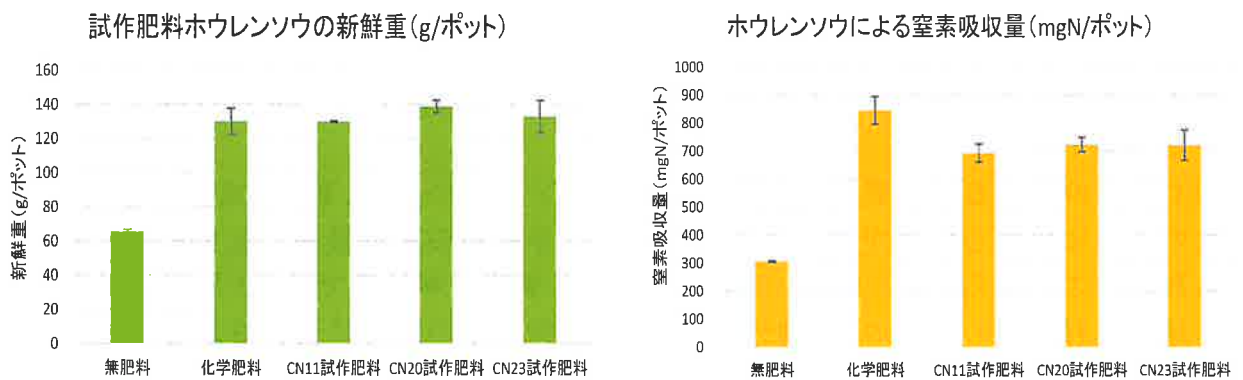


図2 試作肥料によるホウレンソウの収量（左）と窒素吸収量（右）

【成果5】肥効特性に基づく施肥設計による

野菜栽培実証

混合堆肥複合肥料の肥効率に基づく施肥設計により施肥した2年間の栽培試験において、野菜2品目（栽培期間の短いレタスと長いピーマン）の栽培試験結果から、施肥設計法が妥当なこと、本施肥設計法は葉菜類にも果菜類にも対応可能なことが認められました。また、混合堆肥複合肥料の施用は土壤の地力を高める可能性が示されました。

1) 試験内容

混合堆肥複合肥料の利用について、令和3年と4年の2年間野菜2品目を栽培しました。栽培は2ヶ所の営農組織（農業法人平凡野菜、農業法人かごしま有機生産組合）に委託しました。試験区は慣行区、混合堆肥複合肥料区とし、慣行区は当該の営農組織で行っている慣行法で施肥する区で、混合堆肥複合肥料区は令和3年が牛ふん混合堆肥と豚ふん混合堆肥の2種類、4年がC/N比の異なる牛ふん堆肥を混合した3種類の試作肥料区としました。

収穫した野菜の収量、成分濃度と吸収量を調査・分析して肥料効果と施肥設計の妥当性について判断しました。試験結果は紙面の都合上、3年度がピーマン（果菜類）、4年度がレタス（葉菜類）としました。

2) 試験結果

- (1) 表1に示した施肥設計で栽培した3年度ピーマンの収量は慣行区と同等の結果でした（写真1、図1）。また、成分の吸収量を測定したところ、窒素、リン酸、カリの吸収量は慣行区と同等か、それ以上結果となりました（図1）。
- (2) 表2に示した施肥設計で栽培した4年度レタスの収量（調整重）は慣行区と同等でした（図2）。また、窒素の吸収量も慣行区とほぼ同等でした（図2）。
- (3) 以上の結果より、混合堆肥複合肥料の肥料効果と施肥設計の妥当性が認められました。
- (4) 混合堆肥複合肥料の施用が土壤地力に及ぼす効果について検討した結果、土壤の可給態窒素量は栽培前土壤よりも増加し、その効果はとくに牛ふん混合堆肥で高まる可能性が明らかになりました（図3）。

表1 令和3年度ピーマンの施肥設計

ピーマン	施肥基準量	窒素	リン酸	カリ	混合堆肥 現物施用量 kg/10a
		kg/10a	kg/10a	kg/10a	
		20	15	20	
混合堆肥区	牛混合堆肥	20	26	27	510
	豚混合堆肥	20	28	22	380
慣行区	慣行の施肥(窒素20kg、リン酸60kg、カリ60kg)				

注)上記の他、苦土石灰400kg/10a施用



写真1 3年度収穫ピーマンの現物写真

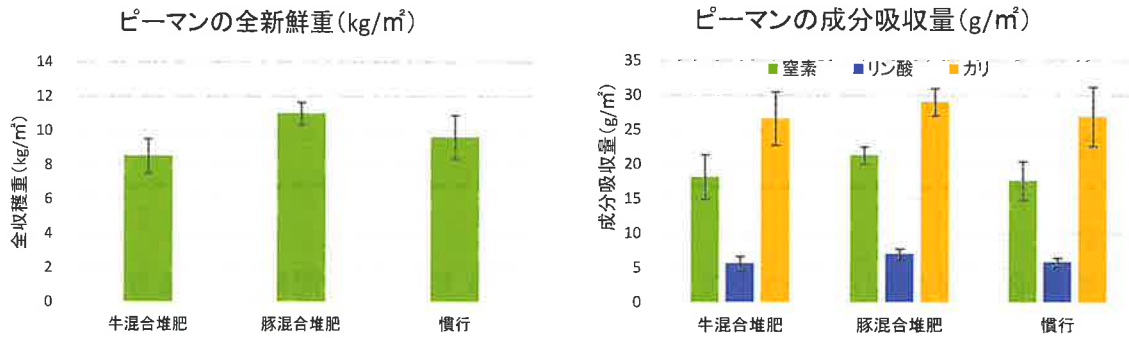


図1 3年度ピーマンの全収量、成分吸収量の結果

表2 令和4年度レタスの施肥設計

レタス	施肥基準量	窒素	リン酸	カリ	混合堆肥 現物施用量 kg/10a
		kg/10a	kg/10a	kg/10a	
混合堆肥区	CN11牛混合堆肥	18	20	20	370
	CN20牛混合堆肥	18	20	20	370
	CN23牛混合堆肥	18	20	20	370
慣行区	慣行の施肥(窒素18kg、リン酸20kg、カリ20kg)				

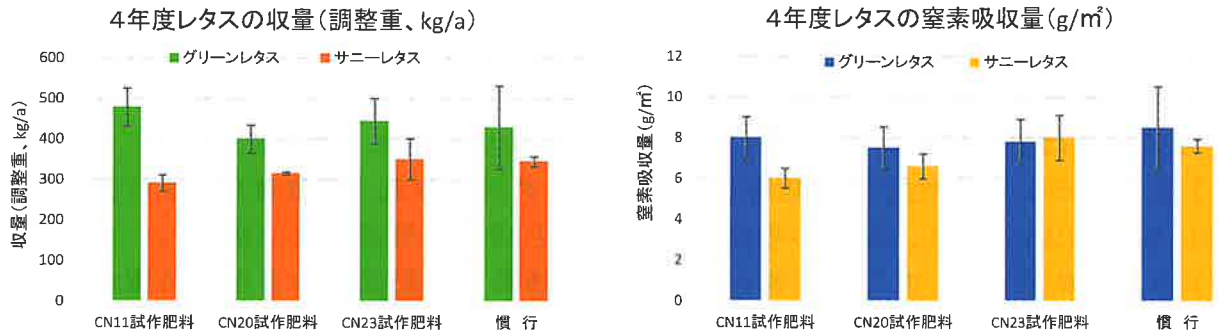


図2 4年度レタスの収量(調整重)と窒素吸収量の結果

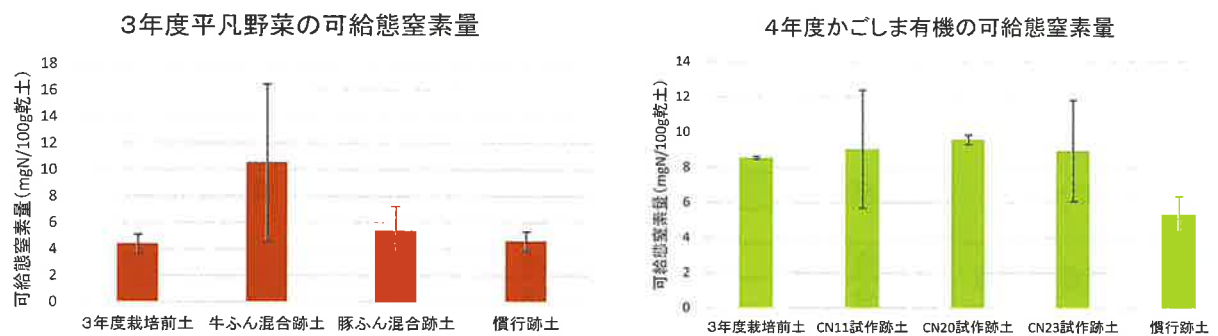


図3 混合堆肥複合肥料の施用が土壌地力に及ぼす効果

6. 本手引きの目的

農林水産省が公表している普通肥料の種類別生産量（暦年）によりますと、混合堆肥複合肥料の生産量は、平成 25 年度には 223 トン、平成 29 年度には 6,392 トン、令和 2 年度には 8,854 トンと着実に増加しております。

本手引き書では、混合堆肥複合肥料と混合されている家畜ふん堆肥の窒素、リン酸、カリの肥効率の測定、肥効率に基づく施肥設計法と施肥設計アプリの開発、C/N 比の異なる牛ふん堆肥の肥効特性とそれらを混合した指定混合肥料の試作と肥効特性、外部営農組織における作物栽培による肥料効果と施肥設計法の検証結果などを取りまとめました。また、新たに技術開発した知見を 5 つの成果として取りまとめました。

本手引きが堆肥の生産・販売に携わっておられる畜産関係者、行政機関の皆様方、さらに堆肥を利用されている耕種農家の皆様方の一助となり、家畜ふん堆肥の一層の利用促進や有機農業の拡大・推進に貢献できることを願っております。

本報告書の刊行にあたって、事業期間を通して適切にご指導を頂いた事業推進委員ならびに関係各位の皆様方に厚く御礼を申し上げます。

7. 関係法令とその動向

平成 27 年 4 月には畜産業を取り巻く情勢の変化を踏まえ、新たな「家畜排せつ物の利用の促進を図るための基本方針」が策定され、家畜排せつ物の利用の促進における技術の向上に関して、堆肥の成型化等による広域的利用を図るための取り組みが求められています。家畜ふん堆肥の広域流通には成型化が有効ですが、機械及び製造コストが高いという課題を抱えています。

平成 24 年 9 月に肥料取締法が改正され、特殊肥料である堆肥と普通肥料の混用の規制が解除されて新しい肥料「混合堆肥複合肥料」の製造・販売が可能となりました。この混合堆肥複合肥料には堆肥施用による土壌の地力維持と普通肥料による施肥作業が一度にできることから、農業者の高年齢化に伴う施肥作業の軽減化に役立つことが期待されています。

また、令和 2 年 12 月から施行された「肥料の品質の確保等に関する法律」では化学肥料と堆肥を混合した「指定混合肥料」が新設され、届出のみで製造・販売できるようになりました。最近新聞等で「指定混合肥料」の新しい銘柄の製造・販売が報道されてきており、これらの肥料銘柄が増える可能性が高いですが、生産量等の公表が待たれるところです。

さらに、令和 3 年 5 月に公表された「みどりの食料システム戦略」においては、化学肥料の使用量 3 割削減、有機農業の推進、堆肥等の有機資源を活用した施肥体系の確立と現場実証や取り組みの拡大、土づくりと地力維持等が打ち出されております。

加えて最近では、化学肥料や資材価格の高騰を受けて、農業現場では堆肥の代替利用の促進や土壌診断に基づく化学肥料の削減等施肥に関するコスト削減の動きが活発になっています。最近では肥料を巡る情勢はめまぐるしく変化していますので、その動向に注視しておく必要があります。

8. 混合堆肥複合肥料とは



ポイント

混合堆肥複合肥料とは化学肥料と家畜ふん堆肥等を混合し、成型・乾燥した肥料です。どのような工程で製造された肥料か、肥料効果はどれくらいなど、混合堆肥複合肥料の特徴について紹介します。

1) 混合堆肥複合肥料の位置づけ

混合堆肥複合肥料とは化学肥料と家畜ふん由来の堆肥等を混合し、成型・乾燥した肥料です。扱いやすく有機物と化学肥料を同時に散布できるメリットがあります。

平成24年9月に「肥料取締法」が改正され、特殊肥料である家畜ふん堆肥と普通肥料の混用の規制が解除されて新しい肥料「混合堆肥複合肥料」の製造・販売が初めて可能となりました（表8-1）。混合堆肥複合肥料は普通肥料として登録が必要で、令和元年現在78銘柄が登録（国）されています。上述しましたように、混合堆肥複合肥料には普通肥料による施肥作業と堆肥施用による土壌の地力維持が一度にできることから、農業者の高年齢化に伴う施肥作業の削減に役立つことが期待されています。農水省の資料によると、生産量（暦年）は平成28年度に4,879トン、平成30年度に6,841トン、令和2年に8,854トンと着実に増えています。

また、令和2年12月から施行された「肥料の品質の確保等に関する法律」では化学肥料と堆肥を混合した「指定混合肥料」が新設され、公定規格の緩和に加えて届出のみで製造・販売できるようになり、「指定混合肥料」の新しい銘柄の製造・販売が増えつつあります。

表8-1 混合堆肥複合肥料の製造に係わる公定規格（概要）について

1) 原料家畜ふん堆肥に関すること

- ・窒素が乾物当たり2%以上
- ・窒素、リン酸、カリの合計が乾物当たり5%以上
- ・炭素窒素比(C/N比)が15以下

2) 製造工程に関すること

- ・家畜ふん堆肥の割合は乾物重量で50%以下
- ・造粒または成形後に加熱乾燥すること

3) 完成肥料の品質に関すること

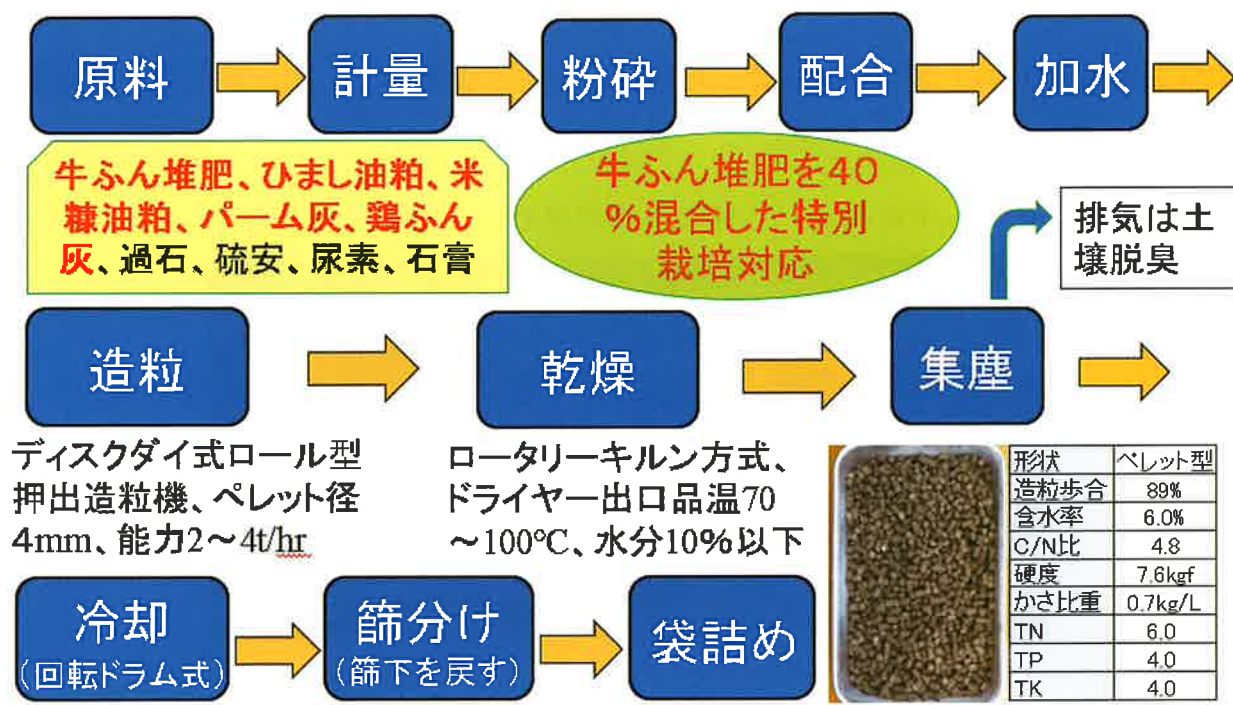
- ・窒素、リン酸、カリのうち、いずれか2つ以上の合計が10%以上
- ・その他保証成分の最小値
- ・有害成分11種の最大値

※農林水産省告示「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」から

2) 混合堆肥複合肥料の製造方法

混合堆肥複合肥料の製造工程の一例をモデル化して図8-1に示しました。農水水

産省委託プロジェクト技術マニュアル「混合堆肥複合肥料の製造とその利用」（2020年3月）から引用・作図しました。



混合堆肥複合肥料の製造とその利用(農研機構)より作図

図 8-1 混合堆肥複合肥料の製造工程の一例

製造工程の流れは、①原料の計量、②粉碎、③配合、④造粒（必要に応じて加水）、⑤乾燥、⑥冷却、⑦篩分け、⑧袋詰めとなっています。家畜ふん堆肥の混合割合は30%から上限の50%の間となっています。造粒方式はディスクダイ式の押し出し造粒機が、ペレットサイズは4mm程度が多く見受けられます。その他、混合堆肥複合肥料の製造方法については、上述しました技術マニュアル「混合堆肥複合肥料の製造とその利用」に詳しく紹介されていますので、そちらを参照して下さい。

製造工程で乾燥が組み込まれているため、袋詰めした販売品の含水率は5%以内と低くなっています。

9. 混合堆肥複合肥料と混合されている堆肥の肥効特性（窒素、リン酸、カリの肥効率と窒素の供給パターン）



ポイント

市販の混合堆肥複合肥料 15点と混合されている堆肥 10点を収集し、肥効特性（窒素、リン酸、カリの肥効率と窒素の供給パターン）を明らかにしました。混合堆肥複合肥料に加えて堆肥を収集したのは、両者の肥効特性の違いを比較検討するねらいからです。

1) 市販の混合堆肥複合肥料と混合されている堆肥

(1) 混合堆肥複合肥料 15 点を収集しましたが、その内訳は牛ふん堆肥混合が 9 点、豚ふん堆肥混合が 4 点、豚鶏ふんミックス堆肥混合が 1 点、鶏ふん堆肥混合が 1 点です。販売されている混合堆肥複合肥料の形状にはペレットタイプと粒状タイプの 2 種類がありますが、収集した肥料はタイプが半々でした。写真 9-1 に現物写真の一例を示しました。

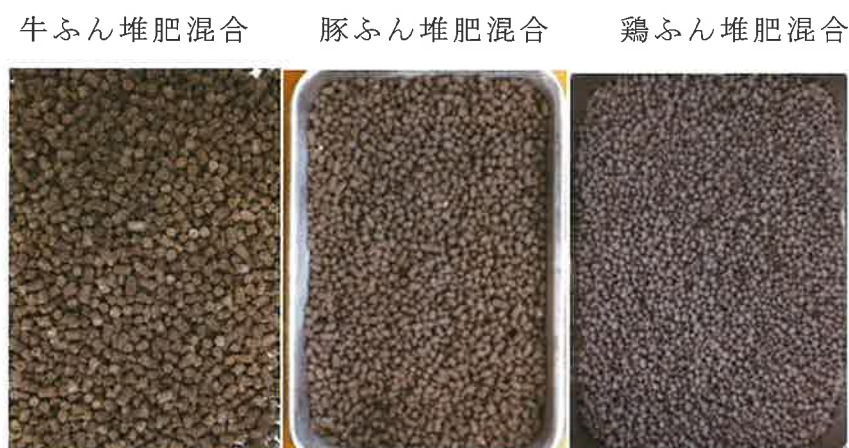


写真 9-1 収集した混合堆肥複合肥料の実物例

(牛ふん堆肥複合肥料の形状はペレットタイプ、豚ふん堆肥と鶏ふん堆肥複合肥料は粒状タイプです)

(2) 混合堆肥複合肥料に混合した堆肥 10 点内訳は、牛ふん堆肥が 6 点、豚ふん堆肥が 2 点、豚鶏ふんミックス堆肥が 1 点、鶏ふん堆肥が 1 点です。写真 9-2 に一例を示しました。

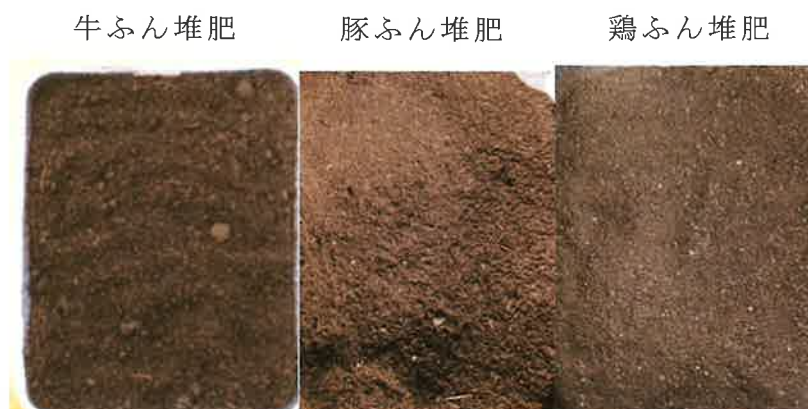


写真 9-2 混合堆肥複合肥料に混合した堆肥の実物例

2) 混合堆肥複合肥料と堆肥の成分分析結果



ポイント

混合堆肥複合肥料と堆肥の肥効特性（窒素、リン酸、カリの肥効率、窒素供給パターン）について検討する前に、化学分析により成分濃度を測定しました。

(1) 混合堆肥複合肥料の成分分析結果

収集した混合堆肥複合肥料 15 点の成分分析を行いました。その中から 4 点について分析結果を例示します (表 9-1)。入手した混合堆肥複合肥料の分析は、畜産環境技術研究所の分析システムにて測定しました。すなわち分析は粉碎・微粉碎した分析試料により、窒素は C N コーダーで、リン酸、カリ、石灰、苦土はマイクロ波式湿式分解装置で酸分解 (分解液は硝酸とフッ酸の混酸) したのち ICP 発光分光分析装置にて測定しました。

表 9-1 混合堆肥複合肥料の成分分析結果の一例

項目	単位	牛ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	MIX堆肥混合堆肥	鶏混合堆肥
肥料銘柄名		シナジー821	エコレット208	シナジー920	レコアップ055
成分値	N-P2O5-K2O	8-2-1	12-10-8	9-12-10	10-5-5
原料堆肥		牛ふん堆肥	豚ふん	豚・鶏ふん混合	鶏ふん
メーカー		南国興産(株)	朝日アグリ(株)	南国興産(株)	菱東肥料(株)
水分	現物%	3.9	3.4	3.4	3.9
灰分	乾物%	10.8	33.6	44.8	32.2
pH		5.9	6.2	6.6	6.0
EC	mS/cm	20.7	67.1	42.7	62.2
窒素	乾物%	8.9	12.3	9.3	10.8
炭素	乾物%	36.5	14.9	15.8	13.8
C/N比		4.1	1.2	1.7	1.3
リン酸	乾物%	2.2	11.9	13.7	5.4
加里	乾物%	1.9	9.3	12.7	6.3
石灰	乾物%	1.3	3.0	6.7	7.0
苦土	乾物%	1.1	1.2	1.8	1.1
推定肥効率%	窒素	85	99	87	100
	リン酸	92	98	97	99
	カリ	95	96	93	96

注)窒素の推定肥効率は埋設試験より、リン酸とカリの肥効率は2%クエン酸による溶率より求めた。

(2) 混合堆肥複合肥料に混合した堆肥の成分分析結果

混合堆肥複合肥料に混合した堆肥も混合堆肥と同様に成分分析を行いました。その中から 4 点について分析結果を例示します (表 9-2)。

表 9-2 混合堆肥複合肥料に混合した堆肥の成分分析結果の一例

項目	単位	牛ふん堆肥	牛・鶏ふん堆肥	豚ふん堆肥	鶏ふん堆肥
肥料銘柄名			もちづき有機		
原料堆肥		牛ふん堆肥	乳牛・鶏ふん堆肥	豚ふん堆肥	採卵鶏ふん
メーカー		南国興産(株)	JA佐久浅間	JAIぶすき	菱東肥料(株)
水分	現物%	27	46	30	12
灰分	乾物%	26	29	21	50
pH		7.9	9.3	7.6	8.0
EC	mS/cm	6.6	7.7	6.5	8.1
窒素	乾物%	2.6	2.5	2.1	3.0
アンモニア性窒素	乾物%	0.5	0.4	0.6	0.6
炭素	乾物%	38	38	41	28
C/N比		15	15	20	9
リン酸	乾物%	6.0	4.0	4.6	6.2
く溶性リン酸	乾物%	5.7	3.5	4.0	6.0
カリ	乾物%	4.4	6.2	3.2	4.5
く溶性カリ	乾物%	4.2	5.2	2.9	4.3
石灰	乾物%	4.7	4.6	4.3	20.6
苦土	乾物%	2.2	1.9	1.6	1.8
推定肥効率%	窒素	23	23	48	46
	リン酸	95	88	87	97
	カリ	95	85	91	96

注)窒素の推定肥効率は埋設試験より、リン酸とカリの肥効率は2%クエン酸による溶率より求めた。

3) 混合堆肥複合肥料と堆肥の肥効特性



ポイント

窒素、リン酸、カリの肥効率を推定する方法としていろいろな方法がありますが、本事業では比較的簡便な以下の方法を用いました。窒素は、ガラス繊維ろ紙の中に肥料や堆肥を混ぜこんだ土壌を入れ、一定期間土中に埋めてその間に窒素が分解された量を測る方法です。リン酸とカリは2%クエン酸で抽出されたく溶性画分が全体に占める割合（く溶率）を求める方法です。

窒素の供給パターンを求める方法は、450ml容量のガラス瓶に肥料や堆肥を混ぜ込んだ土壌を入れ、30℃の培養器中で保温しながら出てくる無機態窒素（アンモニア態と硝酸態窒素）を測定する方法です。

(1) 窒素、リン酸、カリの肥効率推定

施肥設計の基本となる混合堆肥複合肥料と混合されている堆肥等の窒素、リン酸、カリの肥効率を調べました。ちなみに肥効率とは、化学肥料の各養分量の利用率（作物に吸収利用される割合）を100%としたときの混合堆肥複合肥料や堆肥に含まれる各養分量の利用率の割合です。化学肥料と同等ならば肥効率は100%となります。

① 試験方法

ア) ガラス繊維円筒ろ紙法を用いた埋設試験方法による窒素肥効率推定

混合堆肥複合肥料と堆肥の窒素分解特性を調べるため、ガラス繊維円筒ろ紙（アドヴァンテック社製、φ53mm、長さ120mm）に土壌と肥料及び堆肥（混合堆肥複合肥料は現物粒状のまま、堆肥は乾燥した粗粉碎物）の混合物を詰め砕土壌に埋設し、0、15、30、60日目に取出して分解量を測定しました。土壌のみをブランクとし、この値を差し引いて分解量を算出しました。なお、土壌に混合する堆肥の重量は、土壌250gに含まれる乾土重に対して肥料・堆肥の炭素で8%となる重量としました。この混合物の中から20gを分取して円筒ろ紙に充填し、上部入口を封じたのち防虫ネットで包み、3反復で土壌に埋設しました（写真9-3）。

予定日に取り出した円筒ろ紙から混合物を掻き出し重量を計ったのち、室内で乾燥しました。乾燥後風乾重を記録し、粉碎しました（写真9-4）。粉碎サンプルについて窒素（CNコーダーによる燃焼法にて）を分析するとともに含水率を測定し、分解量を算出しました。試験期間中気温と降水量（白河市のアメダスデータ利用）、地温を測定しました。

イ) 2%クエン酸を用いたリン酸、カリの肥効率推定

微粉碎した混合堆肥複合肥料と堆肥サンプル0.20gを50ml容量のプラスチック製遠沈管に取り、30℃に保温した2%クエン酸液40ml（1:200）を加え、30℃の振とう恒温器の中で1時間抽出しました。終了後直ちにNo6の乾燥ろ紙でろ過してろ液を得ました。ろ液のリンとカリを測定し、く溶性の濃度が全濃度に占める割合（く溶率）から肥効率を推定しました（写真9-5）。

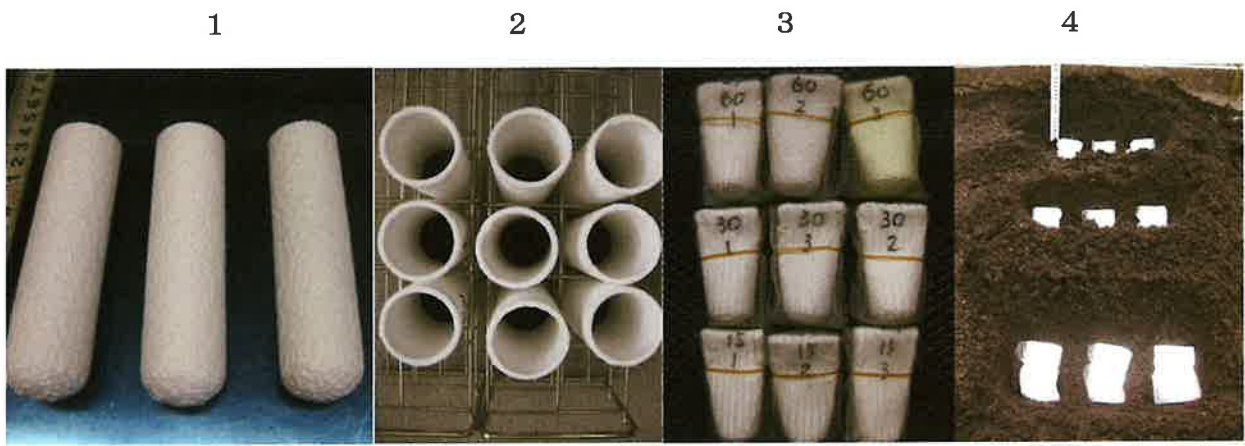


写真 9-3 混合堆肥複合肥料のガラス繊維円筒ろ紙埋設試験方法の様子

(1 : ガラス繊維円筒ろ紙、φ53mm、長さ120mm アドヴァンテック製、2 : 肥料・堆肥と土壌の混合物20gを充填、3 : ろ紙の上部を折り曲げて止めて防虫ネットで包み、4 : 土壌の深さ8~10cmに埋設)

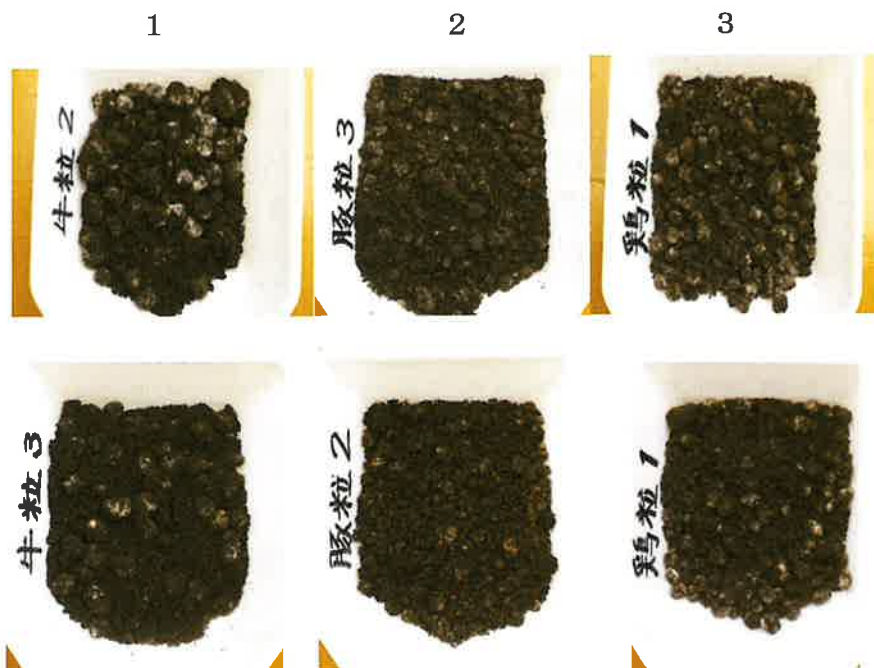


写真 9-4 混合堆肥複合肥料(粒状)のガラス繊維円筒ろ紙埋設試験における混合サンプル掻き出し直後の様子(上段が30日目、下段が60日目)

1 : 牛ふん混合堆肥、2 : 豚ふん混合堆肥、3 : 鶏ふん混合堆肥(30日目、60日目ともに粒状肥料が確認されますが、どの肥料の表面も白い微生物に覆われています)



写真 9-5 リン酸、カリの肥効率推定のための2%クエン酸抽出の様子
(30℃の温度条件下で1時間振とう抽出します)

②試験結果

ア) 混合堆肥複合肥料の窒素、リン酸、カリの推定肥効率

混合堆肥複合肥料の窒素、リン酸、カリの推定肥効率の結果を図 9-1、表 9-3-1～9-3-3 に示しました。混合堆肥複合肥料窒素の土壌中での分解は15日目に70～80%と高く、その後30日に80%、60日90%以上と推移しました(図 9-1)。そこで窒素肥効率は埋設試験のほぼ定常状態に達した60日目の値を採用し、リン酸とカリは2%クエン酸によるく溶率を肥効率としてまとめました。

混合堆肥複合肥料の肥効率は窒素が78～99% (平均90%)、リン酸が83～99% (平均92%)、カリが83～97% (平均90%)と推定され、80%以上と高い値でした。窒素、リン酸、カリの肥効率は収集した肥料間で大きな差は認められませんでした。混合堆肥複合肥料の窒素肥効率は混合されている堆肥等に比べてかなり高く、リン酸とカリの肥効率はほとんど変わりませんでした。

埋設試験による窒素無機化率(%)

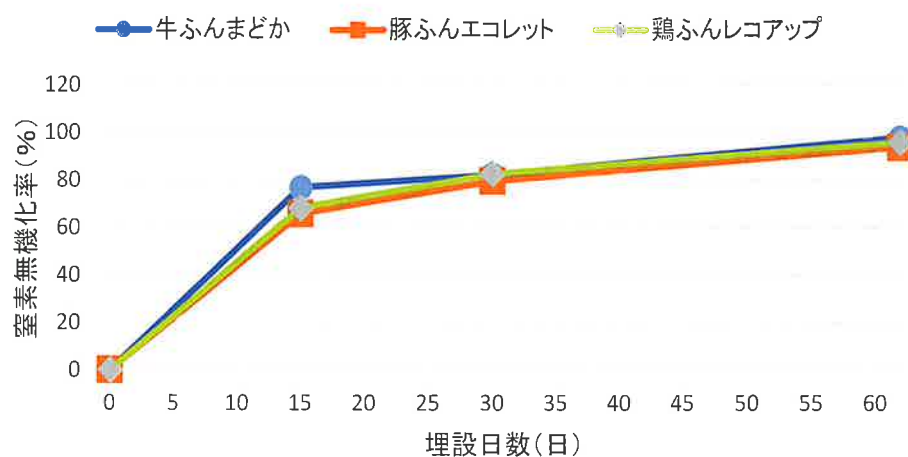


図 9-1 混合堆肥複合肥料窒素の土壌中での分解過程の例

表 9-3-1 混合堆肥複合肥料の窒素、リン酸、カリの推定肥効率（1：牛ふん堆肥）

肥効率の 推定値 (%)	牛ふん混合堆肥	牛ふん混合堆肥	牛ふん混合堆肥	牛ふん混合堆肥	牛ふん混合堆肥
	まどかちゃん	シナジーペレット821	はまゆう柑橘肥料085	はまゆう柑橘肥料BM864	望ちゃん
	10-10-10	8-2-1	10-8-5	8-6-4	12-3.4-6
	牛・豚ふん混合 (株)JAグリーンとちぎ	牛ふん 南国興産(株)	牛ふん 南国興産(株)	牛ふん 南国興産(株)	牛・鶏ふん混合 JA佐久浅間
窒素	98	85	88	78	88
リン酸	96	92	96	93	92
カリ	97	95	90	90	83

注)窒素の肥効率は埋設試験より、リン酸とカリの肥効率は2%クエン酸のく溶率より求めた。

表 9-3-2 混合堆肥複合肥料の窒素、リン酸、カリの推定肥効率（2：牛ふん堆肥）

肥効率の 推定値 (%)	牛ふん混合堆肥	牛ふん混合堆肥	牛ふん混合堆肥	牛ふん混合堆肥
	CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料	神奈川開発肥料
	特裁対応6-5-5	特裁対応6-5-5	特裁対応6-5-5	特裁対応6-4-4
	C/N11牛ふん 朝日アグリア(株)	C/N20牛ふん 朝日アグリア(株)	C/N23牛ふん 朝日アグリア(株)	牛ふん 朝日アグリア(株)
窒素	89	87	84	96
リン酸	88	86	83	87
カリ	85	84	84	88

注)窒素の肥効率は埋設試験より、リン酸とカリの肥効率は2%クエン酸のく溶率より求めた。

表 9-3-3 混合堆肥複合肥料の窒素、リン酸、カリの推定肥効率（3：豚・鶏ふん堆肥）

肥効率の 推定値 (%)	豚ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	鶏豚ふん混合堆肥	鶏ふん混合堆肥
	エコレット866	エコレット055	エコレット208	エコレット553	シナジーペレット920	レコアップ055
	特裁対応8-6-6	10-5-5	12-10-8	5-5-3	9-12-10	10-5-5
	豚ふん 朝日アグリア(株)	豚ふん 朝日アグリア(株)	豚ふん 朝日アグリア(株)	豚ふん 朝日アグリア(株)	鶏・豚ふん混合 南国興産(株)	鶏ふん 菱東肥料(株)
窒素	92	94	99	88	87	96
リン酸	94	95	98	97	97	99
カリ	91	92	96	93	93	96

注)窒素の肥効率は埋設試験より、またリン酸とカリの肥効率は2%クエン酸のく溶率より求めた。

イ) 混合されている堆肥の窒素、リン酸、カリの推定肥効率

混合堆肥複合肥料と同様に、混合されている堆肥の土壌中での分解過程を調べました(図 9-2)。混合されている堆肥の窒素供給パターンは 30 日位までは漸増しましたが、その後 60 日に低下するタイプと引き続き漸増するタイプに分かれました。さらに 60 日目に窒素無機化量が低下した牛ふん堆肥は 90 日目には再び増加する傾向を示しました。このように牛ふん堆肥等で 30 日目より 60 日目の窒素の分解率が低下した理由として、30 日目までの分解は堆肥中の家畜ふん成分が主体なのに対して、30 日目以降の分解は副資材が主体であったためと推察されました。

なお、混合堆肥複合肥料に混合されている堆肥等の窒素肥効率の値は、窒素の分解率がほぼ平均値と判断された90日目の値を採用しました。

窒素、リン酸、カリの推定肥効率の結果を表9-4-1～表9-4-2にまとめました。混合されている堆肥等の肥効率は窒素が-55～48%（平均21%）、リン酸が55～99%（平均87%）、カリが80～99%（平均92%）と推定されました。堆肥等の窒素肥効率は混合堆肥複合肥料に比べてかなり低く、リン酸とカリの肥効率はほとんど変わりませんでした。

土中埋設による堆肥の窒素分解率(%)

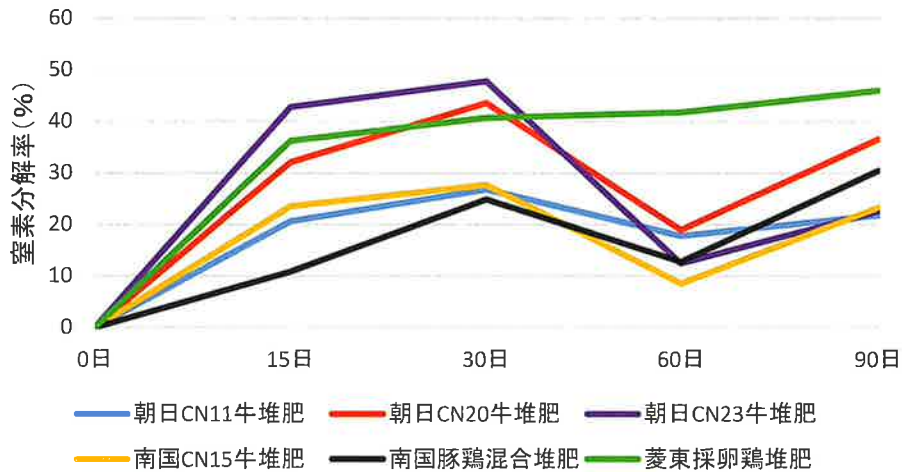


図9-2 混合堆肥複合肥料に混合されている堆肥等窒素の土壌中での分解過程の例

表9-4-1 混合されている堆肥等の窒素、リン酸、カリの推定肥効率の結果
(1：牛ふん堆肥)

肥効率の推定値 (%)	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥
	C/N11	C/N20	C/N23	C/N15	C/N15	C/N13	C/N16	C/N22
	乳牛堆肥	乳・肉混合	乳・肉混合	乳・肉混合	乳・鶏堆肥	肉牛堆肥	肉牛堆肥	乳牛堆肥
	稲わら・戻し	オガクズ	木質チップ		植物残・稲わら・糞	オガクズ	オガクズ	剪定枝
	朝日アグリア(株)	朝日アグリア(株)	朝日アグリア(株)	南国興産(株)	JA佐久浅間	富士見工業(株)	富士見工業(株)	富士見工業(株)
窒素	22	37	23	23	23	12	19	-55
リン酸	85	87	78	95	88	93	95	58
カリ	94	98	93	95	85	97	97	83

注)窒素の肥効率は埋設試験90日目の結果より、リン酸とカリの肥効率は2%クエン酸のく溶率より求めた。

表9-4-2 混合されている堆肥等の窒素、リン酸、カリの推定肥効率の結果
(2：豚、鶏ふん堆肥)

肥効率の推定値 (%)	鶏豚ふん混合	鶏ふん堆肥	かごしま豚堆肥	神戸みどり
	豚鶏ふん	鶏ふん	豚ふん堆肥	豚ふん堆肥
	南国興産(株)	菱東肥料(株)	JAいぶすき	高尾牧場
窒素	30	46	48	28
リン酸	98	99	87	94
カリ	94	95	91	80

注)窒素の肥効率は埋設試験90日目の結果より、リン酸とカリの肥効率は2%クエン酸のく溶率より求めた。

ウ) まとめ

市販の混合堆肥複合肥料 15 点と原料堆肥 10 点を収集し、窒素、リン酸、カリの肥効率と窒素の供給パターンについて検討しました。混合堆肥複合肥料の窒素肥効率は混合されている堆肥に比べてかなり高く、リン酸とカリの肥効率はほとんど変わりませんでした。混合堆肥複合肥料の窒素供給パターンは単純増加型（あるいはリニア型）でした。混合されている堆肥等の窒素供給パターンは堆肥によって異なっており、一定の傾向は得られませんでした。

(2) 窒素供給パターンの検討

① 試験方法

ア) ガラス瓶培養法による窒素供給パターンの検討方法

プラスチック容器に生土 200 g を採取し、乾土重 1g 当たり全窒素量で 2.0mg に相当する重量の混合堆肥複合肥料と堆肥サンプルを加え、畑土壌の水分量（最大容水量の 60%）になるように加水し、よく混ぜ合わせました。この混合物のうち 0 日目の 20g、含水率測定用約 10g を分取したのち残りを 450ml 容量のガラス瓶に入れました（写真 9-6）。全重を記録したのち 30℃ のインキュベーター（恒温器）で培養しました。培養中に減った水分を補充するとともに、0、10、20、30、40、60、90 日目に 20g を取り分けて 10% KCl 液にて無機態窒素を抽出しました。無機態窒素のうち硝酸態窒素はイオンクロマトにて、アンモニア態窒素は比色法で測定しました。培養中に適宜、土壤混合物の含水率を測定しました。



写真 9-6 混合堆肥複合肥料と堆肥の窒素供給パターンを検討した瓶培養法の様子（450ml の大容量ガラスビン、3 反復で示しました）

② 試験結果

ア) 混合堆肥複合肥料の窒素供給パターン

混合堆肥複合肥料の窒素供給パターンの結果の一例を図 9-3 に示しました。混合堆肥複合肥料の窒素供給パターンは測定したすべての肥料で、培養日数が進むにつれて増加しやがて定常状態となる、単純増加型（もしくはリニア型）となりました。単純増加型での窒素供給パターンは埋設試験での結果と同様でした。

混合堆肥の窒素無機化量 (mgN/瓶)

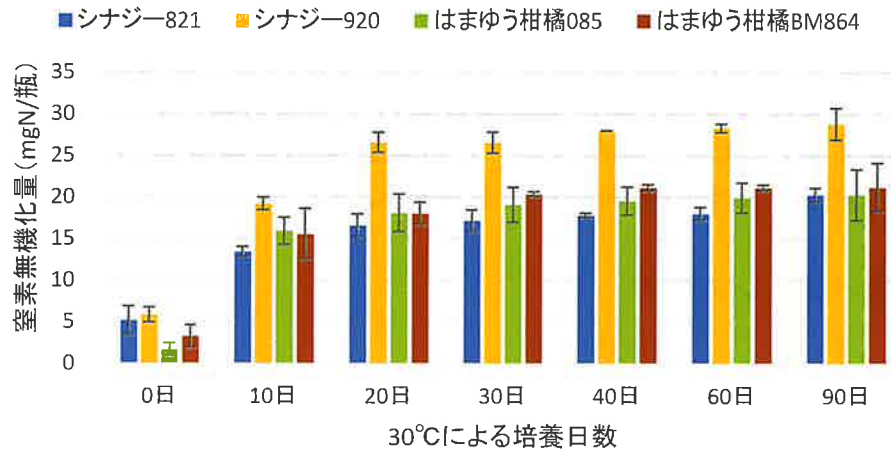


図 9-3 瓶培養法で得られた混合堆肥複合肥料の窒素供給量の推移例

イ) 混合されている堆肥の窒素供給パターン

混合されている堆肥の窒素供給パターンは、土壌中での分解過程と同様の結果でした (図 9-4)。すなわち窒素供給パターンは 30 日位までは漸増しましたが、その後 60 日に低下するタイプと引き続き漸増するタイプに分かれ、さらに 60 日目に窒素無機化量が低下した牛ふん堆肥は 90 日目には再び増加する傾向を示しました。このように牛ふん堆肥等で 30 日目より 60 日目の窒素の分解率が低下した理由は、土壌中での分解過程での結果における推察と同じです。

堆肥の窒素供給パターン

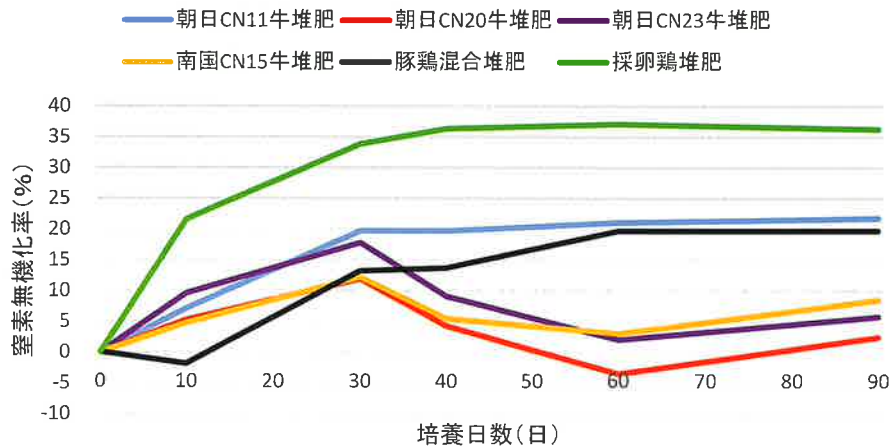


図 9-4 瓶培養試験による堆肥の窒素無機化率の推移

注) 窒素無機化量はアンモニア態窒素と硝酸態窒素の合計量

ウ) まとめ

混合堆肥複合肥料の窒素供給パターンは単純増加型 (もしくはリニア型) でした。混合されている堆肥の窒素供給パターンは一定の傾向は得られませんでした。

10. 混合堆肥複合肥料を利用するときの施肥設計法



ポイント

作物栽培に当たって、施肥設計は作物の収量、品質、肥料成分の跡地土壌への蓄積の観点から必要欠くべからざる作業です。混合堆肥複合肥料を利用する場合の施肥設計の仕方を以下に紹介します。混合堆肥複合肥料の成分全量に肥効率をかけて求めた「化学肥料相当量」をベースにした施肥設計法を提案しました。その設計で野菜栽培を行い、収量、養分吸収量の結果から混合堆肥複合肥料による肥料効果及び施肥設計の妥当性が実証されました。

1) 施肥設計の考え方

(1) 混合堆肥複合肥料の施肥設計を行う場合、まず成分全量に肥効率を乗じて化学肥料換算の成分量を算出します。なお、供試した混合堆肥複合肥料の成分全量と窒素、リン酸、カリの肥効率は事前に分析して求めておく必要があります(表 10-1)。施肥設計アプリでは以下に示しました混合堆肥複合肥料も含めて、多くの混合堆肥複合肥料のデータ(成分濃度と肥効率)を「プリセット」に登録してあります。ただ、掲載の混合堆肥複合肥料の利用に当たって注意点を下述しましたので、確認しておいて下さい。

表 10-1 施肥設計法に供試した混合堆肥複合肥料の成分分析結果

項目	単位	牛混合堆肥	豚混合堆肥	鶏混合堆肥	牛混合堆肥
肥料銘柄名		まどかちゃん	エコレット055	レコアアップ055	望ちゃん
成分値	N-P2O5-K2O	10-10-10	10-5-5	10-5-5	12-3.4-6
原料堆肥		牛・豚堆肥混合	豚ふん	鶏ふん	牛・鶏堆肥混合
メーカー		(株)JAグリーンとちぎ	朝日アグリ(株)	菱東肥料(株)	JA佐久浅間
水分	現物%	4.9	3.9	3.9	3.8
灰分	乾物%	33.1	50.2	32.2	27
pH		6.8	6.0	6.0	6.8
EC	mS/cm	59.1	50.2	62.2	64
窒素	乾物%	10.5	10.2	10.8	12.3
アンモニア性窒素	乾物%	6.7	5.9	8.0	7.5
炭素	乾物%	15.3	19.5	13.8	16.5
C/N比		1.5	1.9	1.3	1.3
リン酸	乾物%	11.0	6.9	5.4	3.7
〈溶性リン酸	乾物%	10.4	6.6	5.3	3.4
カリ	乾物%	11.6	6.3	6.3	8.5
〈溶性カリ	乾物%	11.2	5.8	6.1	7.1
石灰	乾物%	2.5	4.5	7.0	2.5
苦土	乾物%	1.1	1.5	1.1	2.0
推定肥効率%	窒素	99	94	99	88
	リン酸	94	95	99	93
	カリ	97	91	96	84

注) 窒素の推定肥効率は埋設試験より、リン酸とカリの肥効率は2%クエン酸による可溶性率より求めた。

(2) 続いて混合堆肥複合肥料を利用する場合の施肥設計方法についてですが、重要なことは、成分全量に各成分の肥効率をかけた数値に基づいて施肥基準量に合わせた堆肥の施用量を算出することです。

2) 施肥設計の具体的方法

ホウレンソウの栽培を例にして、施肥設計の方法を以下具体的に説明します。まず、ホウレンソウの施肥基準量を表 10-2 に示しました。

表 10-2 ホウレンソウの施肥基準量

施肥基準量 kg/10a	窒素	リン酸	カリ
	15	15	15

(1) 化学肥料区の施肥設計

- ① 化学肥料区は化成肥料を例に説明します。化成肥料の場合には、施肥基準に合わせる成分をまず決めてから施肥設計します。下の例では窒素成分を基準に施肥設計しました（表 10-3）。

表 10-3 化学肥料区の施肥設計（使用する肥料銘柄は一例）

肥料の種類	成分全量濃度			推定肥効率		
	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
	乾物%			%		
化成肥料	10	10	10	100	100	100

肥料の種類	窒素	リン酸	カリ	乾物施用量	水分率	現物施用量
	施肥基準量(kg/10a)			kg/10a	%	kg/10a
化成肥料	15	15	15	150	3	155

(2) 混合堆肥複合肥料区の施肥設計

- ① 混合堆肥複合肥料区の施肥設計は、まず成分全量濃度と肥効率の表を作成します（表 10-4）。次に成分全量濃度に肥効率をかけて化学肥料相当の成分濃度を算出します（表 10-5）。続いて化学肥料相当濃度を 100 で割って化学肥料相当係数を求めます。この化学肥料相当係数を使って、作物の施肥基準量を満たす混合堆肥複合肥料の施用量を算出します。

表 10-4 混合堆肥複合肥料の成分全量濃度と推定肥効率

肥料の種類	成分全量濃度			推定肥効率		
	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
	乾物%			%		
牛混合堆肥まどか101010	10.5	11.0	11.6	99	96	97
豚混合堆肥エコレット055	10.1	6.9	6.3	94	95	92
鶏混合堆肥レコアップ055	10.8	5.4	6.3	99	99	96
牛混合堆肥望ちゃん	12.3	3.7	8.5	88	92	83

表 10-5 堆肥の化学肥料相当濃度と化学肥料相当係数

肥料の種類	化学肥料相当濃度			化学肥料相当係数		
	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
	乾物%					
牛混合堆肥まどか101010	10.4	10.6	11.3	0.104	0.106	0.113
豚混合堆肥エコレット055	9.5	6.6	5.8	0.095	0.066	0.058
鶏混合堆肥レコアアップ055	10.7	5.3	6.0	0.107	0.053	0.060
牛混合堆肥望ちゃん	10.8	3.4	7.1	0.108	0.034	0.071

注1) 化学肥料相当濃度は成分濃度×肥効率

注2) 化学肥料相当係数は化学肥料相当濃度を100で割った数値である。

- ② 続いて混合堆肥複合肥料の施用量ですが、多くの場合、窒素成分に合わせて施用量を決めますので、窒素成分の施肥基準量を満たす混合堆肥複合肥料の施用量を算出します（表 10-6）。

表 10-6 窒素成分の施肥基準量を満たす施用量

肥料の種類	窒素	リン酸	カリ	乾物施用量	水分率	現物施用量
	施肥基準量(kg/10a)			kg/10a	%	kg/10a
牛混合堆肥まどか101010	15	15	15	144	5	152
豚混合堆肥エコレット055	15	15	15	158	4	165
鶏混合堆肥レコアアップ055	15	15	15	140	4	146
牛混合堆肥望ちゃん	15	15	15	139	4	144

注) ホウレンソウの施肥基準量(kg/10a)は窒素15、リン酸15、カリ15とした。

- ③ 最後に表 10-6 の施用量に化学肥料相当係数をかけて窒素、リン酸、カリの施肥量を算出します（表 10-7）。

混合堆肥複合肥料の場合、近年農耕地土壌へのリン酸とカリの蓄積が著しい状況に対応するため、肥料中のリン酸とカリ成分を低く抑えた混合堆肥複合肥料が数多く流通しています。表 10-7 に示した肥料のうち3銘柄で、リン酸とカリの施肥量が施肥基準量（15kg/10a）を満たしていません。

土壌のリン酸とカリが土壌診断基準の上限値を超えて蓄積している場合には、蓄積程度に応じてこの施肥設計でも構いませんが、基準値内にある土壌では基準量の施肥が推奨されていますので、不足するリン酸とカリ量を他の肥料で補充する必要があります。

表 10-7 混合堆肥複合肥料から供給される施肥量

肥料の種類	現物施用量 kg/10a	施肥量(kg/10a)		
		窒素	リン酸	カリ
牛混合堆肥まどか101010	152	15	15	16
豚混合堆肥エコレット055	165	15	10	9
鶏混合堆肥レコアアップ055	146	15	8	8
牛混合堆肥望ちゃん	144	15	5	10

注) 肥料の施用量は窒素成分にて算出した。

3) 混合堆肥複合肥料利用のための施肥設計アプリの開発



ポイント

混合堆肥複合肥料の利用において施肥設計を簡単に行える「施肥設計アプリ」を開発しました。ほ場、作物（野菜）、肥料・堆肥を登録すると、作物の施肥基準量を満たす施肥設計が可能です。

(1) 施肥設計アプリとは、このアプリでできること

本「施肥設計アプリ」は混合堆肥複合肥料を利用する場合の施肥設計のために開発されましたが、混合堆肥複合肥料以外の、家畜ふん堆肥、化学肥料なども登録して自由に選択・利用できます。また、家畜ふん堆肥を単独で利用する場合の施肥設計にも使えます。さらに肥料・堆肥の選択画面では、デフォルトで3つ表示されますが、追加ボタンで増やすこともできます。作物（野菜品目）の施肥基準量次第では2つの肥料・堆肥の選択で、極端な場合には1つの肥料・堆肥で施肥基準量を満たす事例にも対応できます。窒素肥料として有機肥料も登録しておく、堆肥と有機肥料の施肥設計も可能ですので、有機農業はじめ幅広い利用者に対応できるアプリといえます。

本アプリは、<https://frontend-dev-66kvtnyw3a-uc.a.run.app/> からダウンロードできます。

アプリの利用に当たって注意していただきたいことが2点あります。

注意事項1：施肥設計アプリのトップ画面から「操作説明」をタップすると、操作・処理の流れ、各画面で必要な操作内容が事前につかめます。初めて利用する方は先に「操作説明」に目を通し、できることを確認してからアプリの操作に進むことをお勧めします。

注意事項2：「プリセット」に登録してあります混合堆肥複合肥料について、

「まどかちゃん」は株式会社 JA グリーンとちぎ、

「エコレット」は「朝日アグリア株式会社」、

「シナジーペレット、はまゆう柑橘肥料」は南国興産株式会社、

「望ちゃん」はJA佐久浅間、

「レコアップ」は菱東肥料株式会社より生産・販売されています。

「施肥設計アプリ」掲載の肥料について、販売地域が限定されたり、一部地域では取り扱いのない場合もありますので、肥料メーカーやJA等に問い合わせして下さい。

(2) システム全体における操作の流れ等を以下説明します。

操作・処理の流れを図10-1に示しました。併せて以下に利用上の留意点も記述しました。

1. 対応ブラウザにアクセスしてトップ画面を起動します。

トップ画面には「操作説明」が用意されておりますので、まずこのボタンをタップして、本アプリでできること、詳しい操作内容を確認することをお勧めします。確認が終わりましたら「ほ場」登録に進みます。

2. 「ほ場」を登録

フッターの「ほ場」をタップします。「ほ場を追加」ボタンをタップすると、ほ場名、面積、各成分量を入力、登録できます。土壌の分析結果がある場合には成分値を入力して下さい。分析値がない場合には「初期登録済ほ場」ボタンをタップして下さい。農林水産省の調査結果に基づく「全国の農耕地畑土壌の平均成分値」が表示されますので、これを利用して下さい。

3. 「作物」を登録（施肥基準量登録）

フッターの「作物」をタップします。「作物を追加」ボタンをタップして、作物名、10アール当たりの窒素、リン酸、カリの施肥量を登録します。全国で広く栽培されている野菜についてはすでに登録済みですが、地域によって施肥基準量が異なる場合には窒素、リン酸、カリの施肥量の数値を変更して下さい。

4. 「肥料・堆肥」の登録

フッターの「肥料・堆肥」をタップします。「肥料・堆肥を追加」ボタンをタップし、「肥料」か「堆肥」を選択します。選択した「肥料」か「堆肥」に応じて窒素、リン酸、カリの肥効率が自動入力されます。

その後、肥料と堆肥の窒素、リン酸、カリ、含水率の値を入力すると、「肥効率を考慮した成分値」が表示され、この値を用いて肥料と堆肥の施用量（10アール当たり）を算出します。

広く流通している肥料や堆肥、データのある肥料や堆肥はすでに「肥料・堆肥」と「プリセット」に登録してあります。よく使う肥料や堆肥は「お気に入り」に登録できます。登録数が多いほど施肥設計がしやすくなるので、可能な限り数多く登録しておくといいでしょう。アプリに登録した肥料については肥料メーカー等のご了解を得ていますが、販売等に関する注意点を上述しましたので、注意して下さい。

以上の情報・データを入力し終わったら「登録」ボタンをタップして登録します。登録された肥料・堆肥が画面に表示されます。

5. 「使用する肥料・堆肥」の選択

フッターの「設計」をタップします。まず施肥設計したい「作物」について、登録済みの「作物・施肥基準」の中から作物を選択します。選択すると作物の施肥基準量が表示されますので、もし使用するほ場の養分量に応じて施肥基準量を加減したい場合には「補正值」の数値を変更します。デフォルトは1ですが、0.5にすると施肥基準量を半減できます。次に登録済みの「ほ場」から選択しますと面積や成分値が表示されます。

さらに登録済みの「肥料・堆肥」の中から、使用したい「肥料・堆肥」を選択します。デフォルトで3つの「肥料・堆肥」が表示されますが、「肥料・堆肥を追加」ボタンで増やすことができます。「削除」ボタンで減らすこともできます。「計算実行」ボタンをタップすると計算結果が表示されます。

6. 「施肥設計計算」の表示

窒素、リン酸、カリの施肥量が施肥基準量に最も近くなるように計算されます。施肥量は10アール当たりで表示されますので、ほ場の面積に応じて施肥量を加減して下さい。成分の過不足結果を確認し、計算結果が思わしくなけれ

ば「最初からやり直す」をタップします。「5. 使用する肥料・堆肥の選択画面」に戻りますので、「肥料・堆肥」を選び直して「計算実行」して下さい。

混合堆肥利用施肥設計アプリの操作説明

←

概要

- 対象デバイス:スマートフォン。
- 対応ブラウザ:safari, chrome。
- 施肥設計に使える混合堆肥複合肥料・堆肥・化成肥料は自由に選択できます。
- 肥料・堆肥の施用量は10アールあたりで計算・表示されます。

↑

操作の流れを説明します。

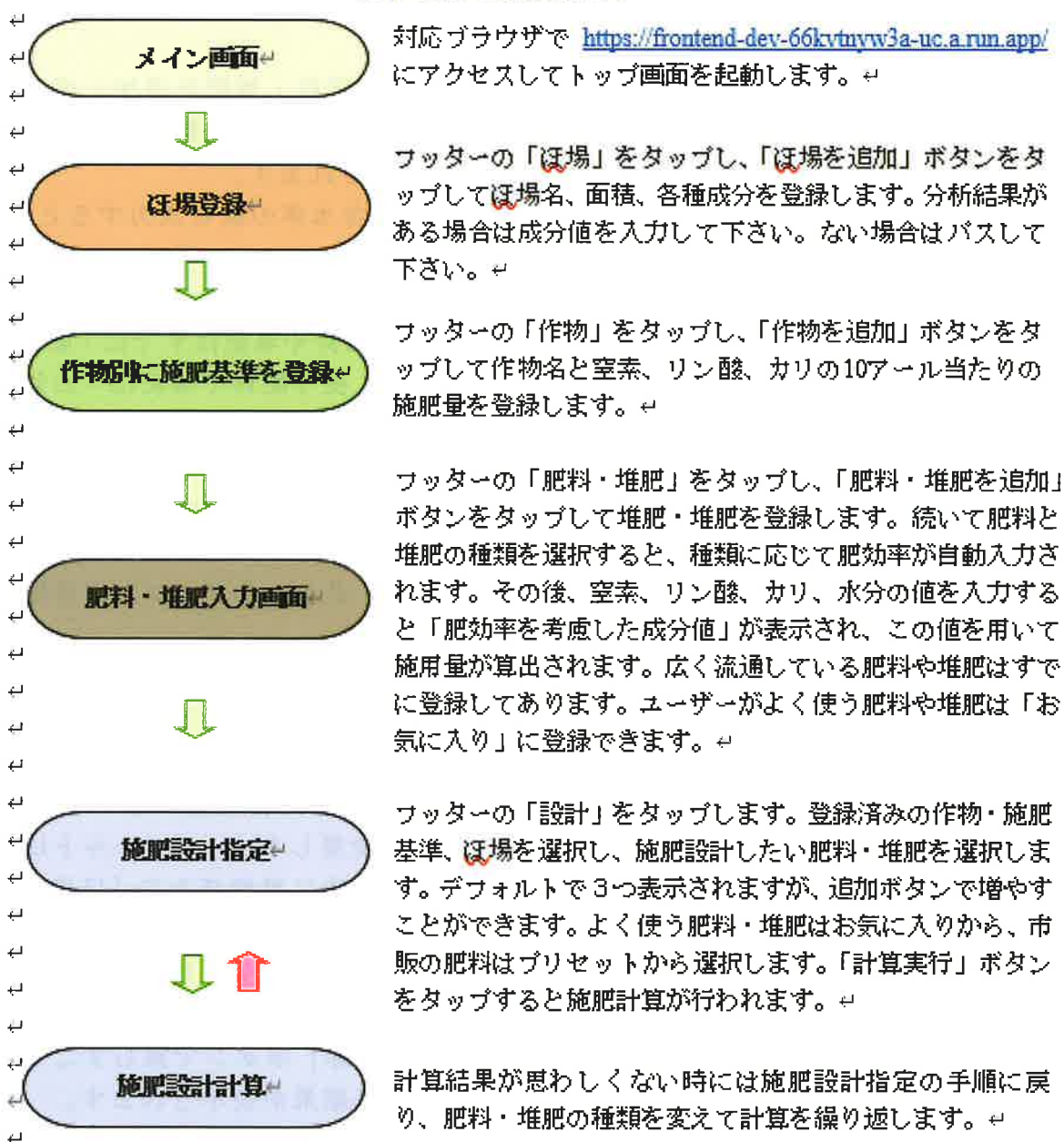


図 10-1 施肥設計アプリの操作の流れ

施肥設計アプリの各画面と操作内容、処理の流れを以下に示します。

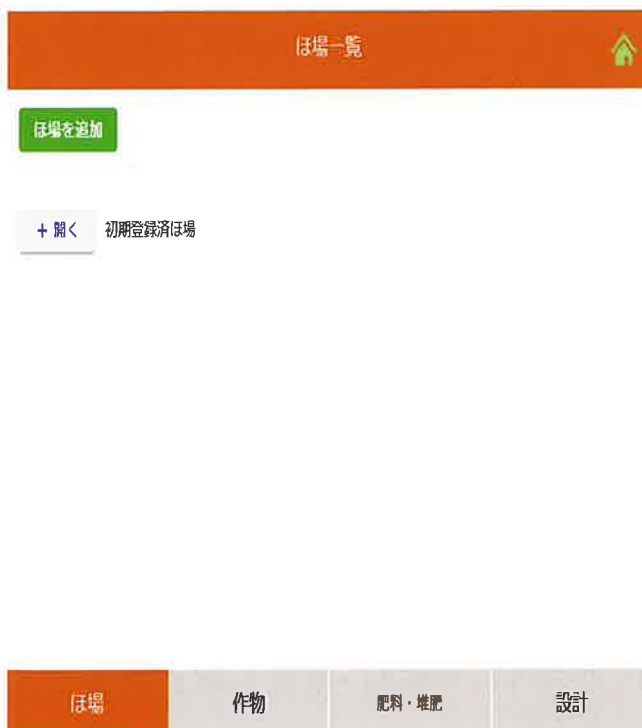
1. トップ画面



アプリを起動したとき表示される画面

- 「操作説明」ボタンをタップすると、操作マニュアルを閲覧できます。
- フッター（画面下）の4つのボタンをタップすると、それぞれ以下の画面に遷移します。
 - ほ場：ほ場登録に進みます
 - 作物：作物・施肥基準登録に進みます
 - 肥料・堆肥：肥料・堆肥登録に進みます
 - 設計：施肥設計に進みます

2. ほ場登録画面



フッターの「ほ場」をタップし、表示される画面

- 「ほ場を追加」ボタンをタップしてほ場を登録します。
- ほ場名、面積を入力します。
- pH、EC、全窒素、可給態リン酸、交換性カリウム、交換性カルシウム、交換性マグネシウムは、デフォルト値として全国の土壌の平均値が入力されています。土壌分析結果がある場合は値を入力し直してください。
- 情報を入力し終わったら「登録」ボタンをタップして、ほ場情報を登録します。
- 登録されたほ場が画面に表示されます。

3. 作物登録(施肥基準量登録)画面



フッターの「作物」をタップし、表示される画面

- 「作物を追加」ボタンをタップして「作物」を入力します。
- 作物名、作型・品種名などを入力します。
- 窒素、リン酸、カリの 10a あたりの施用量を入力します。広く栽培されている野菜の施用量をすでに登録してあります。
- 情報を入力し終わったら「登録」ボタンをタップして、作物情報を登録します。
- 登録された作物が画面に表示されます。

4. 肥料・堆肥登録画面



フッターの「肥料・堆肥」をタップし、表示される画面

- 「肥料・堆肥を追加」ボタンをタップして「肥料・堆肥」を入力します。
- 肥料・堆肥名を入力します。
- 続いて肥料と堆肥の種類を選択します。選択した肥料と堆肥に応じて肥効率が自動入力されます。
- 窒素、リン酸、カリの値を入力します。成分値が入力されると「肥効率を考慮した成分値」が表示されます。この値を用いて肥料と堆肥の施用量を算出します。一般に流通している肥料や堆肥、データのある肥料や堆肥はすでに「肥料・堆肥」と「プリセット」に登録してあります。よく使う肥料や堆肥は「お気に入り」に登録できます。**(26頁の注意事項2を参照下さい)**
- 情報・データを入力し終わったら「登録」ボタンをタップして、肥料・堆肥情報を登録します。
- 登録された肥料・堆肥が画面に表示されます。

5. 使用する肥料・堆肥の選択画面

フッターの「設計」をタップすると表示される画面

- 作物・施肥基準量のドロップダウンリストから、施肥設計をしたい作物を選択します。選択すると施肥基準が表示されます。補正值を変更すると、土壌の養分量に応じて施肥基準量を加減することができます。
- ほ場・土壌成分のドロップダウンリストから、施肥したいほ場を選択します。選択するとほ場の面積と成分値が表示されます。
- 肥料・堆肥選択のドロップダウンリストから、施用したい肥料や堆肥を選択します。デフォルトで3つ表示されていますが、「肥料・堆肥を追加」ボタンをタップすることにより増やすことができます。
- 「計算実行」ボタンをタップすると計算結果が表示されます。

6. 施肥計算結果

施肥計算結果

大豆畑かす

堆肥施肥容量(現物) **312[kg/10a]** kg

窒素(kg/10a)	リン酸(kg/10a)	カリ(kg/10a)
21	6	7

那須ユーキ

堆肥施肥容量(現物) **639[kg/10a]** kg

窒素(kg/10a)	リン酸(kg/10a)	カリ(kg/10a)
3	23	14

まくち・まんま堆肥

堆肥施肥容量(現物) **0[kg/10a]** kg

窒素(kg/10a)	リン酸(kg/10a)	カリ(kg/10a)
0	0	0

過不足分

窒素(kg/10a)	リン酸(kg/10a)	カリ(kg/10a)
-0	-7	-2

土壌成分

窒素(mg/100g)	リン酸(mg/100g)	カリ(mg/100g)
0.34	73.3	72

最初からやり直す

ほ場 作物 肥料・堆肥 **設計**

施肥設計画面の「計算実行」をタップすることで表示される画面

- 窒素、リン酸、カリそれぞれが施肥基準量に最も近くなるように施肥量が計算されます。
- 施肥量は 10 アール当たりで表示されますので、ほ場面積の増減に応じて施肥量を加減してください。
- 成分の過不足を確認し、結果が思わしくなければ「最初からやり直す」をタップします。タップしますと、「5. 使用する肥料・堆肥の選択画面」に戻りますので、「肥料・堆肥」を選び直して計算実行します。



11. C/N比の異なる牛ふん堆肥の品質特性の解明



ポイント

混合堆肥複合肥料に混合される牛ふん堆肥の品質、とくに C/N 比の異なる牛ふん堆肥を収集し、化学分析や野菜の栽培によって肥効特性の違いを明らかにしましたので、以下紹介します。

1) 化学分析結果からみた C/N 比の異なる牛ふん堆肥の品質特性

(1) 供試した C/N 比の異なる牛ふん堆肥

C/N 比の異なる 3 種類の牛ふん堆肥 (C/N 比 : 13、16、22) を入手しました。C/N 比 13 の堆肥は肉用牛ふん主体で副資材はオガコ、C/N 比 16 の堆肥は肉用牛ふんのみで副資材はオガコ、C/N 比 22 の堆肥は乳用牛ふんのみで副資材は剪定枝です。写真 11-1 に現物写真を示しました。これら 3 種類の牛ふん堆肥について、分析用サンプルを調製したのち成分分析と窒素、リン酸、カリの肥効率、窒素の供給パターンの測定を行いました。

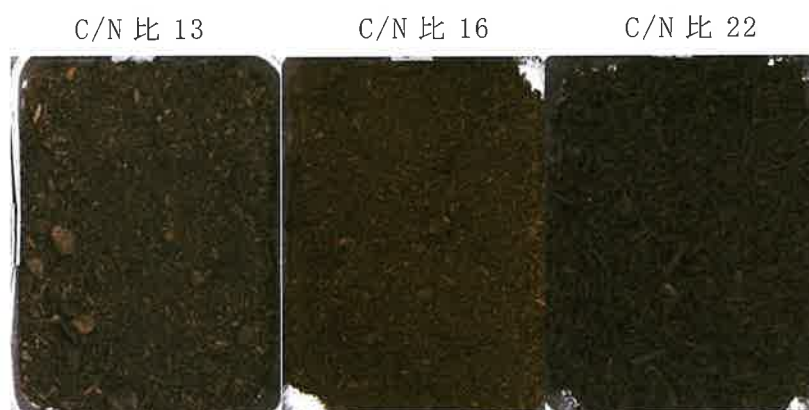


写真 11-1 供試した C/N 比の異なる 3 種類の牛ふん堆肥

(2) 成分分析結果からみた C/N 比の異なる牛ふん堆肥の品質特性

分析は粉碎・微粉碎した分析試料により、窒素は C N コーダーで、リン酸、カリ、石灰、苦土はマイクロ波式湿式分解装置で酸分解 (分解液は硝酸とフッ酸の混酸) したのち ICP 発光分光分析装置にて測定しました。

その結果を表 11-1 に示しました。窒素、リン酸、カリ濃度は牛ふん堆肥の C/N 比が 16 と 20 が最も高く、C/N 比が 23 になると窒素、リン酸、カリ成分すべて低下しました。とくにリン酸の低下が顕著に認められました。

表 11-1 C/N 比の異なる牛ふん堆肥の成分分析結果

項目	単位	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥
C/N比		13	16	22
原料堆肥		肉牛ふん	肉牛ふん	乳牛ふん
副資材の種類		オガクズ	オガクズ	剪定枝
水分	現物%	11	34	63
灰分	乾物%	19	21	33
pH		7.8	7.0	9.3
EC	mS/cm	6.0	7.6	2.4
窒素	乾物%	3.1	2.3	1.6
アンモニア性窒素	乾物%	0.5	0.5	0.2
炭素	乾物%	41	38	34
C/N比		13	16	22
リン酸	乾物%	3.2	3.5	0.8
<溶性リン酸	乾物%	3.0	3.3	0.4
カリ	乾物%	3.5	3.7	1.9
<溶性カリ	乾物%	3.4	3.6	1.6
石灰	乾物%	1.4	1.5	5.6
苦土	乾物%	1.4	1.3	1.2

(3) 窒素、リン酸、カリの肥効率及び窒素の供給パターンからみた C/N 比の異なる牛ふん堆肥の品質特性

① 窒素、リン酸、カリの肥効率の結果

3 種類の牛ふん堆肥の窒素、リン酸、カリの推定肥効率の結果を表 11-2 に示しました。測定は、「8. 3) 混合堆肥複合肥料と堆肥の肥効特性」の項目で記述しました方法により行いました。

その結果、窒素の肥効率は C/N 比の低い (C/N 比 13 と 16) 牛ふん堆肥に比べて C/N 比の高い (C/N 比 22) 牛ふん堆肥は顕著に低くなりました。リン酸とカリも窒素と同様に、C/N 比の低い (C/N 比 13 と 16) 牛ふん堆肥に比べて C/N 比の高い (C/N 比 22) 牛ふん堆肥は低いでしたが、窒素ほど低下しませんでした。

このように、窒素、リン酸、カリの肥効率の結果は成分濃度と同様な結果でした。

表 11-2 C/N 比の異なる牛ふん堆肥の推定肥効率

項目	項目	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥
C/N比		13	16	22
原料堆肥		肉牛ふん	肉牛ふん	乳牛ふん
副資材の種類		オガクズ	オガクズ	剪定枝
推定肥効率%	窒素	12	19	-55
	リン酸	93	95	58
	カリ	97	97	83

注) 窒素の推定肥効率は埋設試験90日目より、
リン酸とカリの推定肥効率は2%クエン酸によるく溶率より求めた。

② 窒素供給パターンの結果

3 種類の牛ふん堆肥の窒素供給量の推移を図 11-1 に、窒素供給パターンの結果を図 11-2 に示しました。測定は、「8. 3) 混合堆肥複合肥料と堆肥の肥効特性」の項

目で記述しました方法により行いました。窒素供給パターンは窒素供給量の結果から0日目の値を差し引いて求めました。その結果、窒素供給量はC/N比の低い(C/N比13と16)牛ふん堆肥が高く、C/N比の高い(C/N比22)牛ふん堆肥は低いこと、窒素の供給パターンは10~30日から60日にかけて低下し、60日から90日にかけてやや増加する傾向を示し、「8. 3) 混合堆肥複合肥料と堆肥の肥効特性」で得られた結果とほぼ同様でした。

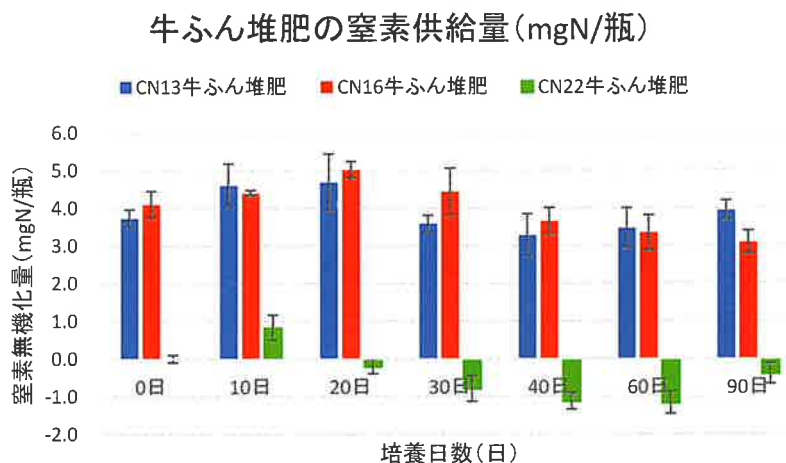


図 11-1 3種類牛ふん堆肥の窒素供給量の推移

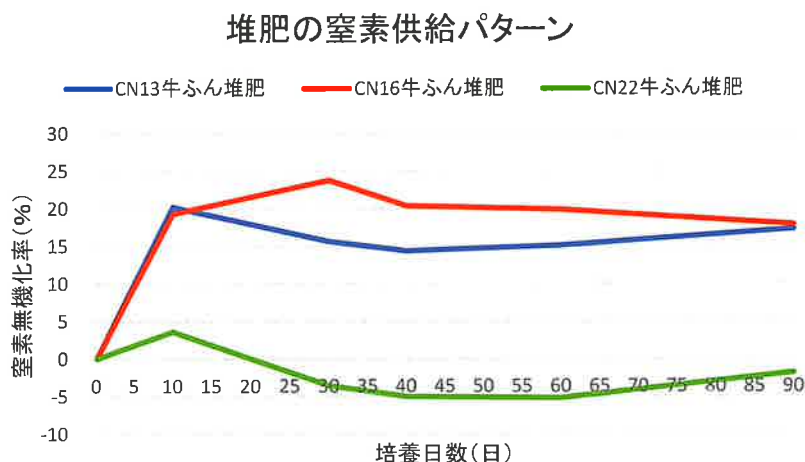


図 11-2 3種類牛ふん堆肥の窒素供給パターン

2) 野菜の栽培試験結果からみたC/N比の異なる牛ふん堆肥の品質特性

野菜(品目はホウレンソウ)の栽培面(出芽率、生育量、収量、養分吸収)からみた牛ふん堆肥の品質特性、とくに肥効特性について検討しました。

(1) 施肥設計

ホウレンソウを用いたポット栽培での施肥設計を示します。表 11-3-1 に化学肥料区を、牛ふん堆肥区を表 11-3-2 と表 11-3-3 に示しました。化学肥料区は施肥基準

量を単肥で施肥しました。表 11-3-2 はハウレンソウ栽培の施肥基準において推奨されている施用量（10アール当たり 1,000kg、少量区とします）です。表 11-3-3 は窒素の施肥基準量を満たす施用量（多量区とします）です。

表 11-3-1 化学肥料区の施肥設計

化学肥料区	1a/2000ポット		
	g/ポット		
	窒素	リン酸	カリ
	硫安	過リン酸石灰	硫酸加里
	N21%	P ₂ O ₅ 18%	K ₂ O50%
施肥基準量g	0.6	0.6	0.6
肥料量g	2.86	3.4	1.2

表 11-3-2 牛ふん堆肥区（施肥基準量の 1,000kg/10a）の施肥設計（少量区）

牛ふん堆肥	現物施用量g/pot	乾物施用量g	1a/2000ポット		
			g/ポット		
			窒素	リン酸	カリ
C/N比13	34	30	0.2	0.9	1.0
C/N比16	34	30	0.1	1.0	1.1
C/N比22	34	30	0.1	0.1	0.5
施肥基準量		g/ポット	0.5~0.75	0.6~0.75	0.5~0.75
		kg/10a	10~15	12~15	10~15

表 11-3-3 牛ふん堆肥区（窒素の施肥基準量を満たす施用量）の施肥設計（多量区）

牛ふん堆肥	窒素目標値	乾物施用量g	1a/2000ポット			現物施用量g/pot
			g/ポット			
			窒素	リン酸	カリ	
C/N比13	0.6	97	0.6	2.9	3.4	109
C/N比16	0.6	136	0.6	4.3	5.0	152
C/N比22	0.6	341	0.6	1.5	5.6	380

(2) 出芽・生育調査結果

① 出芽調査結果

ハウレンソウの出芽率を調べ、結果を図 11-2 に示しました。出芽率は C/N 比の高い堆肥の方が高くなりました。C/N 比の高い牛ふん堆肥は土壌の物理環境の改善し、ハウレンソウの出芽を高める効果が認められました。

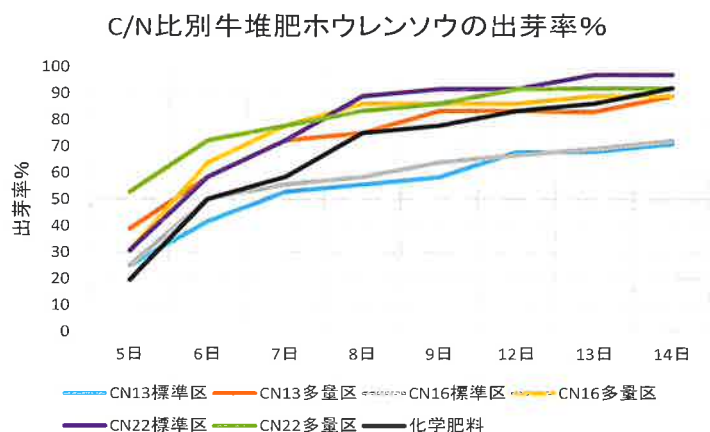


図 11-2 牛ふん堆肥栽培によるハウレンソウの出芽率の推移

②生育調査結果

出芽後のホウレンソウについて、生育状況（草丈、葉数、葉色）を調査しました。1回目が出芽後37日目、2回目が50日目です。草丈は最大葉の長さ、葉数は完全展開した葉数、葉色は葉緑素計 SPAD-502Plus（コニカミノルタ株式会社製）で測定した SPAD 値です。

C/N 比の異なる牛ふん堆肥 3 種類（C/N 比 13、16、22）を供試して栽培した野菜の生育は、C/N 比の低い 13 と 16 の方が C/N 比の高い 22 よりも優る傾向が認められました。また、C/N 比が 22 の牛ふん堆肥では生育後期で生育の抑制が認められました（図 11-3-1～図 11-3-3）。

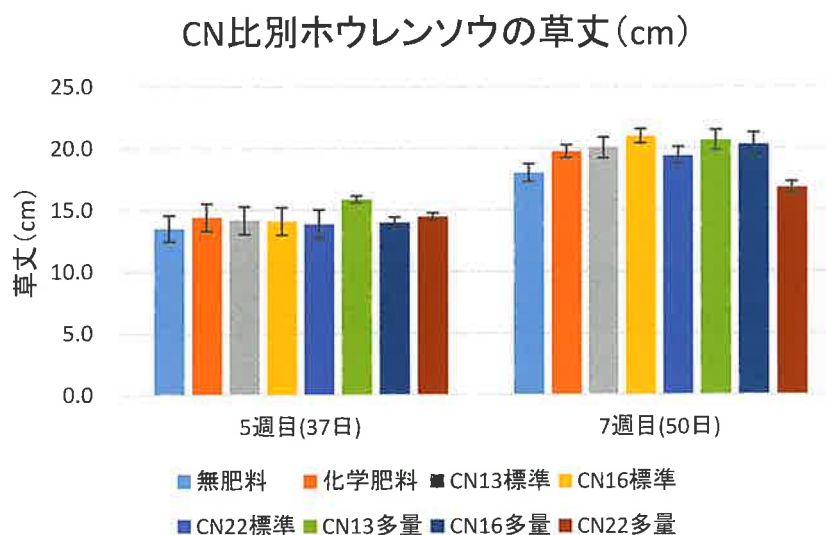


図 11-3-1 牛ふん堆肥で栽培したホウレンソウの生育（草丈）

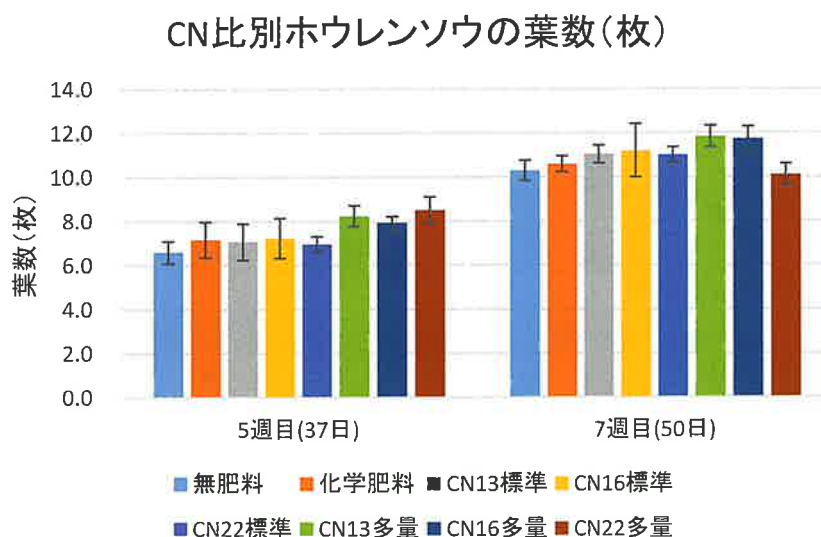


図 11-3-2 牛ふん堆肥で栽培したホウレンソウの生育（葉数）

CN比別ホウレンソウの葉色 (SPAD値)

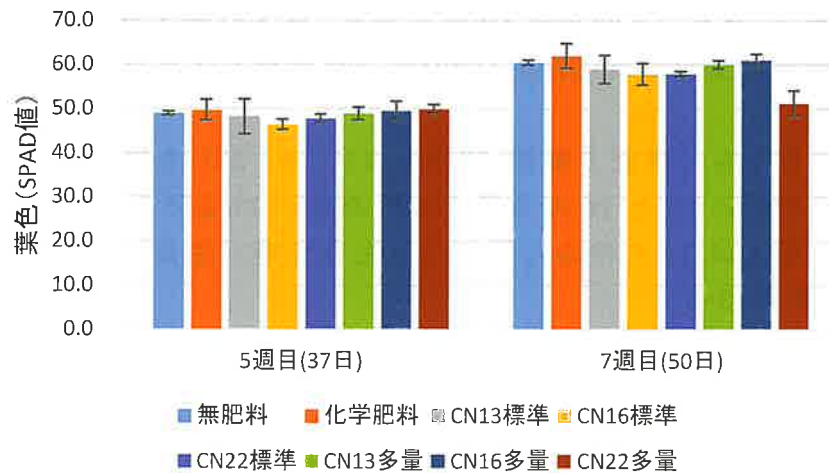


図 11-3-3 牛ふん堆肥で栽培したホウレンソウの生育状況

(3) 収穫調査結果

C/N 比の異なる牛ふん堆肥でポット栽培したホウレンソウについて、草丈がほぼ 20cm に達した出芽後 50 日目に収穫調査結果を行い、結果を表 11-4、図 11-4、図 11-5 に示しました。

C/N 比の異なる牛ふん堆肥 3 種類 (C/N 比 13、16、22) を供試して栽培した野菜の収量は、C/N 比の低い 13 と 16 方が高い 22 よりも優る傾向が認められました。

表 11-4 C/N 比の異なる牛ふん堆肥を施用したホウレンソウの収穫調査結果

試験区	草丈 cm	葉数 枚	葉色 SPAD値	生収量 g/ポット	乾物収量 g/ポット	乾物率 %	水分率 %
無肥料	18	10	61	82	10.2	12	88
化学肥料	20	11	62	94	12.3	13	87
CN13標準	20	11	59	105	13.3	13	87
CN16標準	21	11	58	113	13.9	12	88
CN22標準	19	11	58	97	11.2	12	88
CN13多量	21	12	60	122	16.1	13	87
CN16多量	20	12	61	120	14.0	12	88
CN22多量	17	10	51	88	11.0	13	87

Tukeyによる多重検定結果

試験区	草丈	葉数	葉色	生収量	乾物収量	乾物率	水分率
無肥料	ab	a	c	a	a	ab	ab
化学肥料	bc	a	c	ab	ab	ab	ab
CN13標準	bc	a	bc	b	b	ab	ab
CN16標準	c	a	ab	c	bc	ab	ab
CN22標準	bc	a	bc	b	a	a	b
CN13多量	c	a	bc	c	c	b	a
CN16多量	c	a	c	c	bc	a	b
CN22多量	a	a	a	a	a	ab	ab

注) 縦列の異なる文字間で5%の有意差あり

CN比別ハウレンソウの新鮮重(g/ポット)

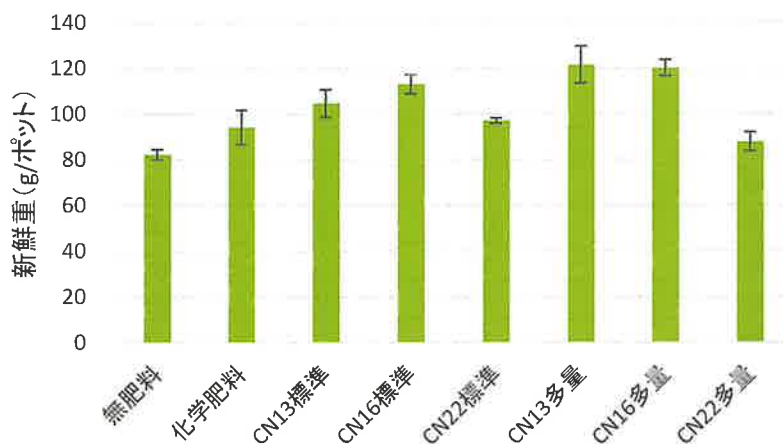


図 11-4 C/N 比の異なる牛ふん堆肥を施用したハウレンソウの収量（新鮮重）結果

CN比別ハウレンソウの乾物重および乾物率

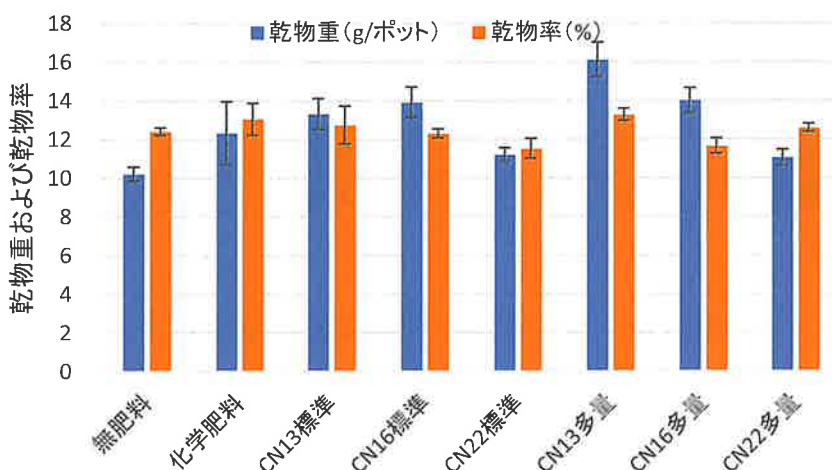


図 11-5 C/N 比の異なる牛ふん堆肥を施用したハウレンソウの乾物重と乾物率

(4) 成分濃度と吸収量結果

ハウレンソウによる成分吸収量を測定することで、堆肥の肥料効果を判断することができます。成分吸収量はハウレンソウの成分濃度に乾物重を乗じて算出しました。成分濃度の結果を表 11-5、成分吸収量の結果を表 11-6 と図 11-6 に示しました。

ハウレンソウの窒素濃度は少量区では差がみられませんでした。多量区では明らかに C/N 比の低い方が高い区よりも高くなりました。リン酸とカリ濃度は C/N 比の違いによる差はみられませんでした。

窒素、リン酸、カリの吸収量は C/N 比の低い (C/N 比 13 と 16) 牛ふん堆肥が多く、C/N 比の高い (C/N 比 22) 牛ふん堆肥は少ないでした。C/N 比 13 と 16 の牛ふん堆肥を比べると、少量区では差がみられませんでした。多量区では明らかに C/N 比 13 の方が 16 よりも多くなりました。このように、野菜栽培面からも C/N 比の低い堆肥の肥料効果が高いことが確認できました。

表 11-5 C/N 比の異なる牛ふん堆肥で栽培したホウレンソウの成分濃度

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
無肥料	5.1	0.8	12.2	1.0	2.4
化学肥料	5.2	0.9	12.0	0.9	2.5
CN13標準	4.8	1.0	12.1	0.8	2.2
CN16標準	4.6	1.0	11.8	0.7	2.2
CN22標準	4.5	0.9	12.1	0.8	2.3
CN13多量	5.1	1.3	13.1	0.8	2.6
CN16多量	4.5	1.0	12.4	0.9	2.3
CN22多量	2.9	1.0	12.3	1.2	1.8

表 11-6 C/N 比の異なる牛ふん堆肥で栽培したホウレンソウの成分吸収量

試験区	成分吸収量(mg/ポット)				
	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
無肥料	518	82	1,248	99	249
化学肥料	645	112	1,483	114	303
CN13標準	641	132	1,612	112	293
CN16標準	642	144	1,647	101	311
CN22標準	505	105	1,358	93	261
CN13多量	815	205	2,109	128	412
CN16多量	625	136	1,742	132	323
CN22多量	320	108	1,356	136	200

ホウレンソウの成分吸収量(mg/ポット)

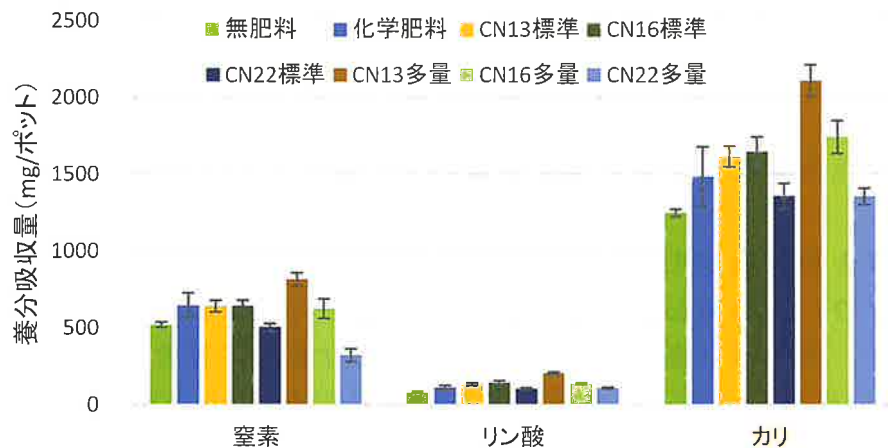


図 11-6 ホウレンソウの成分吸収量結果

3) まとめ

C/N 比の異なる 3 種類の牛ふん堆肥の品質特性、とくに肥効特性について化学分析と野菜の栽培面から検討しました。

- (1) 肥料成分の全量濃度には差がみられ、C/N 比 13 と 16 が高く、C/N 比 22 は低いでした。
- (2) 窒素、リン酸、カリの肥効率にも差がみられ、全量濃度の結果と同様に、C/N 比

13 と 16 が高く、22 は低くなりました。

(3) ポット栽培したホウレンソウの生育、収量、成分吸収量は C/N 比の低い堆肥の方が高いこと、逆に発芽率は C/N 比の高い堆肥の方が高いなど、C/N 比の違いによる品質特性に差異が認められました。

(4) 以上の結果から、C/N 比の低い牛ふん堆肥は肥料効果が、一方 C/N 比の高い牛ふん堆肥は土壌の物理環境の改善効果の高いことが明らかになりました。

12. C/N 比の異なる牛ふん堆肥を混合した肥料の試作とその肥効特性



ポイント

C/N 比の異なる牛ふん堆肥を混合した肥料を 3 種類試作しました。その試作肥料と混合した牛ふん堆肥について、化学分析や野菜栽培試験を通して両者の肥効特性を比較検討した結果、C/N 比の高い牛ふん堆肥を混合した肥料も低い牛ふん堆肥を混合した肥料と同等の肥料効果が得られることを明らかにしました。

1) 供試した牛ふん堆肥について

C/N 比の異なる 3 種類の牛ふん堆肥を収集しました。

C/N 比 11 は乳用牛堆肥で敷料は稲わらと戻し堆肥、C/N 比 20 は乳用牛と肉用牛堆肥の混合物で副資材はオガクズ、C/N 比 23 は乳用牛と肉用牛堆肥の混合物で副資材は木質チップです。含水率は C/N 比 11 の堆肥が 33%、C/N 比 20 の堆肥が 52%、C/N 比 23 の堆肥が 36%でした（写真 12-1）。

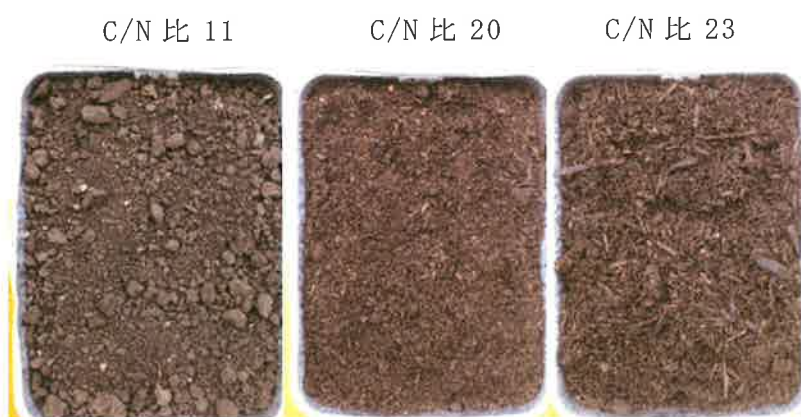


写真 12-1 試作肥料に混合した C/N 比の異なる 3 種類の牛ふん堆肥

(1) 牛ふん堆肥の成分分析結果

分析は粉碎・微粉碎した分析試料により、窒素は CN コーダーで、リン酸、カリ、石灰、苦土はマイクロ波式湿式分解装置で酸分解（分解液は硝酸とフッ化水素酸の混酸）したのち ICP 発光分光分析装置にて測定しました。

その結果を表 12-1 に示しました。窒素、リン酸、カリ濃度は全体として C/N 比 11 の牛ふん堆肥が最も高く、C/N 比 20 が続き、C/N 比 23 が最も低くなりま

した。この結果は「11. C/N比の異なる牛ふん堆肥の品質特性の解明」で紹介しました牛ふん堆肥と同様な結果でした。

表 12-1 C/N比の異なる3種類の牛ふん堆肥の成分分析結果

項目	単位	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥
C/N比		11	20	23
原料堆肥		乳牛ふん	乳肉牛ふん	乳肉牛ふん
副資材の種類		稲わら・戻し堆肥	オガクズ	木質チップ
水分	現物%	33	52	36
灰分	乾物%	42	22	15
pH		7.9	9.3	7.7
EC	mS/cm	6.2	5.8	4.9
窒素	乾物%	2.7	2.0	1.9
アンモニア性窒素	乾物%	0.5	0.5	0.2
炭素	乾物%	29	41	43
C/N比		11	20	23
リン酸	乾物%	4.8	3.0	2.3
<溶性リン酸	乾物%	4.1	2.6	1.8
カリ	乾物%	3.2	4.4	2.8
<溶性カリ	乾物%	3.0	4.3	2.6
石灰	乾物%	9.0	3.9	2.5
苦土	乾物%	3.4	1.9	1.0

(2) 牛ふん堆肥の窒素、リン酸、カリの推定肥効率

3種類の牛ふん堆肥の窒素、リン酸、カリの推定肥効率の結果を表 12-2 に示しました。測定は、「9. 3) 混合堆肥複合肥料と堆肥の肥効特性」の項目で記述しました方法により行いました。

その結果、窒素の肥効率はC/N比20の牛ふん堆肥が最も高く、C/N比11とC/N比23の牛ふん堆肥は差がみられませんでした。リン酸とカリも窒素と同様な結果でしたが、C/N比23の低下は窒素ほど大きくありませんでした。

表 12-2 C/N比の異なる3種類の牛ふん堆肥の窒素、リン酸、カリの推定肥効率

項目	項目	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥
C/N比		11	20	23
原料堆肥		乳牛ふん	乳肉牛ふん	乳肉牛ふん
副資材の種類		稲わら・戻し堆肥	オガクズ	木質チップ
推定肥効率%	窒素	22	37	23
	リン酸	85	87	78
	カリ	94	98	93

注) 窒素の推定肥効率は埋設試験90日目より、
リン酸とカリの推定肥効率は2%クエン酸によるく溶率より求めた。

(3) 牛ふん堆肥の窒素無機化量及び窒素供給パターン

3種類の牛ふん堆肥の窒素供給量の推移を図 12-1 に、窒素供給パターンの結果を図 12-2 に示しました。

その結果、窒素供給量はC/N比11の牛ふん堆肥が高く、C/N比20と22の牛

ふん堆肥は低いこと、C/N 比 11 の窒素は 30 日以降一定値で推移したのに対し、C/N 比 20 と 22 の窒素の供給パターンは 30 日から 60 日にかけて低下し、60 日から 90 日にかけてやや増加傾向を示しました。この結果は「8. 3) 混合堆肥複合肥料と堆肥の肥効特性」で得られた結果とほぼ同様でした。

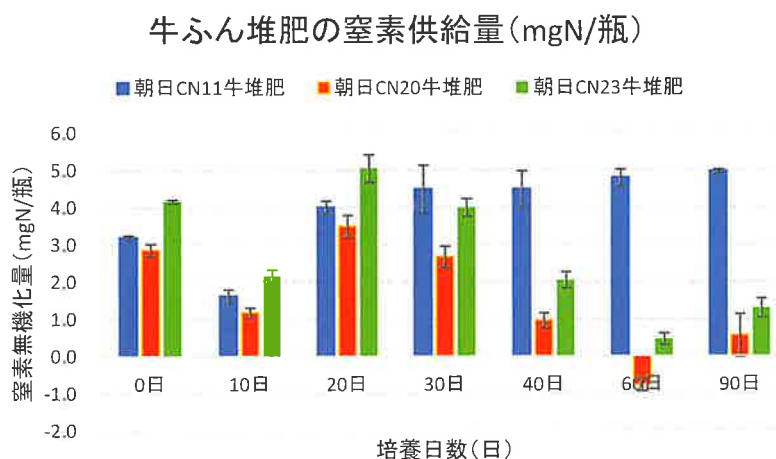


図 12-1 C/N 比の異なる牛ふん堆肥の窒素供給量の推移

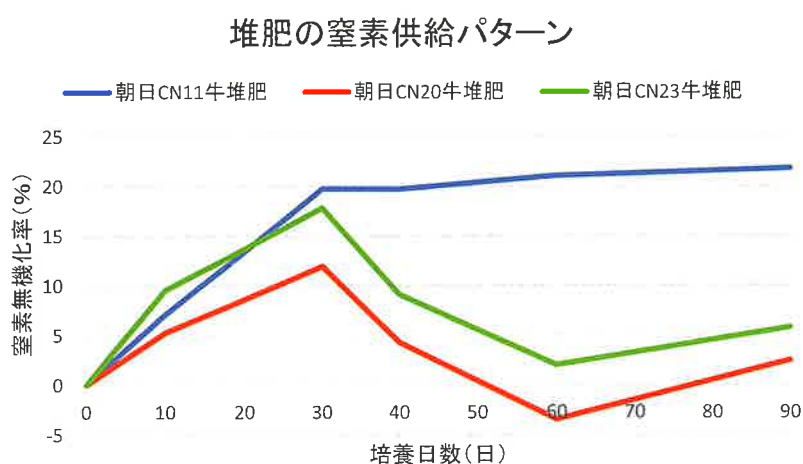


図 12-2 3 種類の牛ふん堆肥の窒素供給パターン

2) 試作肥料の製造法

(1) 試作肥料を製造した肥料メーカー

試作肥料の製造は「朝日アグリア株式会社」に委託しました。

(2) 試作肥料の製品目標

目標とする試作肥料の成分濃度は窒素 6%、リン酸 4%、カリ 4%に、仕上がりの含水率は 3~5%を目標としました。また、試作する混合肥料は、野菜栽培試験の委託先の要望により特別栽培対応の肥料としました。特別栽培対応肥料とは窒素成分の 50%が有機・天然物に由来する肥料です。

(3) 試作肥料の調製に供試した資材類

試作肥料を調製するために、1)に示したC/N比の異なる3種類の牛ふん堆肥のほかに、ひまし油かす、米ぬか、パーム灰の有機資材に加えて、尿素、硫酸アンモニア、過リン酸石灰、石こう（粒状化促進材）を用いました。試作肥料の製造に必要な設計書はすべて肥料メーカーで作成していただきました（表12-3）。

表12-3 牛ふん堆肥を混合した3種類の「混合堆肥肥料」の試作へ向けた設計案（朝日アグリア株式会社）（緑色の資材が有機・天然系、黄色の資材が化学肥料）

指定混合肥料の種類	C/N比11牛堆肥指定混合			C/N比20牛堆肥指定混合			C/N比23牛堆肥指定混合		
	設計成分量(%)			設計成分量(%)			設計成分量(%)		
原料の種類 成分含有量	TN	TP	TK	TN	TP	TK	TN	TP	TK
牛ふん堆肥									
TN:1.5 TP:2.3 TK:1.9 C/N:13 Mois:35.0	0.6	0.92	0.76						
TN:1.2 TP:2.0 TK:2.6 C/N:20 Mois:35.0				0.48	0.8	1.04			
TN:1.1 TP:1.3 TK:1.9 C/N:25 Mois:35.0							0.44	0.52	0.76
ひまし油かす及びその粉末 TN:8.0 TP:3.0 TK:1.0 Mois:10.0	2.04	0.76	0.25	2.16	0.81	0.27	2.2	0.82	0.27
米ぬか TN:2.0 TP:4.0 TK:1.0 Mois:10.0	0.36	0.72	0.18	0.36	0.72	0.18	0.36	0.72	0.18
副産複合肥料(ハーム) CP:2.0 CK:32.0 WK:25.0 CMg:3.0 Mois:10.0	0	0.17	2.81	0	0.15	2.52	0	0.17	2.81
尿素 TN:46.0	1.38			1.38			1.38		
硫酸アンモニア AN:21.0	1.61			1.61			1.61		
過石 SP:17.0 WP:14.0 Mois:10.0		1.44			1.53			1.78	
石膏									
混合設計成分量(%)	5.99	4.01	4.00	5.99	4.01	4.01	5.99	4.01	4.02
製品設計成分量(%)	5.99	4.01	4.00	5.99	4.01	4.01	5.99	4.01	4.02
保証成分量(%)	6	4	4	6	4	4	6	4	4
有機・天然割合(%)	50	64	100	50	62	100	50	56	100

注) 特別栽培対応の肥料は窒素の50%以上が有機・天然成分由来であること。

(4) 試作肥料の製造方法

試作肥料の製造方法を図12-3に示しました。

製造工程の流れは、①原料の計量、②粉砕、③配合、④造粒（必要に応じて加水）、⑤乾燥、⑥冷却、⑦ふるい分け、⑧袋詰めとなっています。家畜ふん堆肥の混合割合は一般的に30%から50%の間となっていますが、本試作肥料は特別栽培に対応した肥料とするため、窒素成分の有機割合（堆肥、油かす、米ぬか）を50%としました。

造粒方式はディスクダイ式ロール型の押し出し造粒機によるもので、ペレットサイズは4mm程度となっています。造粒後ロータリーキルン方式で乾燥させたのち冷却し、篩にかけて造粒を選別し袋詰めしました。

【製造工程】

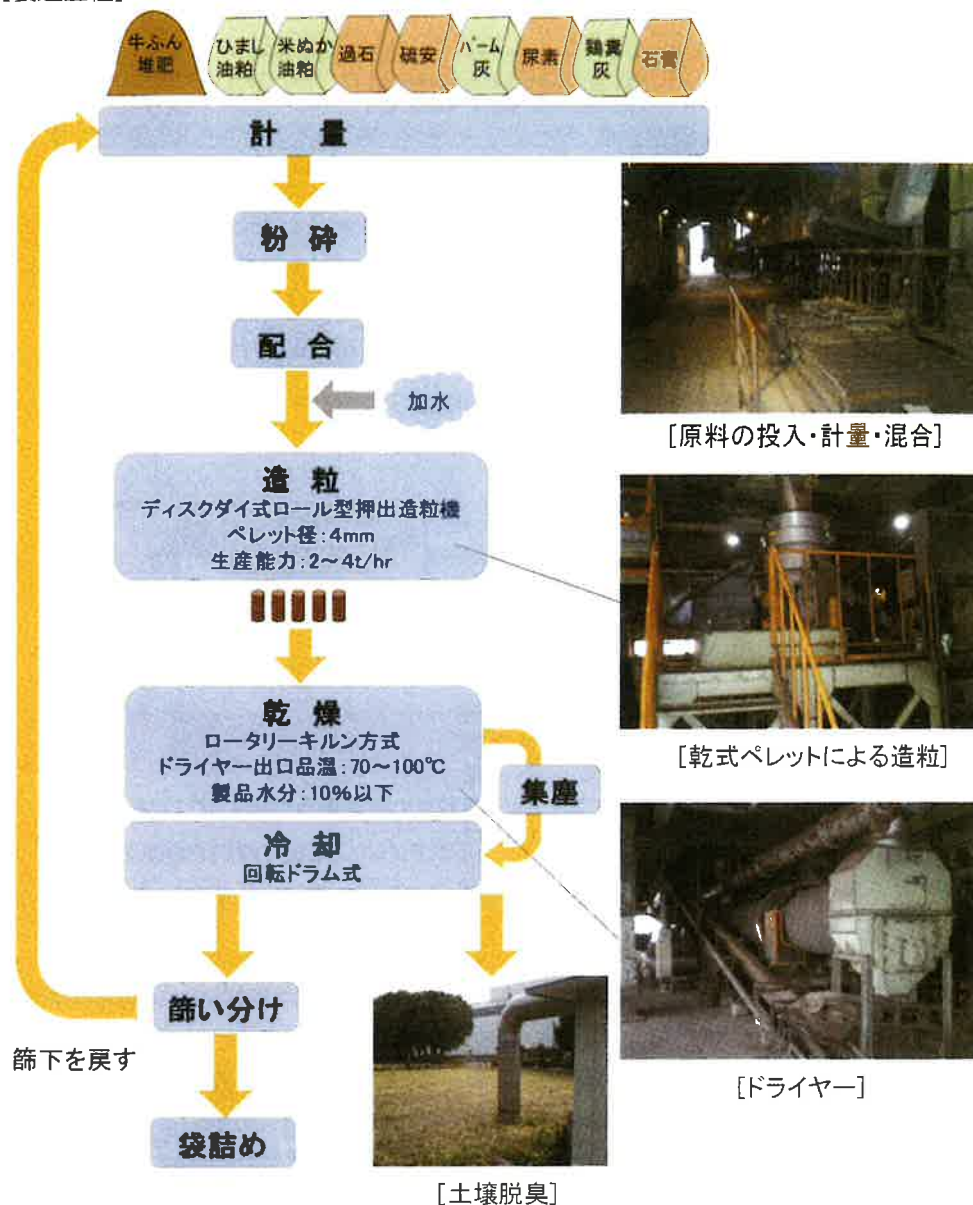


図 12-3 試作肥料の製造方法

(本図は、農林水産省委託プロジェクト技術マニュアル「混合堆肥複合肥料の製造とその利用」、2020年3月31日 農研機構発行 44頁より転載しました)

(5) 試作肥料の届け出について

C/N比の異なる3種類の試作肥料は、12月に法律改正で新設された「指定混合肥料」として届け出をしました。この肥料を供試した栽培試験を平凡野菜にて実施することから、届け出の必要性があったためです。届け出した試作肥料の保証票を表12-4に示しました。

表 12-4 試作肥料の保証票（朝日アグリア株式会社）

特殊肥料等入り指定混合肥料 生産業者保証票	
肥料の名称	堆肥・有機入り644号
原料の種類及び配合割合	保証票の下欄に記載の通り
正味重量	20キログラム
生産した年月	2021年9月
生産業者の氏名又は名称及び住所	朝 日 ア グ リ ア 株 式 会 社 埼 玉 県 児 玉 郡 神 川 町 渡 瀬 2 2 2 番 地 生産した事業場の名称及び所在地 AST

主要な成分の含有量(%)	
窒素全量	6.0
内アンモニア性窒素	1.5
りん酸全量	4.3
内く溶性りん酸	3.3
内水溶性りん酸	1.3
加里全量	4.4
内く溶性加里	4.3
内水溶性加里	4.0
く溶性苦土	1.4
(特殊肥料等入り指定混合肥料又は土壌改良資材入り指定混合肥料の原料) 普通肥料(肥料の品質の確保等に関する法律第4条第1項第3号に掲げるものを除く。) (4割): 植物質類、過りん酸石灰、硫酸アンモニア、副産複合肥料、尿素 特殊肥料(5割): 堆肥〔牛ふん、おがくず〕、米ぬか 備考: 1 重量割合の大きい順である。 2 []内は堆肥の原料である。	

3) 試作肥料の肥効特性の比較検討

C/N比の異なる3種類の試作肥料と混合した牛ふん堆肥の肥効特性について、化学分析、土中埋設試験による炭素・窒素の分解、瓶培養試験による窒素供給量・供給パターン、栽培面から比較検討しましたので、以下紹介します。

(1) 化学分析による試作肥料の肥効確認

① 試作肥料の形状について

市販されている混合堆肥複合肥料の製品形状にはペレットタイプと粒状タイプの2種類がありますが、試作した肥料はペレットタイプです。混合堆肥複合肥料の現物を写真 12-2 に示しました。

C/N11 試作肥料 C/N20 試作肥料 C/N23 試作肥料



写真 12-2 C/N 比の異なる 3 種類の牛ふん堆肥を混合した試作肥料の製品形状

②試作肥料の成分分析結果

C/N 比の異なる牛ふん堆肥を混合した試作肥料の分析結果を表 12-5 に牛ふん堆肥の分析結果を表 12-6 に示しました。

試作肥料の窒素濃度は目標値が 6% で、分析値はすべて 6% を超えていました。リン酸濃度は目標値が 4% で、分析値は 5% を超えていました。カリ濃度は目標値が 4% で、分析値は 6% を超えていました。このように、試作肥料の成分分析値は目標値を満足しており、目標の試作肥料が調製できました。

一方、混合した牛ふん堆肥の窒素濃度は C/N 比 11 が 2.7% と最も高く、C/N 比 20 が 2.0% と続き、C/N 比 23 は 1.9% と最も低かった。リン酸濃度は窒素と同様の傾向であった。カリ濃度は C/N 比 20 が最も高く、C/N 比 11 と 23 はほぼ同濃度であった。

表 12-5 C/N 比の異なる牛ふん堆肥を混合した試作肥料の分析結果

項目	単位	CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料
成分値		特裁対応6-5-5	特裁対応6-5-5	特裁対応6-5-5
原料堆肥		CN11牛ふん堆肥	CN20牛ふん堆肥	CN23牛ふん堆肥
副資材の種類		朝日アグリア(株)	朝日アグリア(株)	朝日アグリア(株)
水分	現物%	5.9	5.5	6.3
灰分	乾物%	36.7	28.2	27.7
pH		6.4	6.2	6.4
EC	mS/cm	18.8	15.3	16.5
窒素	乾物%	6.0	6.1	6.2
アンモニア性窒素	乾物%	2.0	2.1	2.3
炭素	乾物%	28.6	32.8	32.5
C/N比		4.8	5.4	5.2
リン酸	乾物%	5.6	5.1	5.4
<溶性リン酸	乾物%	4.7	4.5	4.6
カリ	乾物%	6.4	6.2	6.1
<溶性カリ	乾物%	5.3	5.2	5.1
石灰	乾物%	7.3	5.3	5.7
苦土	乾物%	2.4	1.8	1.6

表 12-6 C/N 比の異なる牛ふん堆肥の分析結果

項目	単位	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥
C/N比		11	20	23
原料堆肥		乳牛ふん	乳肉牛ふん	乳肉牛ふん
副資材の種類		稲わら・戻し堆肥	オガクズ	木質チップ
水分	現物%	33	52	36
灰分	乾物%	42	22	15
pH		7.9	9.3	7.7
EC	mS/cm	6.2	5.8	4.9
窒素	乾物%	2.7	2.0	1.9
アンモニア性窒素	乾物%	0.5	0.5	0.2
炭素	乾物%	29	41	43
C/N比		11	20	23
リン酸	乾物%	4.8	3.0	2.3
＜溶性リン酸	乾物%	4.1	2.6	1.8
カリ	乾物%	3.2	4.4	2.8
＜溶性カリ	乾物%	3.0	4.3	2.6
石灰	乾物%	9.0	3.9	2.5
苦土	乾物%	3.4	1.9	1.0

③ 試作肥料の窒素、リン酸、カリの推定肥効率

C/N 比の異なる試作肥料の窒素、リン酸、カリの推定肥効率を表 12-7 に牛ふん堆肥のそれを表 12-8 に示しました。

試作肥料の窒素の推定肥効率は 84～89%、リン酸の肥効率は 84～88%、カリの肥効率は 83～84% と高く、試作肥料間で差は認められませんでした。一方、牛ふん堆肥の窒素の推定肥効率は 22～37% で、試作肥料のほぼ 1/4～1/3 と低いでした。リン酸の肥効率は 78～87% で試作肥料と同等に高いでした。カリの肥効率は 93～98% で、試作肥料と同等以上と高いでした。

表 12-7 試作肥料の窒素、リン酸、カリの推定肥効率

項目	項目	CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料
成分値		特裁対応6-5-5	特裁対応6-5-5	特裁対応6-5-5
原料堆肥		CN11牛ふん堆肥	CN20牛ふん堆肥	CN23牛ふん堆肥
副資材の種類		朝日アグリア(株)	朝日アグリア(株)	朝日アグリア(株)
推定肥効率%	窒素	87	89	84
	リン酸	84	88	85
	カリ	83	84	84

注) 窒素の推定肥効率は埋設試験90日目より、
リン酸とカリの推定肥効率は2%クエン酸によるく溶率より求めた。

表 12-8 牛ふん堆肥の窒素、リン酸、カリの推定肥効率

項目	項目	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥	牛ふん堆肥
C/N比		11	20	23
原料堆肥		乳牛ふん	乳肉牛ふん	乳肉牛ふん
副資材の種類		稲わら・戻し堆肥	オガクズ	木質チップ
推定肥効率%	窒素	22	37	23
	リン酸	85	87	78
	カリ	94	98	93

(2) 土中埋設試験による窒素の分解について

C/N比の異なる試作肥料の炭素と窒素の分解率を表 12-9 に牛ふん堆肥のそれを表 12-10 に示しました。

試作肥料の窒素の分解率は 15 日まで約 60%と最も高く、その後緩やかに増加し、60 日に 84~89%に達しました。試作肥料間の差は 15、30 日にはややみられましたが、60 日にはほとんどみられませんでした。窒素と比べて炭素の分解率はいずれの日も低く、窒素の分解が優先していました。このような結果は、課題(1) 肥効特性の解明に示した市販の混合堆肥複合肥料の結果と同様でした。

一方、牛ふん堆肥の窒素の分解率は 30 日までは上昇したものの、60 日には低下する傾向を示し、60 日の分解率は 12~19%と試作肥料よりもかなり低い値となりました。窒素と比べて炭素の分解率は 60 日には窒素よりも優っていました。

表 12-9 埋設試験による試作肥料の炭素、窒素の分解率結果

成分	肥料	減少率(%)		
		15日	30日	60日
炭素	CN11試作肥料	53	61	63
	CN20試作肥料	48	59	61
	CN23試作肥料	42	50	55
窒素	CN11試作肥料	66	79	87
	CN20試作肥料	64	77	89
	CN23試作肥料	59	68	84

注1) 減少量は0日目の存在量から各期日での存在量を差し引いた値

注2) 減少率(%)は、減少量(g) × 100 / 0日目の存在量(g)より算出

表 12-10 埋設試験による C/N比の異なる牛ふん堆肥の炭素、窒素の分解率結果

成分	肥料	減少率(%)		
		15日	30日	60日
炭素	CN11牛ふん堆肥	5	12	43
	CN20牛ふん堆肥	11	20	46
	CN23牛ふん堆肥	26	29	48
窒素	CN11牛ふん堆肥	21	27	18
	CN20牛ふん堆肥	32	44	19
	CN23牛ふん堆肥	43	48	12

注1) 減少量は0日目の存在量から各期日での存在量を差し引いた値

注2) 減少率(%)は、減少量(g) × 100 / 0日目の存在量(g)より算出

(3) 瓶培養法による窒素供給量、窒素供給パターンについて

C/N 比の異なる試作肥料の窒素供給量の推移を図 12-4、窒素供給パターンを図 12-5 に、牛ふん堆肥のそれらを図 12-6 と図 12-7 に示しました。

試作肥料の窒素供給量の推移は 3 種類とも培養日数とともに右肩上がりに増加しました。窒素供給量は C/N 比 23 > C/N 比 20 > C/N 比 11 の順となりました。窒素供給パターンは単純増加型（もしくはリニア型）と判定されました。

一方、牛ふん堆肥の窒素供給量は二つのパターンに分かれました。C/N 比 11 は培養日数とともに一定の値で推移して低下しませんでしたでしたが、C/N 比 20 と 23 は 30 日までは上昇したものの、60 日には低下し、90 日は再び上昇するパターンとなりました。

試作肥料の窒素供給量(mgN/瓶)

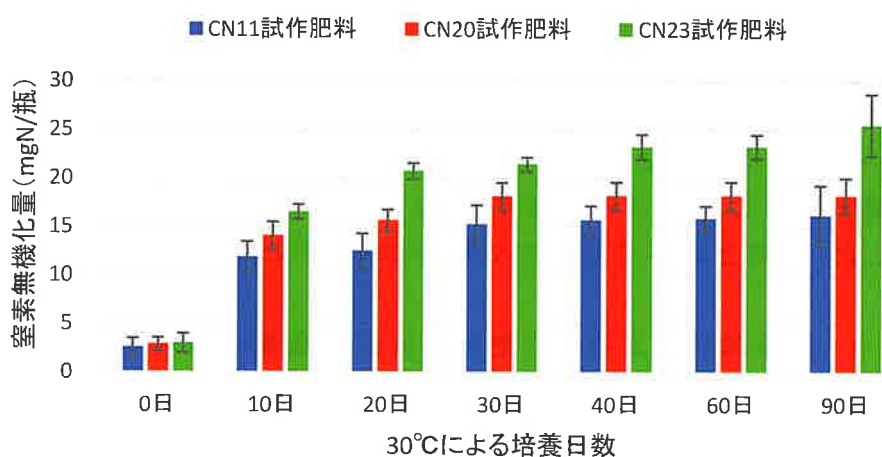


図 12-4 試作肥料の窒素供給量の推移

試作肥料の窒素供給パターン

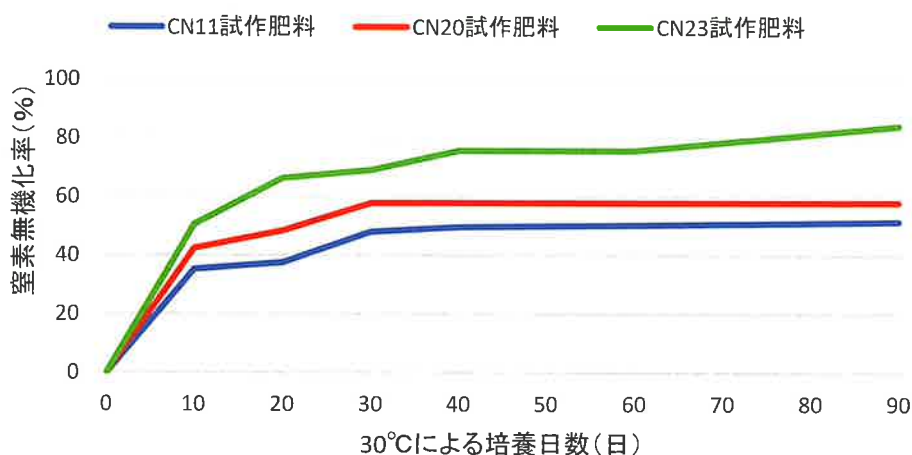


図 12-5 瓶培養法による試作肥料の窒素供給パターン

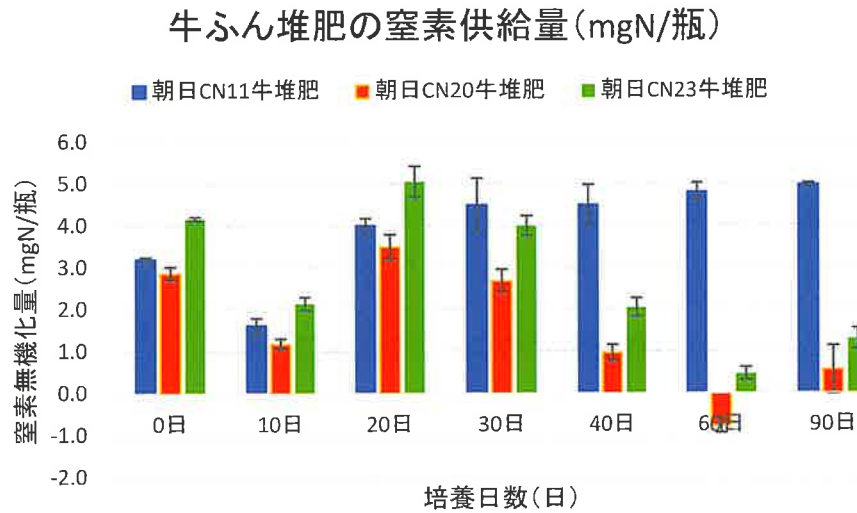


図 12-6 C/N 比の異なる牛ふん堆肥の窒素供給量の推移

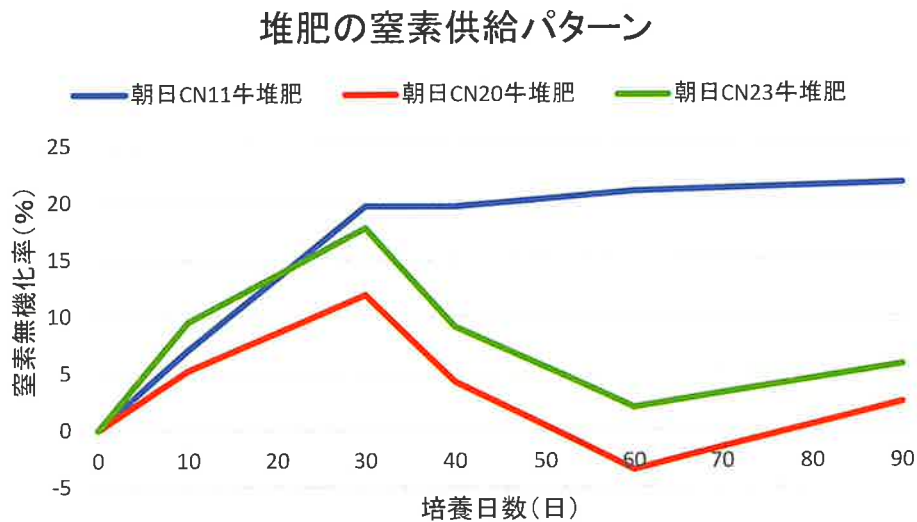


図 12-7 瓶培養法による C/N 比の異なる牛ふん堆肥の窒素供給パターン

(4) 野菜栽培による肥効確認について

これまで化学分析、土中埋設試験による炭素・窒素の分解、瓶培養試験による窒素供給量・供給パターンの面から比較検討してきましたが、栽培面からも同じ検討を行いましたので、以下紹介します。

① ホウレンソウの出芽、生育経過（出芽率のデータは省略しました）

C/N 比の異なる試作肥料で栽培したホウレンソウの草丈を図 12-8 に、牛ふん堆肥のそれを図 12-9 に示しました。試作肥料区の出芽率は C/N 比の違いにかかわらず良好でした。生育経過（草丈のみ表示、葉数と葉色は省略）をみると、試作肥料区の生育は 4 週目（28 日）、6 週目（43 日）ともにほとんど差がなく、化学肥料区と同様に順調に生育していました。

一方、牛ふん堆肥標準量区の出芽率は C/N 比の違いにかかわらず化学肥料区より高く推移し、出芽は良好でした。生育経過（草丈のみ表示、葉数と葉色は省略）をみると、牛ふん堆肥区の生育は播種後 4 週目（28 日）までは各処理区ともほとんど差がなく生育していましたが、6 週目（43 日）以降になると、C/N 比 11 の生育に比べて 20 と 23 の堆肥では劣っていました。すなわち、C/N 比 20 と 23 の堆肥では生育中期から収穫期にかけてやや生育の停滞が認められました。

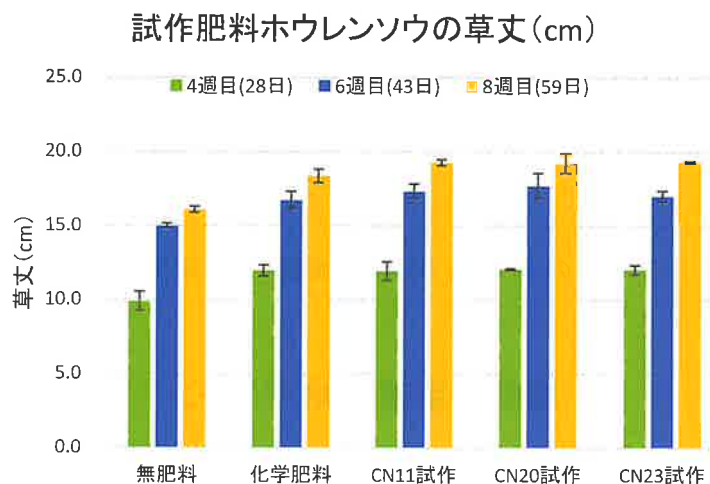


図 12-8 C/N 比の異なる試作肥料でポット栽培したホウレンソウの生育経過
注) 草丈のほか葉数や葉色 (SPAD 値) も測定しましたが、草丈と同様な結果であったので省略しました。

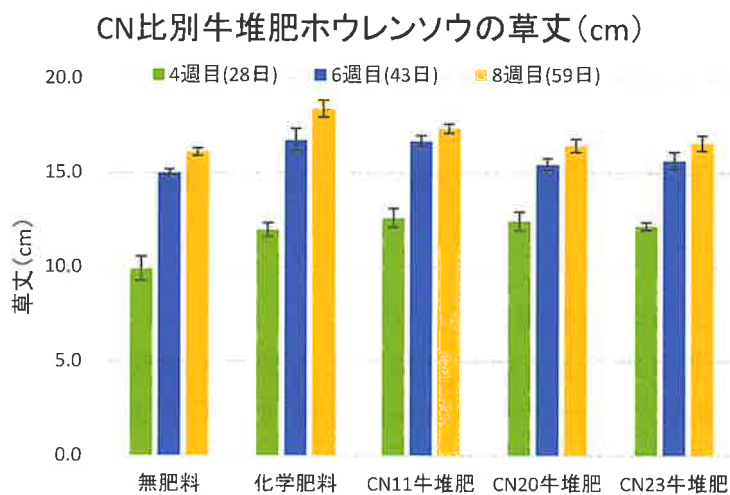


図 12-9 C/N 比の異なる牛ふん堆肥でポット栽培したホウレンソウの生育経過
注) 図 12-8 と同じ

②ホウレンソウの収穫調査結果

C/N 比の異なる試作肥料で栽培したホウレンソウの収穫調査結果を表 12-11 に、牛ふん堆肥のそれを表 12-12 に示しました。また、収穫直前に撮影したホウ

レンソウの生育状況を写真 12-1（試作肥料）と写真 12-2（牛ふん堆肥）に示しました。

試作肥料区の新鮮重の結果をみると、C/N 比の違いにかかわらず化学肥料区と同等でした。乾物重の結果も新鮮重と同様の結果でした。したがって試作肥料間では有意差は認められませんでした。

一方、牛ふん堆肥標準量区の新鮮重の結果をみると、C/N 比 11 が最も高く、C/N 比 20 が続き、C/N 比 23 が最も低いでした。乾物重の結果も新鮮重と同様の結果でしたが、新鮮重も乾物重も牛ふん堆肥間では有意差は認められませんでした。

表 12-11 試作肥料でポット栽培したハウレンソウの収穫調査結果

試験区	草丈 cm	葉数 枚	葉色 SPAD値	新鮮重 g/ポット	乾物重 g/ポット	乾物率 %	水分率 %
無肥料	16.1	11.8	53	65	10.2	15.6	84.4
化学肥料	18.4	15.4	65	130	18.6	14.3	85.7
CN11試作肥料	19.3	15.3	64	130	17.6	13.6	86.4
CN20試作肥料	19.2	15.3	63	139	18.6	13.4	86.6
CN23試作肥料	19.3	15.5	63	133	17.9	13.5	86.5

Tukeyによる多重検定結果

試験区	草丈	葉数	葉色	新鮮重	乾物重	乾物率	水分率
無肥料	a	a	a	a	a	c	a
化学肥料	b	b	b	b	b	b	b
CN11試作肥料	b	b	b	b	b	a	c
CN20試作肥料	b	b	b	b	b	a	c
CN23試作肥料	b	b	b	b	b	a	c

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

無肥料区

化学肥料区



CN11 試作肥料

CN20 試作肥料

CN23 試作肥料



写真 12-1 収穫調査直前に撮影した試作肥料による栽培ハウレンソウの生育状況

表 12-12 混合した牛ふん堆肥でポット栽培したホウレンソウの収穫調査結果

試験区	草丈 cm	葉数 枚	葉色 SPAD値	新鮮重 g/ポット	乾物重 g/ポット	乾物率 %	水分率 %
無肥料	16.1	11.8	53	65	10.2	15.6	84.4
化学肥料	18.4	15.4	65	130	18.6	14.3	85.7
CN11牛堆肥・標準	17.3	11.7	50	92	12.8	13.9	86.1
CN20牛堆肥・標準	16.4	11.6	50	87	12.6	14.4	85.6
CN23牛堆肥・標準	16.6	11.3	50	81	12.3	15.1	84.9
Tukeyによる多重検定結果							
試験区	草丈	葉数	葉色	新鮮重	乾物重	乾物率	水分率
無肥料	a	a	a	a	a	b	a
化学肥料	c	b	b	c	c	a	b
CN11牛堆肥・標準	b	a	a	b	b	a	b
CN20牛堆肥・標準	ab	a	a	b	b	a	b
CN23牛堆肥・標準	ab	a	a	ab	ab	ab	ab

注) 生収量は調整重、縦列の異文字間で5%の有意差あり



写真 12-2 収穫調査直前に撮影した牛ふん堆肥による栽培ホウレンソウの生育状況

③成分吸収量結果

C/N比の異なる試作肥料で栽培したホウレンソウの成分吸収量結果を表 12-13 に、牛ふん堆肥のそれを表 12-14 に示しました。また、栽培試験から求めた窒素、リン酸、カリの肥効率の結果を表 12-15 に示しました。

試作肥料区の成分吸収量をみると、窒素は化学肥料区より少ないでしたが、リン酸とカリの吸収量は化学肥料区と同等で、C/N比の違いによる差はみられませんでした(表 12-13)。成分吸収量の結果から、ホウレンソウによる施肥成分の吸収利用率を算出した結果、窒素はほぼ 60%、リン酸は 7~9%、カリは 90~100%が利用されていました。化学肥料区の利用率を 100 としたときの利用率、すなわち肥効率は窒素が約 80%、リン酸が 100%、カリが 80%強となり、窒素とカリは推定肥効率にほぼ近い数値でした(表 12-15)。

一方、牛ふん堆肥標準量区の養分吸収量をみると、窒素とリン酸の吸収量は C/N比 11 が最も高く、C/N比 20 が続き、C/N比 23 が最も少ない傾向を示しましたが、統計的な有意差は認められませんでした(表 12-14)。

表 12-13 試作肥料でポット栽培したハウレンソウの成分吸収量結果

試験区	成分吸収量(mg/ポット)				
	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
無肥料	305	90	847	89	207
化学肥料	845	138	1,655	157	492
CN11試作肥料	693	140	1,560	151	453
CN20試作肥料	722	145	1,663	157	478
CN23試作肥料	720	137	1,569	157	471

Tukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
化学肥料	c	b	b	b	b
CN11試作肥料	b	b	b	b	b
CN20試作肥料	b	b	b	b	b
CN23試作肥料	b	b	b	b	b

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 12-14 混合した牛ふん堆肥でポット栽培したハウレンソウの成分吸収量結果

試験区	成分吸収量(mg/ポット)				
	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
無肥料	305	90	847	89	207
化学肥料	845	133	1,655	157	492
CN11牛堆肥	324	130	1,128	129	252
CN20牛堆肥	314	118	1,148	116	237
CN23牛堆肥	305	117	1,055	128	245

Tukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
無肥料	a	a	a	a	a
化学肥料	b	b	c	b	b
CN11牛堆肥	a	b	b	ab	ab
CN20牛堆肥	a	b	b	ab	ab
CN23牛堆肥	a	b	ab	ab	ab

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 12-15 試作肥料成分のハウレンソウによる吸収率と利用率から求めた推定肥効率

試験区	ハウレンソウによる吸収利用率(%)			利用率から算出した肥効率(%)		
	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
CN11試作肥料	55	7.6	90	72	103	78
CN20試作肥料	60	9.0	103	77	121	89
CN23試作肥料	59	7.6	93	77	103	80
化学肥料	77	7.4	115	100	100	100

注)吸収利用率は、100*(処理区の吸収量-無肥料区の吸収量)/施肥量より求めた。

④ 土壌の化学性結果

C/N比の異なる試作肥料で栽培したハウレンソウの跡土分析結果を表 12-15 に、牛ふん堆肥のそれを表 12-16 に示しました。

試作肥料栽培跡地土壌の陽イオン交換容量や苦土/カリ比は開始土壌よりも高く、可給態リン酸や塩基類の飽和度は低くなりました。pH、EC、有機物、窒素

濃度は開始土壌と変わりませんでした。試作肥料の C/N 比による差はほとんど見られませんでした。

一方、牛ふん堆肥栽培跡土の分析結果は、試作肥料と同様に、可給態リン酸や塩基類の飽和度は開始土壌よりも低くなりましたが、pH、EC、有機物、窒素濃度は開始土壌と変わりませんでした。牛ふん堆肥の C/N 比による差もほとんど見られませんでした。

表 12-15 試作肥料によるポット栽培ホウレンソウの跡土分析結果

項目	単位	福島県土壌改良目標値	開始土壌	ホウレンソウ栽培跡地土壌				
				無肥料	化学肥料	CN11試作	CN20試作	CN23試作
pH	H ₂ O	6.0~6.5	6.2	6.5	6.4	6.3	6.4	6.4
EC	mS/cm	-	0.28	0.24	0.32	0.33	0.27	0.27
有機物(腐植)	乾土%	2以上	11	12	12	12	12	12
窒素		-	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.43
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	22	11	12	13	13	12
石灰飽和度	%	50~70	48	41	40	39	39	38
苦土飽和度		15~20	19	14	15	16	16	16
加里飽和度		2~10	2	1	1	1	1	1
塩基飽和度		70~90	69	57	56	56	56	55
CEC	meq/100g乾土	15以上	36	41	41	41	40	41
石灰/苦土比	当量比	6以下	2.5	2.9	2.6	2.4	2.4	2.3
苦土/加里比		2以上	8.2	12.2	13.7	14.5	14.4	14.2
交換性石灰	mg/100g乾土	-	481	471	457	448	438	438
交換性苦土		-	138	118	127	135	133	134
交換性加里		-	40	23	22	22	22	22

表 12-16 混合した牛ふん堆肥による栽培ホウレンソウの跡土分析結果

項目	単位	福島県土壌改良目標値	開始土壌	ホウレンソウ栽培跡地土壌				
				無肥料	化学肥料	CN11牛堆肥	CN20牛堆肥	CN23牛堆肥
pH	H ₂ O	6.0~6.5	6.2	6.5	6.4	6.4	6.4	6.5
EC	mS/cm	-	0.28	0.24	0.32	0.27	0.28	0.27
有機物(腐植)	乾土%	2以上	11	12	12	12	12	12
窒素		-	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	22	11	12	12	14	15
石灰飽和度	%	50~70	48	41	40	40	40	44
苦土飽和度		15~20	19	14	15	17	18	20
加里飽和度		2~10	2	1	1	1	1	2
塩基飽和度		70~90	69	57	56	58	59	65
CEC	meq/100g乾土	15以上	36	41	41	41	40	40
石灰/苦土比	当量比	6以下	2.5	2.9	2.6	2.4	2.3	2.2
苦土/加里比		2以上	8.2	12.2	13.7	16.1	15.3	12.8
交換性石灰	mg/100g乾土	-	481	471	457	457	448	485
交換性苦土		-	138	118	127	138	141	156
交換性加里		-	40	23	22	20	22	29

⑤栽培試験からみた総合評価

試作肥料の肥効特性について、ハウレンソウの出芽、生育経過、収量、成分吸収量の結果を総合して評価しました。C/N比の異なる試作肥料で栽培したハウレンソウの生育、収量、成分吸収量はC/N比の違いに係わらず差が見られないこと、試作肥料の肥料効果は化学肥料と差が見られないことから、C/N比が15以上の牛ふん堆肥（本試験では20と23）を混合した試作肥料も15以下の試作肥料に劣らず肥料効果が十分に発揮されることが明らかになりました。

一方、C/N比の異なる牛ふん堆肥で2年間栽培したハウレンソウの出芽、生育経過、収量、成分吸収量の結果を総合して評価しました。ハウレンソウの生育・収量はC/N比の低い11と20の方が23よりも優ること、C/N比23の堆肥では生育後期～収穫期に生育・収量の停滞が認められたことから、肥料効果はC/N比の低い堆肥が高い堆肥よりも高いことが実証できました。

4) まとめ

C/N比の異なる牛ふん堆肥を配合した3種類の指定混合肥料を肥料メーカー（朝日アグリア株式会社）にて試作し、下述の方法で肥効特性を明らかにしました。

- (1) 試作肥料の成分目標値（窒素6%、リン酸4%、カリ4%）は、化学分析によりクリアしていました。
- (2) 3種類の試作肥料について、窒素肥効率はガラス繊維ろ紙を用いた埋設試験の分解率によって84～89%、リン酸とカリの肥効率は2%クエン酸を用いた抽出試験によってリン酸76～79%、カリ81～84%でした。肥効率はCN比の違いによる差はありませんでした。
- (3) 3種類の試作肥料で栽培したハウレンソウの生育、収量、成分吸収量、成分利用率はC/N比の違いに係わらず差が見られませんでした。
- (4) 試作肥料によるハウレンソウ栽培で得られた結果を総合評価すると、C/N比が15以上の牛ふん堆肥（本試験では20と23）を混合した試作肥料も15以下の試作肥料に劣らず肥料効果が十分に発揮されることを明らかにしました。一方、C/N比の異なる牛ふん堆肥で2年間栽培したハウレンソウで得られた結果を総合評価すると、肥料効果はC/N比の低い堆肥が高い堆肥よりも高いことを実証しました。

13. 野菜栽培における混合堆肥複合肥料の肥料効果と施肥設計の実証



ポイント

混合堆肥複合肥料の肥料効果と施肥設計の妥当性について、野菜栽培試験（外部の営農組織に委託とポット試験）にて実証しました。

1) 営農組織の野菜栽培における混合堆肥複合肥料の肥料効果と施肥設計の実証



ポイント

2カ所の営農組織において、肥効率に基づく施肥設計で2年間2品目の野菜栽培試験を実施し、それらの収量や成分吸収量を調べて混合堆肥複合肥料の肥料効果と施肥設計法の妥当性を実証しました。とくに注目・特筆すべき点は、野菜栽培において肥効率に基づいて施肥する方法は、生育・収穫期が1ヶ月ほどの短い葉菜類に対しても、また収穫期が数ヶ月にも及ぶ果菜類に対しても十分対応できたことです。

外部2カ所の営農組織における栽培試験結果の報告に当たり、栽培試験の共通する事項について重複を避けるため、一括して以下にまとめました。

(1) 供試した混合堆肥複合肥料について

令和3年度には、牛ふん混合堆肥と豚ふん混合堆肥の2種類としました。牛ふん混合堆肥は神奈川県と朝日アグリア株式会社の共同開発肥料で、牛ふん堆肥が約40%混合され、成分濃度は6-4-4%です。豚ふん混合堆肥は朝日アグリア株式会社の肥料で、豚ふん堆肥が約50%混合され、成分濃度は8-6-6%です。両肥料とも営農組織からの要望で「特別栽培対応肥料」としました。特別栽培対応肥料とは窒素成分の50%が有機・天然物に由来する肥料です。現物写真を写真13-1に、成分濃度と窒素、リン酸、カリの肥効率の測定結果を表13-1に示しました。

令和4年度にはC/N比の異なる3種類の試作肥料（C/N11、C/N20、C/N23試作肥料）の3種類としました。試作肥料は朝日アグリア株式会社に委託して製造しました。牛ふん堆肥が約40%混合され、成分濃度は6-4-4%です。3種類の肥料とも昨年と同様に「特別栽培対応肥料」としました。現物写真を写真13-2に、成分濃度と窒素、リン酸、カリの肥効率の測定結果を表13-2に示しました。

(2) 栽培の試験区、試験規模、試験区の配置などについて

試験区は「混合堆肥施用区(混合堆肥区と略す)」、「慣行栽培区(慣行区と略す)」としました。「混合堆肥区」は3年度が「牛ふん混合堆肥」と「豚ふん混合堆肥」の2区、3年度は「CN11牛混合堆肥」、「CN20牛混合堆肥」、「CN23牛混合堆肥」の3区としました。「慣行区」は当該組織で行っている慣行の方法で施肥した区としました。

試験区の大きさは営農組織のほ場の大きさにあわせて60~90㎡とし、反復は3としました。試験区の配置は、機械作業を勘案して試験区を畝ごと短冊状に設定し、畝の延長上に3反復を設けました。

(3) 施肥設計について

「混合堆肥区」の施肥設計は、「10.混合堆肥複合肥料を利用するときの施肥設計法」の項目で説明しました方法に則り、研究所で行いました。「慣行区」は栽培試験を行う当該組織で通常使用している家畜ふん堆肥や有機肥料等を利用して施肥する区で、当該組織で施肥設計しました。具体的な施肥設計は各年の栽培試験方法に記載しました。

(4) 収穫、土壌及び野菜の分析等について

① 野菜および土壌サンプルについて

栽培野菜が収穫期に達したら基本的に生産者が収穫し、収穫日と収穫量を記録した後、収穫野菜の一部を分析用サンプルとして研究所へ送付してもらいました。研究所では追加の収穫調査を行うとともに、細断、乾燥、粉碎などの前処理を経て分析サンプルを調整しました。

土壌については、栽培前と終了後に土壌を採取して研究所へ送ってもらいました。採取した土壌深は表面から約15cmで、試験区当たり3~4ヶ所から採取しました。研究所では風乾細土(室内で乾燥後2mm目の篩でパスした土)と微粉碎サンプル(風乾細土をさらに細かく粉碎した土)を作成しました。

② 野菜及び土壌の分析

野菜と土壌の成分分析は原則として外部の分析会社へ依頼しましたが、必要に応じて研究所でも実施しました。

(5) 調査及び分析項目

① 野菜について

野菜は収量(新鮮重と乾物重)に加えて、品目に必要な項目について調査を行いました。分析項目としては窒素、リン酸、カリ、石灰、苦土の多量成分を必須とし、必要に応じて鉄、マンガン、亜鉛、銅の微量成分についても成分濃度を測定しました。さらに多量成分の成分濃度と乾物収量をかけて吸収量を算出しました。

② 土壌について

分析項目は水分、pH、EC、全窒素、全炭素、有機物(腐植)、炭素・窒素比(C/N比)、可給態リン酸(トルオーグリン酸)、交換性塩基(カリ、石灰、苦土)、陽イオン交換容量(CEC)としました。混合堆肥複合肥料のみ施用による野菜栽培のため、栽培前と跡土の結果から土壌への蓄積状況も検討しました。

牛ふん混合堆肥

豚ふん混合堆肥



写真 13-1 令和3年度に供試した混合堆肥複合肥料の現物
(製品性状は牛ふん混合堆肥がペレットタイプ、豚ふん混合堆肥が粒状タイプ)

表 13-1 3年度の混合堆肥複合肥料の分析結果と推定肥効率

項目	単位	牛ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥
成分値		神奈川開発肥料	エコレット866
原料堆肥		特裁対応6-4-4	特裁対応8-6-6
副資材の種類		牛ふん	豚ふん
水分	現物%	2.2	4.2
灰分	乾物%	30.8	32.4
pH		6.6	5.9
EC	mS/cm	20.1	26.6
窒素	乾物%	6.1	8.2
アンモニア性窒素	乾物%	1.6	1.8
炭素	乾物%	30.6	29.0
C/N比		5.0	3.6
リン酸	乾物%	5.4	7.6
<溶性リン酸	乾物%	4.3	7.1
カリ	乾物%	6.4	7.5
<溶性カリ	乾物%	5.7	6.8
石灰	乾物%	5.8	6.9
苦土	乾物%	2.1	1.7
推定肥効率%	窒素	96	92
	リン酸	87	94
	カリ	88	91

注) 窒素の推定肥効率は埋設試験90日目より、
リン酸とカリの推定肥効率は2%クエン酸によるく溶率より求めた。

C/N11 試作肥料

C/N20 試作肥料

C/N23 試作肥料



写真 13-2 令和4年度に供試した試作肥料現物
(製品性状はいずれもペレットタイプ)

表 13-2 4 年度に供試した試作肥料の分析結果と推定肥効率

項目	単位	CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23牛試作肥料
成分値		特裁対応6-5-5	特裁対応6-5-5	特裁対応6-5-5
原料堆肥		CN11牛ふん堆肥	CN20牛ふん堆肥	CN23牛ふん堆肥
副資材の種類		朝日アグリア(株)	朝日アグリア(株)	朝日アグリア(株)
水分	現物%	5.9	5.5	6.3
灰分	乾物%	36.7	28.2	27.7
pH		6.4	6.2	6.4
EC	mS/cm	18.8	15.3	16.5
窒素	乾物%	6.0	6.1	6.2
アンモニア性窒素	乾物%	2.0	2.1	2.3
炭素	乾物%	28.6	32.8	32.5
C/N比		4.8	5.4	5.2
リン酸	乾物%	5.6	5.1	5.4
く溶性リン酸	乾物%	4.7	4.5	4.6
カリ	乾物%	6.4	6.2	6.1
く溶性カリ	乾物%	5.3	5.2	5.1
石灰	乾物%	7.3	5.3	5.7
苦土	乾物%	2.4	1.8	1.6
推定肥効率%	窒素	87	89	84
	リン酸	84	88	85
	カリ	83	84	84

注) 窒素の推定肥効率は埋設試験90日目より、
リン酸とカリの推定肥効率は2%クエン酸によるく溶率より求めた。

I. 農業法人株式会社平凡野菜

1) 組織の概要と栽培試験の内容

- ① 代表者名：藤原信良代表取締役、所在地：神奈川県横須賀市秋谷 2-1110
- ② 組織概要：平成 25 年に神奈川県横須賀市に設立された農場。「毎日たべる野菜をつくる」をコンセプトに、平凡な日々の生活を支える野菜づくりや農場をめざすことで社名がつけられたとのこと。主な栽培品目はレタス、リーフレタス、キュウリなど（以上ホームページより引用）。過去に混合堆肥複合肥料（新開発の牛ふん堆肥入り混合複合肥料 6-4-4）によるリーフレタスの栽培試験実績あり（農水省プロジェクト報告書：技術マニュアル「混合堆肥複合肥料の製造とその利用」、p103～104、農研機構、令和 2 年 3 月）。
- ③ 栽培試験については、令和 3 年にリーフレタスの栽培試験（グリーンリーフとサニーレタス）を実施しました。令和 4 年には混合堆肥複合肥料を替えて同じくリーフレタスの栽培試験を行いました。詳細は以下参照下さい。

2) 栽培試験の方法及び結果について

栽培試験の方法と結果について、以下述べます。

(1) 令和 3 年度リーフレタス

① 栽培試験の方法

- ア) 栽培試験場所：神奈川県横須賀市長坂（長坂ほ場）
- イ) 栽培期間：令和 3 年 4 月 1 日（定植）～ 5 月 19 日（収穫）
- ウ) 供試土壌

淡色黒ボク土。栽培前と跡土の化学性について検討しました（表 13-8、表 13-9、図 13-1）。

エ) 供試野菜品目

試験に供した野菜品目はレタスで、グリーンリーフレタス（品種：グリーンジャケット）とサニーレタス（品種：サマールージュ）の2品種としました（写真 13-5、写真 13-6）。

オ) 混合堆肥複合肥料の種類と形態

牛ふん混合堆肥は新開発の「牛ふん堆肥入り混合複合肥料 6-4-4（神奈川県と朝日アグリアの共同開発肥料）」、豚ふん混合堆肥は朝日アグリアから市販されている「エコレット 866」を使用しました。両肥料とも特別栽培対応の肥料です。

カ) 試験区と試験規模

試験区は牛ふん混合堆肥区、豚ふん混合堆肥区、慣行区の3処理区としました。試験区の規模として、幅3m、畝長さ30mの面積90㎡とし、30mを10mずつ3分割して3反復としました（図 13-1）。

キ) 施肥設計

3年度は初年度につき、まず慣行区の施肥設計を平凡野菜から取り寄せ、窒素の施肥量に合わせるように混合堆肥の施用量を決めました。その施用量をもとにリン酸とカリの施肥量を算出し、不足する場合は慣行区と同じ資材で不足分を補給しました。また微量元素の施用も慣行区に合わせました（表 13-3）。

ク) 栽培方法及びレタスの生育状況

栽培方法は事前の打ち合わせに基づき、肥料の効果が現れやすく、試験間の差が出やすいと想定される4月スタートとしました。そこで、平凡野菜におけるレタスの栽培試験は令和3年3/26施肥、3/28耕うん、3/30マルチ張り、4/1定植でスタートしました（写真 13-3、写真 13-4）。また、栽培管理における病虫害防除、雑草対策などは当該組織で実施されている作業および管理方法に従いました。

ケ) 収穫調査と調査サンプルについて

5月19日にリーフレタス（グリーンリーフとサニーレタスの2品種）の収穫調査を行いました（写真 13-6）。その方法は、1試験区の中で3カ所を選定し、1カ所当たり5株を収穫して新鮮重と調整重（市場に出荷できる形態の重さ）を計量し、他の2カ所も同様に計量しました（合計15株を収穫）。他の2処理区も同様に収穫してレタス1品種当たり45株を収穫しました。続いてもう1つの品種のレタスも同様に収穫し、全体で90株を収穫しました。

収穫した5株のレタスの中から平均的な2株を選び、1品種・1試験区当たり6株ずつ計18株、2品種で36株を調査・分析用として研究所へ送ってもらい、追加調査を行いました。全レタスの収穫が終了した後、跡地土壌18点を採取して研究所へ送付してもらいました。

コ) 調査項目と分析法

収穫時に計測した5株の全重と調整重、研究所に送付したサンプルについては、草丈、葉色（グリーンリーフレタスのみ）、乾物率、含水率を調査しました。終了した野菜は細断後70℃で乾燥し、乾物重を秤量しました。その後粉碎・微

粉碎サンプルについて窒素、リン酸、カリ等の成分濃度を測定しました。窒素はCNコーダーによる燃焼法で、リン酸・カリ等の成分はマイクロ波式湿式分解装置による分解液について ICP 発光分光分析装置で測定しました。

サ) 土壌サンプルについて

栽培前土壌 5 点と跡地土壌 18 点 (試験区当たり 3 点×3 試験区×2 品種、深さ 10~15cm) について、乾燥・篩別した分析用サンプルを外部機関へ分析依頼した。分析項目は水分、pH、EC、T-N、T-C、有機物、C/N 比、可給態リン酸 (トルオーグリン酸)、交換性塩基 (K, Ca, Mg)、陽イオン交換容量 (CEC) です。

② 栽培試験の結果概要と図表等

ア) 平凡野菜におけるレタスの栽培試験は令和 3 年 3/26 施肥、3/28 耕耘、3/30 マルチ張り、4/1 定植でスタートしました。4/28 の観察によると、レタスの生育は順調で試験区間差はみられませんでした (写真 13-5)。

イ) 5/19 にレタスを収穫しました (写真 13-6)。収穫の方法は上述のとおりです。各試験区 6 株ずつ計 36 株を研究所へ送り、追加調査を行いました。収穫調査結果を表 13-4、表 13-5、写真 13-7 に示しました。1 株当たりの重量や乾物率、含水率は試験区間で差がみられず、面積当たり (1 アール) の収量にも差がみられませんでした。このような結果は品目が異なっても同じでした。この結果について有意差検定 (Tukey の多重比較検定) を行ったところ、すべての調査項目で試験区間 (牛ふん混合堆肥区、豚ふん混合堆肥区、慣行区) に有意差は認められませんでした。

ウ) 収穫したレタスの成分分析を行い、成分濃度の結果を表 13-6、吸収量の結果を表 13-7 に示しました。成分濃度は試験区間に差はみられませんでした。一方、成分吸収量では窒素に差がみられ、豚ふん混合堆肥区の窒素吸収量が他の 2 区よりも低くなりました。リン酸とカリでは差がみられませんでした。

エ) その後跡地土壌サンプルを入手し、化学性の分析を行いました。分析は分析会社に依頼しました。結果を表 13-8 と表 13-9 に示しました。分析結果は神奈川県 of 土壌改良目標値と比べて適正な値であり、また 3 試験区の化学成分に大きな差はみられませんでした。

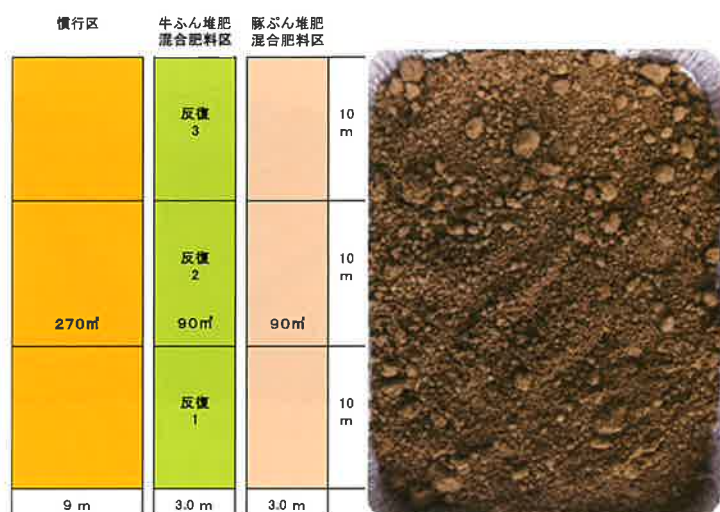


図 13-1 平凡野菜の 3 年度栽培試験区の配置と土壌 (長坂ほ場)

表 13-3 平凡野菜における3年度リーフレタス栽培の施肥設計

野菜品目：リーフレタス、施肥基準量 (kg/10) N-P₂O₅-K₂O=18-20-20

牛ふん堆肥配合混合堆肥区		施肥量(kg/10a)										
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土	ホウ素	マンガン	ケイ素	銅	亜鉛	鉄
神奈川県開発肥料	305	18.3	12.2	12.2	18.3	6.1						
ボロン苦土重焼燐	23		8.05			1.0	0.23					
パームアッシュ	27		0.54	8.1								
マルチサポート1号	20					3.0	0.04	0.1	2.4		0.02	0.4
計		18.3	20.8	20.3	18.3	10.1	0.27	0.10	2.40	0.00	0.02	0.40

豚ふん堆肥配合混合堆肥区		施肥量(kg/10a)										
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土	ホウ素	マンガン	ケイ素	銅	亜鉛	鉄
混合堆肥・エコレット86	230	18.4	13.8	13.8	16.1	4.6						
ボロン苦土重焼燐	19		6.7			0.9	0.19					
パームアッシュ	23		0.5	6.9								
マルチサポート1号	20					3.0	0.04	0.1	2.4		0.02	0.4
計		18.4	20.9	20.7	16.1	8.5	0.23	0.10	2.40	0.00	0.02	0.40

慣行区		施肥量(kg/10a)										
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土	ホウ素	マンガン	ケイ素	銅	亜鉛	鉄
みらい有機831	80	6.4	2.4	0.8								
オール14	70	9.8	9.8	9.8								
発酵鶏糞ペレット	50	0.8	2.0	1.7	8.5							
スーパーコンボ	50	1.0	1.4	1.0	7.1	0.5						0.1
パームアッシュ	23		0.5	6.9	1.2							
ボロン苦土重焼燐	12		4.2			0.5	0.1					
マルチサポート1号	20					3.0	0.0	0.1	2.4			0.4
計		18.0	20.2	20.2	16.7	4.0	0.16	0.10	2.40	0.00	0.00	0.45



写真 13-3 平凡野菜の施肥（2畝）の様子（左；慣行区、中：牛ふん混合堆肥、右：豚ふん混合堆肥、牛ふん・豚ふん混合堆肥は特別栽培対応の肥料です）



写真 13-4 レタス定植までの作業の様子（左：耕うん、中：マルチ張り、右：グリーンレタスとサニーレタスの定植）



豚ふん混合堆肥エコレット 866 (左端より 2 列)、牛ふん混合堆肥 644 (中 3、4 列目)、
慣行区 (5 列目以降)



写真 13-5 平凡野菜、栽培レタスの生育状況 (令和 3 年 4 月撮影)
(左: グリーンリーフレタス、右: サニーレタス)



写真 13-6 収穫期を迎えたレタスの生育状況 (令和 3 年 5 月撮影)

表 13-4 平凡野菜における3年度グリーンリーフレタスの収穫調査結果
(令和3年5月19日実施)

品種:グリーンジャケット				
項目	単位	牛ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	慣行
草丈	cm	26.0	24.8	25.3
葉色	SPAD値	37	35	34
1株全重(平均)	新鮮重g	975	920	959
1株調整重(平均)	新鮮重g	580	548	570
調整率	%	59	60	59
1株乾物重(平均)	調整重g	19.3	19.3	19.7
乾物率	%	3.33	3.52	3.45
水分率	%	96.7	96.5	96.6
面積新鮮重	調整重kg/1a	650	614	638
面積乾物重	調整重kg/1a	21.6	21.6	22.0
栽植密度		条間27cm×株間33cm、株数 1,120/1a		

Tukeyによる多重検定

項目	牛ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	慣行
草丈			
葉色	a	a	a
1株全重(平均)	a	a	a
1株調整重(平均)	a	a	a
調整率	a	a	a
1株乾物重(平均)	a	a	a
乾物率	a	a	a
水分率	a	a	a
面積新鮮重	a	a	a
面積乾物重	a	a	a

表 13-5 平凡野菜における3年度サニーレタスの収穫調査結果

品種:サマーレージュ				
項目	単位	牛ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	慣行
草丈	cm	23.8	24.2	23.5
1株全重(平均)	新鮮重g	609	567	579
1株調整重(平均)	新鮮重g	456	425	434
調整率	%	75	75	75
1株乾物重(平均)	g	14.5	13.7	14.1
乾物率	%	3.17	3.22	3.26
水分率	%	96.8	96.8	96.7
面積新鮮重	調整重kg/1a	511	476	486
面積乾物重	調整重kg/1a	16.2	15.3	15.8
栽植密度		条間27cm×株間33cm、株数 1,120/1a		

Tukeyによる多重検定

項目	牛ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	慣行
草丈			
1株全重(平均)	a	a	a
1株調整重(平均)	a	a	a
調整率	a	a	a
1株乾物重(平均)	a	a	a
乾物率	a	a	a
水分率	a	a	a
面積新鮮重	a	a	a
面積乾物重	a	a	a

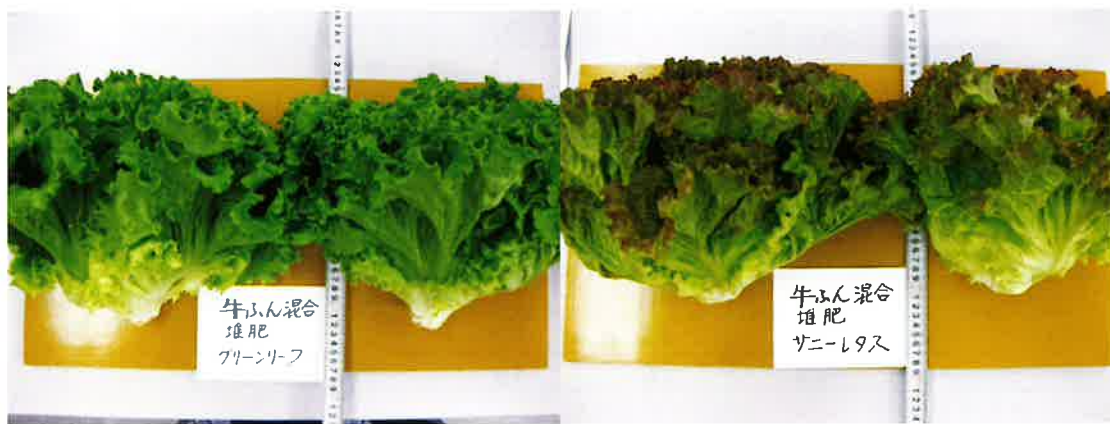


写真 13-7-1 収穫した牛ふん混合堆肥区のグリーンリーフとサニーレタス



写真 13-7-2 収穫した豚ふん混合堆肥区のグリーンリーフとサニーレタス

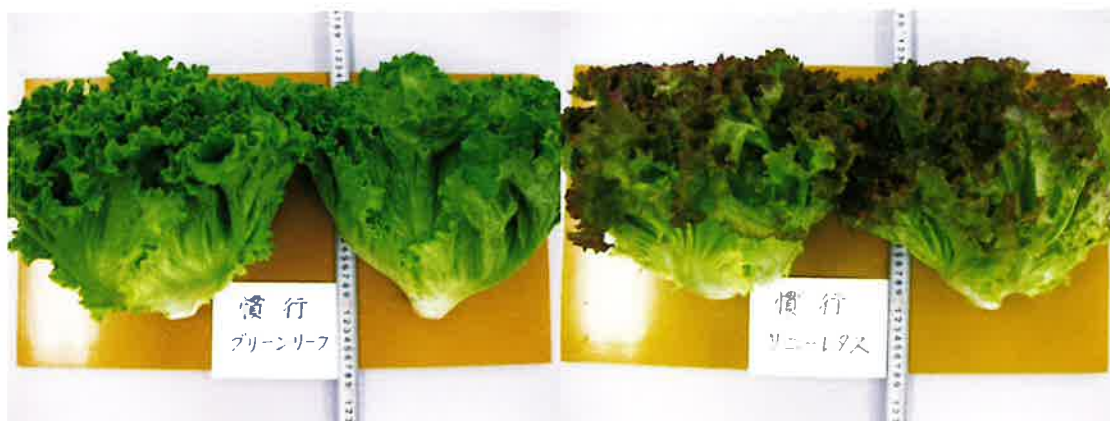


写真 13-7-3 収穫した慣行区のグリーンリーフとサニーレタス

表 13-6 平凡野菜 3 年度レタス（グリーンリーフとサニー）の成分分析結果

成分	単位	グリーンリーフレタス			サニーレタス		
		牛混合堆肥	豚混合堆肥	慣行	牛混合堆肥	豚混合堆肥	慣行
窒素	乾物%	5.1	4.9	5.1	5.2	5.1	5.5
リン酸	"	1.5	1.4	1.5	1.2	1.2	1.3
カリ	"	9.6	9.7	9.6	10.1	10.6	10.2
石灰	"	1.5	1.3	1.4	1.6	1.7	1.7
苦土	"	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7
鉄	乾物ppm	180	285	179	367	447	309
マンガン	"	37	40	38	43	43	39
亜鉛	"	55	48	57	43	39	53
銅	"	13	16	12	15	13	14

Tukeyによる多重検定

窒素	a	a	a	a	a	b
リン酸	a	a	a	a	a	a
カリ	a	a	a	a	a	a

表 13-7 平凡野菜 3 年度レタス（グリーンリーフとサニー）の成分吸収量結果

成分	単位	グリーンリーフレタス			サニーレタス		
		牛混合堆肥	豚混合堆肥	慣行	牛混合堆肥	豚混合堆肥	慣行
窒素	g/m ²	11.1	10.5	11.1	8.4	7.9	8.7
リン酸	"	3.2	3.1	3.3	2.0	1.9	2.0
カリ	"	21	21	21	16	16	16
石灰	"	3.2	2.8	3.1	2.7	2.6	2.7
苦土	"	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1
鉄	mg/m ²	39	62	39	60	68	49
マンガン	"	8.1	8.6	8.4	6.9	6.6	6.2
亜鉛	"	12.0	10.3	12.5	6.9	5.9	8.3
銅	"	2.9	3.4	2.6	2.4	2.0	2.2

Tukeyによる多重検定

窒素	b	a	b	b	a	b
リン酸	a	a	ab	a	a	a
カリ	a	a	a	a	a	a

表 13-8 平凡野菜での3年度グリーンリーフレタス栽培跡地土壌の分析結果

項目	単位	神奈川県土壌改良目標値	栽培前土壌	グリーンリーフレタス栽培跡地土壌		
				牛ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	慣行
pH	H ₂ O	6.0~6.5	7.3	6.8	6.9	7.0
EC	mS/cm	-	0.06	0.47	0.27	0.29
有機物(腐植)窒素	乾土%	2以上	5.1	4.9	4.9	4.9
可給態リン酸	mg/100g乾土	-	0.26	0.28	0.25	0.26
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	46	31	38	35
石灰飽和度	%	50~70	69	62	58	66
苦土飽和度		15~20	16	19	17	17
加里飽和度		2~10	5	4	3	3
塩基飽和度		70~90	90	85	79	86
陽イオン交換容量	meq/100g乾土	15以上	37	39	39	40
石灰/苦土比	当量比	6以下	4.2	3.3	3.4	3.9
苦土/加里比		2以上	3.2	5.0	5.5	5.4
交換性石灰	mg/100g乾土	-	716	665	637	734
交換性苦土		-	122	147	135	136
交換性加里		-	92	72	58	59

表 13-9 平凡野菜での3年度サニーレタス栽培跡地土壌の分析結果

項目	単位	神奈川県土壌改良目標値	栽培前土壌	サニーレタス栽培跡地土壌		
				牛ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	慣行
pH	H ₂ O	6.0~6.5	7.3	6.7	6.8	6.8
EC	mS/cm	-	0.06	0.56	0.4	0.49
有機物(腐植)窒素	乾土%	2以上	5.1	4.9	4.9	4.7
可給態リン酸	mg/100g乾土	-	0.26	0.28	0.28	0.26
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	46	38	40	34
石灰飽和度	%	50~70	69	59	62	65
苦土飽和度		15~20	16	18	19	18
加里飽和度		2~10	5	5	4	4
塩基飽和度		70~90	90	82	85	87
陽イオン交換容量	meq/100g乾土	15以上	37	39	39	39
石灰/苦土比	当量比	6以下	4.2	3.2	3.3	3.5
苦土/加里比		2以上	3.2	4	4.4	4.5
交換性石灰	mg/100g乾土	-	716	637	672	700
交換性苦土		-	122	143	145	143
交換性加里		-	92	84	78	74

(2) 令和4年度リーフレタス

① 栽培試験の方法

ア) 試験区と試験規模：

4年度の試験区は、「C/N比11試作肥料区」(C/N比11の牛ふん堆肥を50%混合)、「C/N比20試作肥料区」(C/N比20の牛ふん堆肥を50%混合)、「C/N比23試作肥料区」(C/N比23の牛ふん堆肥を50%混合)、「慣行区」の4区としました。

「試作肥料区」は朝日アグリア(株)で試作された肥料(いずれも特別栽培対応肥料)を使用し、慣行区は平凡野菜の慣行施肥としました。

試験区の規模は幅3m、長さ30mの面積90m²とし、30mを10mづつ3

区分して3反復としました(図13-2)。

イ)栽培する野菜の品目、施肥設計、栽培方法:

野菜品目は3年度と同じレタス(グリーンリーフ:品種サマーインパルスとサニーレタス:品種ディープパープルの2種)としました。

施肥設計については、まず試作肥料の窒素、リン酸、カリの肥効率を測定して化学肥料相当濃度(成分値×肥効率)を求め、慣行区の窒素施肥量に合わせて「試作肥料区」の施用量を決めました。リン酸とカリの施肥量が慣行区を下回る場合は慣行区と同じ資材で補給しました(表13-10)。

栽培方法は令和4年3/31施肥(写真13-8)、4/2耕うん、4/7マルチ張り、4/8定植で開始しました。また、栽培方法・病害虫防除・雑草対策などは当該組織で実施されている作業および管理方法に従いました。

ウ)野菜の収穫、野菜および土壌の分析等:

収穫期に達した野菜を収穫しました。生育途中、雨不足による補植のため生育遅れなどがあり、収穫調査は昨年より10日遅い5/28に行いました(写真13-9、写真13-10)。収穫時にはレタス全重と調整重(市場に出荷できる形態)を計測し、収穫野菜の一部を分析用サンプルとして研究所へ送付してもらいました。研究所ではレタスの追加調査を行い、分析を外部機関へ依頼するための乾燥・粉砕を行いました。栽培試験の終了後に土壌16点(試験区当たり4点×4試験区)を採取しました。野菜と土壌の分析は原則外部機関へ依頼しましたが、必要に応じて研究所でも行いました。

エ)調査項目:

野菜は窒素、リン酸、カリについて分析し、吸収量を算出しました。その吸収量から混合堆肥複合肥料の肥料効果を検討しました。土壌の分析項目は3年度と同じです。

② 栽培試験の結果概要と図表等

ア. 収量調査結果

グリーンレタスでは1株当たりの重さに試験区間で差が見られ、面積当たりの収量はCN11試作肥料が最も多く、CN23試作肥料が続ぎ、CN20試作肥料が最も低かったです。一方、サニーレタスでも1株当たりの重さに試験区間差がみられ、面積当たりの収量はCN23試作肥料が最も多く、CN20試作肥料が続ぎ、CN11試作肥料が最も低かったです。ただ有意差検定では面積当たりの新鮮重と乾物重には試験区間(試作肥料3区と慣行区)に差が認められませんでした(表13-11、表13-12、写真13-9、写真13-10)。

イ. 成分濃度及び吸収量結果

平凡野菜のレタスの成分分析を行いました。窒素、リン酸、カリ、石灰、苦土の成分濃度は試験区間に大きな差は認められませんでした。上記成分の吸収量の結果も濃度と同様に試験区間に大きな差は認められませんでした(表13-13、表13-14、表13-15、表13-16)。

ウ. 土壌成分結果

4年度跡地土壌の分析結果を分析会社から入手してとりまとめました。pH、全窒素、可給態リン酸、交換性塩基類の飽和度・バランスともに、処理区間に大き

な差は認められませんでした（表 13-17、表 13-18）。

CN11 試作肥料区 CN20 試作肥料区 CN23 試作肥料区 慣行区



図 13-2 平凡野菜の4年度レタス栽培試験区の配置（長坂ほ場）

表 13-10 平凡野菜における4年度レタス栽培の施肥設計

CN11牛ふん堆肥配合混合堆肥区		施肥量(kg/10a)										
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土	ホウ素	マンガン	ケイ素	銅	亜鉛	鉄
CN11牛堆肥混合堆肥	370	18.2	15.4	17.4	23.0	6.7						
ボロン苦土重焼燐	13		4.55			0.6	0.13					
パームアッシュ	9		0.18	2.7	0.45							
マルチサポート1号	20					3.0	0.04	0.1	2.4		0.02	0.4
計		18.2	20.2	20.1	23.4	10.2	0.17	0.10	2.40	0	0.02	0.40

CN20牛ふん堆肥配合混合堆肥区		施肥量(kg/10a)										
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土	ホウ素	マンガン	ケイ素	銅	亜鉛	鉄
CN20牛堆肥混合堆肥	370	18.1	14.5	17.9	17.5	5.6						
ボロン苦土重焼燐	16		5.6			0.7	0.16					
パームアッシュ	7		0.14	2.1	0.35							
マルチサポート1号	20					3.0	0.04	0.1	2.4		0.02	0.4
計		18.1	20.2	20.0	17.8	9.3	0.20	0.10	2.40	0	0.02	0.40

CN23牛ふん堆肥配合混合堆肥区		施肥量(kg/10a)										
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土	ホウ素	マンガン	ケイ素	銅	亜鉛	鉄
CN23牛堆肥混合堆肥	370	18.0	14.5	17.2	17.9	5.2						
ボロン苦土重焼燐	16		5.6			0.7	0.16					
パームアッシュ	10		0.2	3.0	0.5							
マルチサポート1号	20					3.0	0.04	0.1	2.4		0.02	0.4
計		18.0	20.3	20.2	18.4	8.9	0.20	0.10	2.40	0	0.02	0.40

慣行区		施肥量(kg/10a)										
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土	ホウ素	マンガン	ケイ素	銅	亜鉛	鉄
みらい有機831	80	6.4	2.4	0.8								
オール14	70	9.8	9.8	9.8								
発酵鶏糞ペレット	50	0.8	2.0	1.7	8.5							
スーパーコンボ	50	1.0	1.4	1.0	7.1	0.5						0.1
パームアッシュ	23		0.5	6.9	1.2							
ボロン苦土重焼燐	12		4.2			0.5	0.12					
マルチサポート1号	20					3.0	0.04	0.1	2.4			0.4
計		18.0	20.2	20.2	16.7	4.0	0.16	0.10	2.40	0	0	0.45



写真 13-8 平凡野菜の肥料散布の様子（2畝ずつ散布、4年3月31日撮影）
 （左；C/N 比別試作肥料を背負い式肥料散布機で施用、右：散布した試作肥料の分布状況）



写真 13-9 収穫を迎えたレタスの生育状況（4年5月28日撮影）
 （試験区の並び：グリーンとサニーの1組で左から CN11 試作肥料、C20 試作肥料、C23 試作肥料、慣行区）

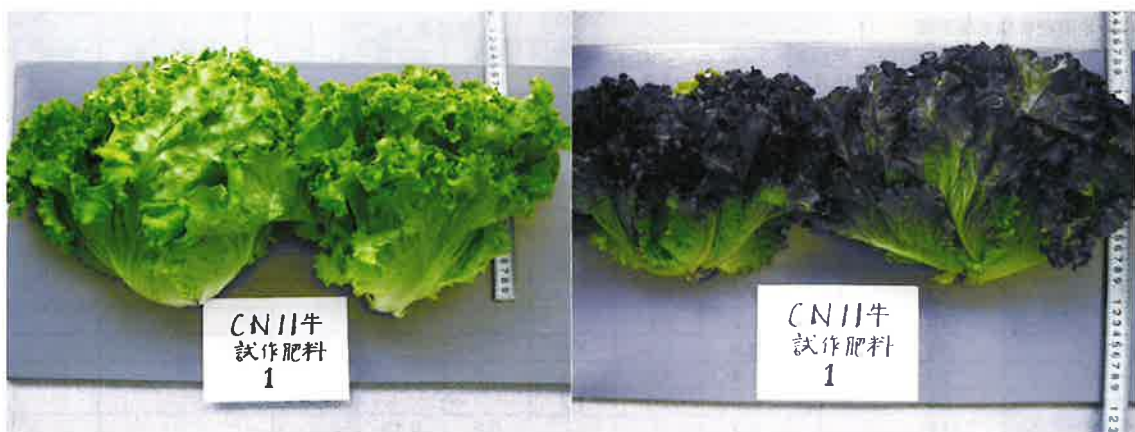


写真 13-10-1 CN11 試作肥料で栽培・収穫したグリーンリーフとサニーレタス



写真 13-10-2 CN20 試作肥料で栽培・収穫したグリーンリーフとサニーレタス

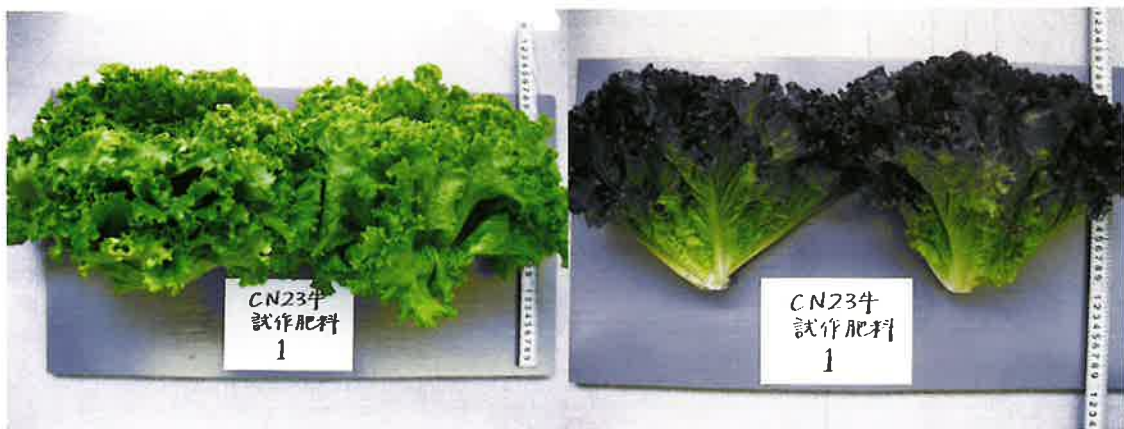


写真 13-10-3 CN23 試作肥料で栽培・収穫したグリーンリーフとサニーレタス

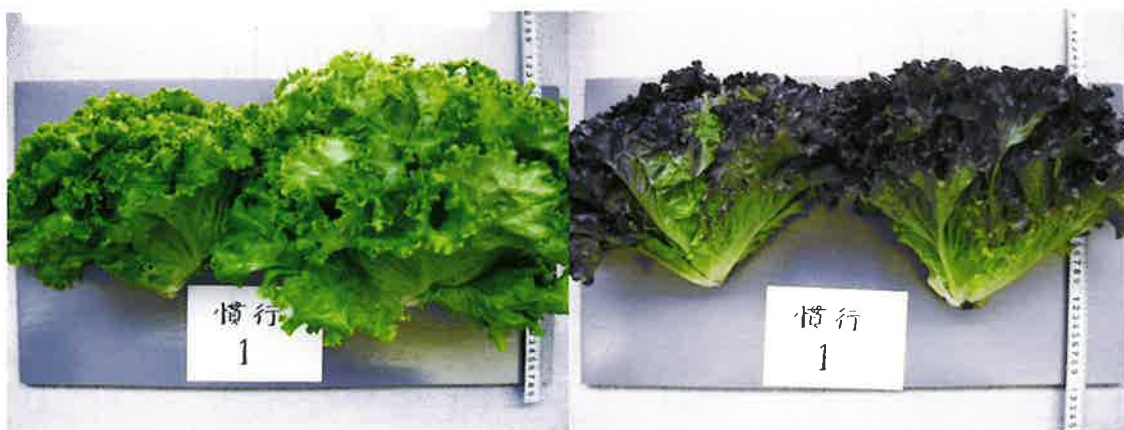


写真 13-10-4 慣行施肥で栽培・収穫したグリーンリーフとサニーレタス

表 13-11 平凡野菜におけるグリーンリーフレタスの収穫調査結果

品種: サマーインパルス

項目	単位	CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料	慣行
草丈	cm	24.7	22.1	22.9	23.5
葉色	SPAD値	35	40	33	38
1株全重(平均)	新鮮重g	587	437	523	493
1株調整重(平均)	新鮮重g	427	357	397	383
調整率	%	73	82	76	78
1株乾物重(平均)	調整重g	22.4	18.2	22.5	21.1
乾物率	%	5.2	5.1	5.7	5.5
水分率	%	94.8	94.9	94.3	94.5
面積新鮮重	調整重kg/1a	478	400	445	429
面積乾物重	調整重kg/1a	25.1	20.4	25.3	23.6
栽植密度		条間27cm×株間33cm、株数 1,120/1a			

Tukeyによる多重検定

項目	CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料	慣行
草丈	a	a	a	a
葉色	a	a	a	a
1株全重(平均)	a	a	a	a
1株調整重(平均)	a	a	a	a
調整率	a	c	a	ab
1株乾物重(平均)	a	a	a	a
乾物率	ab	a	b	ab
水分率	ab	b	a	ab
面積新鮮重	a	a	a	a
面積乾物重	a	a	a	a

注) 横列の異符号間で5%の有意差あり

表 13-12 平凡野菜における4年度サニーレタスの収穫調査結果

品種: ディープパープル

項目	単位	CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料	慣行
草丈	cm	20.7	21.1	22.8	24.0
1株全重(平均)	新鮮重g	313	327	373	377
1株調整重(平均)	新鮮重g	260	281	313	308
調整率	%	83	86	84	82
1株乾物重(平均)	g	14.7	14.8	17.9	14.8
乾物率	%	5.7	5.3	5.7	4.8
水分率	%	94.4	94.7	94.3	95.2
面積新鮮重	調整重kg/1a	291	315	351	345
面積乾物重	調整重kg/1a	16.5	16.6	20.1	16.6
栽植密度		条間27cm×株間33cm、株数 1,120/1a			

Tukeyによる多重検定

項目	CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料	慣行
草丈	a	a	b	b
1株全重(平均)	a	a	a	a
1株調整重(平均)	a	a	a	a
調整率	a	a	a	a
1株乾物重(平均)	a	a	a	a
乾物率	a	a	a	a
水分率	a	a	a	a
面積新鮮重	a	a	a	a
面積乾物重	a	a	a	a

注)横列の異符号間で5%の有意差あり

表 13-13 平凡野菜における4年度グリーンリーフレタスの成分濃度結果

成分	単位	グリーンリーフレタス			
		CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料	慣行
窒素	乾物%	3.2	3.7	3.1	3.6
リン酸	〃	1.2	1.0	1.2	1.1
カリ	〃	9.3	10.3	9.6	9.7
石灰	〃	1.5	1.8	1.4	1.5
苦土	〃	0.4	0.5	0.4	0.5
鉄	乾物ppm	216	402	338	325
マンガン	〃	39	41	38	36
亜鉛	〃	44	48	41	39
銅	〃	11	10	10	9

Tukeyによる多重検定

窒素	a	b	a	b
リン酸	b	a	b	ab
カリ	a	a	a	a

注)横列の異文字間で5%の有意差あり

表 13-14 平凡野菜における4年度サニーレタスの成分濃度結果

成分	単位	サニーレタス			
		CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料	慣行
窒素	乾物%	3.6	4.0	4.0	4.6
リン酸	〃	1.1	1.2	1.2	1.1
カリ	〃	9.9	11.1	10.5	11.2
石灰	〃	2.3	2.1	2.0	1.9
苦土	〃	0.6	0.6	0.6	0.6
鉄	乾物ppm	648	792	495	792
マンガン	〃	45	49	40	47
亜鉛	〃	29	37	34	33
銅	〃	13	15	14	17

Tukeyによる多重検定

窒素	a	ab	ab	b
リン酸	a	a	a	a
カリ	a	a	a	a

注)横列の異文字間で5%の有意差あり

表 13-15 平凡野菜における4年度グリーンリーフレタスの成分吸収量結果

成分	単位	グリーンリーフレタス			
		CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料	慣行
窒素	g/m ²	8.0	7.5	7.8	8.5
リン酸	"	3.1	2.1	3.0	2.7
カリ	"	23	21	24	23
石灰	"	3.8	3.7	3.7	3.6
苦土	"	1.0	1.0	1.1	1.1
鉄	mg/m ²	53	82	87	77
マンガン	"	9.8	8.2	9.5	8.4
亜鉛	"	11	10	10	9.3
銅	"	2.7	2.1	2.4	2.3
Tukeyによる多重検定					
窒素		a	a	a	a
リン酸		a	a	a	a
カリ		a	a	a	a

注)横列の異文字間で5%の有意差あり

表 13-16 平凡野菜における4年度サニーレタスの成分吸収量結果

成分	単位	サニーレタス			
		CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料	慣行
窒素	g/m ²	6.0	6.6	8.0	7.6
リン酸	"	1.8	1.9	2.4	1.9
カリ	"	16	18	21	19
石灰	"	3.7	3.5	4.1	3.1
苦土	"	0.9	1.0	1.1	0.9
鉄	mg/m ²	106	131	102	132
マンガン	"	7.4	8.1	8.3	7.8
亜鉛	"	4.8	6.1	6.8	5.5
銅	"	2.2	2.5	2.9	2.9
Tukeyによる多重検定					
窒素		a	ab	b	ab
リン酸		a	a	a	a
カリ		a	ab	b	ab

注)横列の異文字間で5%の有意差あり

表 13-17 4年度グリーンリーフレタス栽培土壌の分析結果

項目	単位	神奈川県土壌 改良目標値	栽培前土壌	グリーンリーフレタス栽培跡地土壌			
				CN11試作	CN20試作	CN23試作	慣行
pH	H ₂ O	6.0~6.5	7.3	7.0	7.1	6.9	6.8
EC	mS/cm	-	0.06	0.20	0.18	0.25	0.18
有機物(腐植) 窒素	乾土%	2以上 -	5.1 0.26	5.2 0.28	4.8 0.26	4.7 0.27	4.8 0.26
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	46	41	38	41	58
石灰飽和度	%	50~70	69	54	51	46	52
苦土飽和度		15~20	16	12	12	12	13
カリ飽和度		2~10	5	3	3	4	3
塩基飽和度		70~90	90	69	66	62	68
陽イオン交換容量	meq/100g乾土	15以上	37	49	47	47	42
石灰/苦土比	当量比	6以下	4.2	4.3	4.1	3.8	4.0
苦土/カリ比		2以上	3.2	3.9	4.2	3.2	3.7
交換性石灰	mg/100g乾土	-	716	721	665	595	602
交換性苦土		-	122	119	116	112	107
交換性カリ		-	92	71	67	82	69

*)土壌は火山灰土、野菜(露地)を対象とした土壌診断基準値である。

注)交換性石灰:カルシウムのCaO表示、苦土:マグネシウムのMgO表示、カリ:カリウムのK₂O表示で、
診断基準値は陽イオン交換容量が37の時の値である。

表 13-18 4年度サニーレタス栽培土壌の分析結果

項目	単位	神奈川県土壌 改良目標値	栽培前土壌	サニーレタス栽培跡地土壌			
				CN11試作	CN20試作	CN23試作	慣行
pH	H ₂ O	6.0~6.5	7.3	7.0	6.9	6.9	6.8
EC	mS/cm	-	0.06	0.19	0.24	0.23	0.20
有機物(腐植) 窒素	乾土%	2以上 -	5.1 0.26	4.9 0.26	5.0 0.26	4.7 0.25	4.8 0.25
可給態リン酸	mg/100g乾土	20以上	46	51	48	47	49
石灰飽和度	%	50~70	69	51	47	51	52
苦土飽和度		15~20	16	12	12	13	13
カリ飽和度		2~10	5	4	4	4	4
塩基飽和度		70~90	90	67	63	68	69
陽イオン交換容量	meq/100g乾土	15以上	37	48	48	44	42
石灰/苦土比	当量比	6以下	4.2	4.2	3.9	3.8	4.0
苦土/カリ比		2以上	3.2	3.1	2.9	3.0	3.2
交換性石灰	mg/100g乾土	-	716	672	637	609	609
交換性苦土		-	122	114	115	114	109
交換性カリ		-	92	86	92	89	80

*)土壌は火山灰土、野菜(露地)を対象とした土壌診断基準値である。

注)交換性石灰:カルシウムのCaO表示、苦土:マグネシウムのMgO表示、カリ:カリウムのK₂O表示で、
診断基準値は陽イオン交換容量が37の時の値である。

II. 有限会社かごしま有機生産組合

1) 組織の概要と栽培試験の内容

- ① 代表者名：大和田世志人代表、所在地：鹿児島市五ヶ別府町 3646
- ② 組織概要：鹿児島県下の約 150 名の有機農業者で構成。組合員は野菜を中心に、米や果樹など多様な有機農産物を生産。地元直売店「地球畑」での販売から大都市への出荷まで幅広い販売に対応しています。また、研修生受け入れ施設や直営農場により新規就農支援を行っています。
- ③ 栽培試験について：試験地は組合直営農場である「喜入農場」で、令和3年の品目はピーマンで、令和4年には混合堆肥複合肥料を替えて同じくピーマンを栽培しました。詳細は以下参照下さい。

2) 栽培試験の方法及び結果について

栽培試験の方法と結果について、以下述べます。

(1) 令和3年度ピーマン（喜入農場）

① 栽培試験の方法

ア) 栽培試験場所：鹿児島県喜入一倉町（喜入農場）

イ) 栽培期間：令和3年4月27日（定植）～9月29日（収穫終了）

ウ) 供試土壌

黒ボク土。栽培前と跡土の化学性と可給態窒素について検討しました。

エ) 供試野菜品目

野菜品目はピーマンとしました。

オ) 混合堆肥複合肥料の種類と形態

牛ふん混合堆肥は新開発の「牛ふん堆肥入り混合複合肥料 6-4-4（神奈川県と朝日アグリアの共同開発肥料）」、豚ふん混合堆肥は朝日アグリアから市販されている「エコレット 866」を使用しました。両肥料とも特別栽培対応の肥料です。

カ) 試験区と試験規模

試験区は牛ふん混合堆肥区、豚ふん混合堆肥区、慣行区の3試験区としました。試験区の規模として、幅2m、畝長さ30mの面積60㎡とし、30mを10mづつ3分割して3反復としました（図13-3）。

キ) 施肥設計

施肥設計を表13-19に示しました。施肥設計については成分濃度と窒素、リン酸、カリの肥効率を基に研究所で行いました。「慣行区」はかごしま有機生産組合で慣行的に使用している家畜ふん堆肥と有機資材で施肥設計しました。

ク) 栽培方法及びその概要

栽培方法は事前の打ち合わせに基づいて、肥料の効果が現れやすく、試験区間の差が出やすいと想定される4月スタートとしました。そこで、かごしま有機生産組合におけるピーマンの栽培試験は令和3年4/1 耕うん（以降数回実施）、4/16 施肥とマルチ張り、4/27 定植でスタートしました。また、栽培管理における病虫害防除、雑草対策などは当該組織で実施されている作業および管理方法に従いました。

ケ) 収穫調査と調査サンプルについて

7月6日から収穫を開始し、9/29までに11回収穫を行いました（図13-4、図13-5、図13-6）。収穫時に収穫日、個数、収穫重量を記録しました。収穫最盛期の8月11～19日に収穫したピーマンの中から、1試験区当たり15個、合計45個のピーマンを調査分析用として研究所へ送ってもらい、追加の調査を行いました（写真13-11、写真13-12）。全ピーマンの収穫が終了した後、跡地土壌9点（試験区当たり3点×3試験区）を採取して研究所へ送付してもらいました。

コ) 調査項目と分析法

研究所に送付したサンプルについて、新鮮重、長さ、胴回りを調査しました。終了したピーマンは細断後70℃で乾燥し、乾物重を秤量しました。その後粉碎・微粉碎サンプルで窒素、リン酸、カリ等及び微量成分の成分濃度を測定しました。窒素はCNコーダーによる燃焼法で、リン酸・カリ等の成分はマイクロ波式湿式分解装置による分解液についてICP発光分光分析装置で測定した。

サ) 土壌サンプルについて

栽培前土壌3点と跡地土壌9点（試験区当たり3点×3試験区、深さ10～15cm）について、乾燥・篩別した分析用サンプルを調製し、外部機関へ分析依頼しました。分析項目は平凡野菜と同じです。

② 栽培試験の結果概要と図表等

ア) かがしま有機生産組合からピーマンの収穫した日ごとの個数と収穫重量のデータを入手しました。時期別にみた収穫重の結果を図13-4に、個数の結果を図13-5に、1個平均重の結果を図13-6に示しました。図13-4と図13-5から明らかのように、豚ふん混合堆肥の収穫重がとくに収穫開始から最盛期にかけて高く、しかもこの期間では1個平均重の値も高いことが認められました。

イ) 収穫データをまとめて表13-20に示しました。面積当たりの総収穫重は豚ふん混合堆肥が11kg/m²と最多で、慣行が9.6kgと続き、牛ふん混合堆肥が8.5kgと最も少なくなりました。豚ふん混合堆肥の肥効がとくに収穫開始から最盛期にかけて高かったことが総収穫重に反映されたものと判断されます（写真13-8）。ただ、統計的には試験区間に有意差は認められませんでした。

ウ) 収穫したピーマンの成分分析を行い、成分濃度の結果を表13-21、吸収量の結果を表13-22に示しました。成分濃度及び成分吸収量は試験区間に差がみられませんでした。

エ) その後跡地土壌サンプルを入手し、化学性の分析を行いました。結果を表13-23に示しました。慣行区に比べて混合堆肥区及び可給態リン酸や交換性塩基類の低下が認められました。

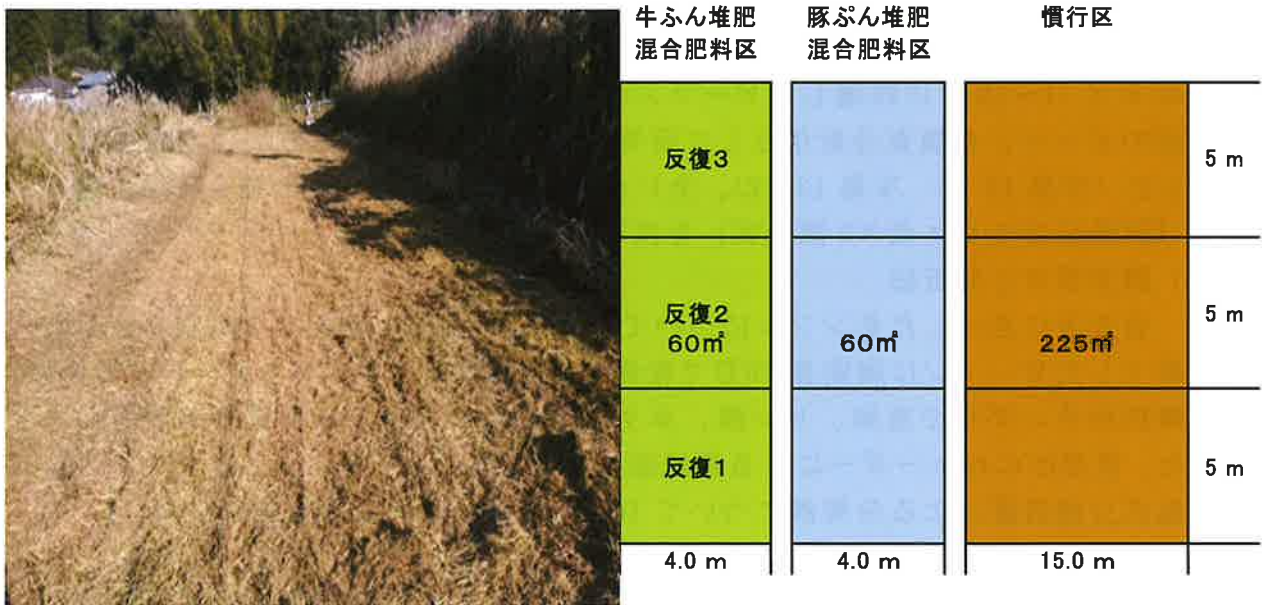


図 13-3 かごしま有機生産組合の栽培試験ほ場と試験区の配置（令和2年11月撮影）

表 13-19 かごしま有機生産組合における3年度ピーマン栽培の施肥設計
野菜品目：ピーマン、施肥基準量（kg/10） N-P₂O₅-K₂O=20-15-20

牛ふん堆肥混合堆肥区		施肥量(kg/10a)				
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
神奈川県開発肥料	510	20.3	25.8	26.8	24.3	8.1
苦土石灰	400				204	84
計		20.3	25.8	26.8	228	92

豚ふん堆肥混合堆肥区		施肥量(kg/10a)				
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
混合堆肥・エコレット866	380	20.2	28.1	21.9	18.9	4.6
苦土石灰	400				204	84
計		20.2	28.1	21.9	223	89

慣行区		施肥量(kg/10a)				
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
牛ふん堆肥	1,000	2.8	15.3	18.8	8	5.7
鶏ふん堆肥	1,000	8.4	41.1	40	64.4	12.1
苦土石灰	400				204	84
なたね油かす	180	9.0	3.6	1.8		
計		20.2	60.0	60.6	276	102

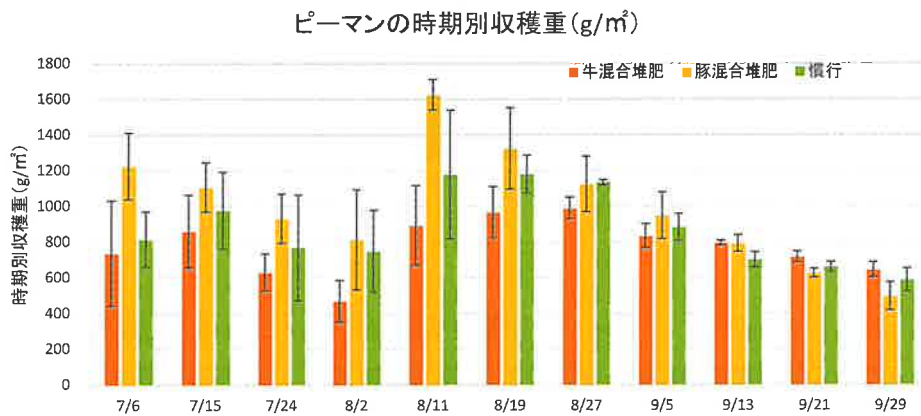


図 13-4 3 年度ピーマンの時期別収穫重

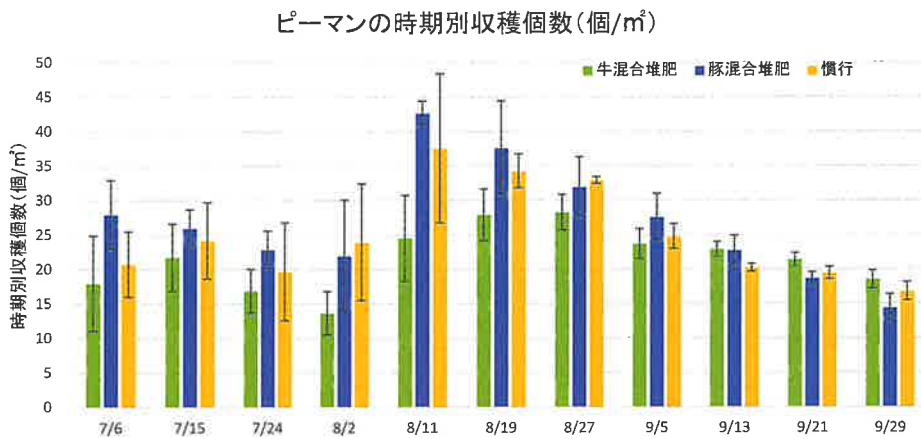


図 13-5 3 年度ピーマンの時期別収穫個数

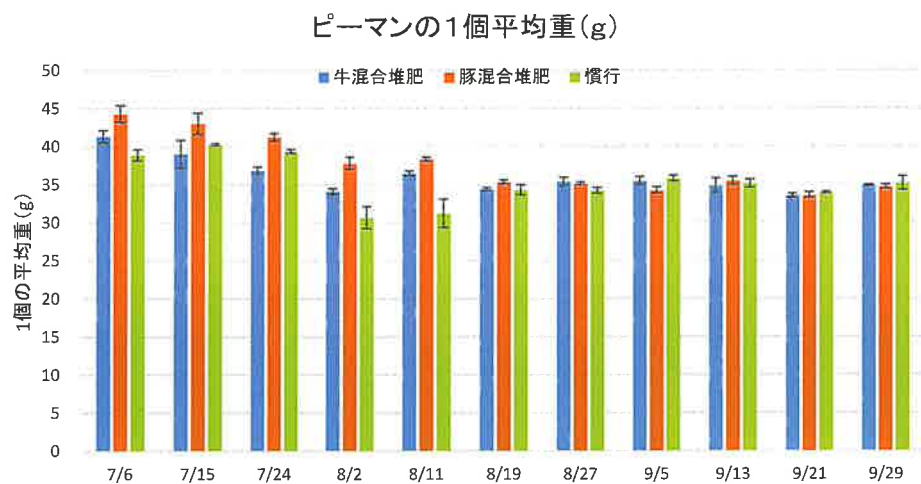


図 13-6 3 年度ピーマンの 1 個平均重



写真 13-11 かがしま有機生産組合における3年度のピーマン最盛期の様子（令和3年8月撮影）

表 13-20 3年度ピーマンの収穫調査結果（かがしま有機生産組合）

項目	単位	牛ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	慣行
1個の新鮮重(平均)	g	36.9	40.2	34.1
水分率	%	92.3	93.1	93.3
乾物率	%	7.7	6.9	6.7
1個の乾物重(平均)	g	2.8	2.8	2.3
ピーマン長さ	cm	7.2	7.0	7.2
胴回り	cm	14.6	15.2	14.0
面積当たり総収量	kg/m ²	8.53	11.0	9.62
収穫総個数	個/m ²	237	294	274
面積乾物重	g/m ²	657	762	645
栽植密度		うね間140cm×株間60cm、119株/1a		

ピーマンのTukeyによる多重検定

項目	単位	牛混合堆肥区	豚混合堆肥区	慣行区
1個の新鮮重(平均)	g	ab	b	a
水分率	%	a	a	a
乾物率	%	a	a	a
1個の乾物重(平均)	g	a	a	a
ピーマン長さ	cm	a	a	a
胴回り	cm	ab	b	a
面積当たり総収量	kg/m ²	a	a	a
収穫総個数	個/m ²	a	a	a
面積乾物重	g/m ²	a	a	a

注)横列の異文字間で5%の有意差あり

注) 上記調査に供したピーマンの検体数は15個である。



写真 13-12 3年度最盛期に収穫した分析用ピーマンの現物写真（左：牛ふん混合堆肥、中：豚ふん混合堆肥、右：慣行）（令和3年8月撮影）

表 13-21 3年度ピーマンの成分濃度の結果

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
牛ふん混合堆肥	2.8	0.9	4.1	0.2	0.3
豚ふん混合堆肥	2.8	0.9	3.8	0.2	0.3
慣行	2.7	0.9	4.2	0.2	0.4

ピーマンの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
牛ふん混合堆肥	a	a	a	a	a
豚ふん混合堆肥	a	a	a	a	b
慣行	a	a	a	a	b

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

試験区	微量成分濃度(乾物ppm)			
	鉄	マンガン	亜鉛	銅
牛ふん混合堆肥	94	11	22	9.3
豚ふん混合堆肥	96	14	24	9.1
慣行	100	10	24	8.6

ピーマンの微量成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	鉄	マンガン	亜鉛	銅
牛ふん混合堆肥	a	a	a	a
豚ふん混合堆肥	a	b	a	a
慣行	a	a	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 13-22 3年度ピーマンの成分吸収量の結果

試験区	成分吸収量(g/m ²)				
	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
牛ふん混合堆肥	18	5.7	27	1.6	2.1
豚ふん混合堆肥	21	7.1	29	1.9	2.6
慣行	18	5.8	27	1.5	2.4

ピーマンの成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
牛ふん混合堆肥	a	a	a	a	a
豚ふん混合堆肥	a	a	a	a	a
慣行	a	a	a	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 13-23 栽培試験ほ場における3年度土壌の分析結果（かごしま有機生産組合）

項目	単位	鹿児島県土壌改良目標値	栽培前土壌	ピーマン栽培跡地土壌		
				牛ふん混合堆肥	豚ふん混合堆肥	慣行
pH	H ₂ O	5.5~6.5	5.8	6.1	6.2	6.2
EC	mS/cm	0.3	0.05	0.10	0.10	0.20
有機物(腐植)	乾土%	5以上	12	12.6	11.9	12.1
窒素		—	0.42	0.40	0.42	0.48
可給態リン酸	mg/100g乾土	5~50	26	14	20	30
石灰飽和度	%	50~65	19	11	20	18
苦土飽和度		8~15	3	2	3	6
カリ飽和度		2~5	2	2	2	3
塩基飽和度		60~85	24	14	24	27
陽イオン交換容量	meq/100g乾土	15~35	26	33	33	35
石灰/苦土比	当量比	4~8	6.4	6.0	6.6	2.9
苦土/カリ比		2~5	1.4	1.3	1.9	2.3
交換性石灰	mg/100g乾土	365~474	140	100	182	177
交換性苦土		42~79	16	12	20	43
交換性カリ		24~61	27	23	25	44

(2) 令和4年度ピーマン（喜入農場）

① 栽培試験の方法

ア) 試験区と試験規模（喜入農場）

4年度の試験区は、平凡野菜と同様に、「C/N比11試作肥料区」、「C/N比20試作肥料区」、「C/N比23試作肥料区」、「慣行区」の4区としました。試作肥料は平凡野菜と同じで、慣行区はかごしま有機生産組合の慣行施肥です。試験区の規模は幅2m、長さ30mの面積60㎡とし、30mを10mずつ3区分して3反復とした（図13-7）。

イ) 栽培する野菜の品目、施肥設計、栽培方法

野菜品目は3年度と同じピーマンとしました。施肥設計は平凡野菜と同じ方法で行いました。「慣行区」はかごしま有機生産組合の慣行施肥としました（表13-24）。栽培方法は3年度とほぼ同様とし、令和4年4/8に苦土石灰散布、4/25に試験区の施肥とマルチ張り、5/11に定植と支柱立てを行い、栽培を開始しました。

栽培方法、病虫害防除、雑草対策などは3年度と同じです。

ウ) 野菜の収穫、土壌および野菜の分析等は平凡野菜と同じです。

エ) 調査項目も平凡野菜と同じです。

② 栽培試験の結果概要と図表等

ア) 収量調査結果

かごしま有機生産組合ではピーマンの栽培を継続し、7/6から9/17まで11回収穫を行いました。

・時期別に収穫した総収穫重と総個数の結果をみると、収穫前半（7/22~8/20）は慣行区より試作肥料の方が、とくにCN20の試作肥料が優りましたが、8/27以降は

慣行区の方が優りました。試作肥料区は収穫前期に、慣行区は牛ふん堆肥と鶏ふん堆肥を施用しているため収穫後期に肥効が発現された結果と推察されました。ピーマンの1個平均重は収穫量が多い時期に低く、少ない時期に高い傾向を示しました（図13-8～図13-10、写真13-14）。

・最盛期の8月に収穫したピーマンサンプル60点（試験区当たり15点×4試験区、ただし1試験区は5点×3反復）を送付してもらい、調査を行いました。慣行区に比べて試作肥料3区とも1個の新鮮重、乾物重、ピーマン長は優る傾向を示しましたが、面積当たりの総収穫重、総個数は慣行区が最多で、CN20試作肥料、CN23試作肥料と続き、CN11試作肥料が最少でした（表13-25、写真13-13）。9月下旬に鹿児島県に上陸した台風14号により試験ほ場が大きな被害を受け、以降栽培試験が継続出来ず終了してしまいました。

イ. 成分濃度及び吸収量結果

ピーマンの成分濃度と吸収量の結果をみると、窒素、リン酸、カリ濃度はCN20牛試作肥料区が高い傾向を示しましたが、吸収量は慣行区が最も高い傾向が認められました。有意差検定を行った結果、成分濃度は全試験区で差が認められませんでした。窒素、リン酸、カリの吸収量は、CN20試作肥料区とCN23試作肥料区は慣行区と差がありませんでしたが、CN11試作肥料区は慣行区よりも低いでした（表13-26、表13-27）。

ウ. 土壌成分結果

ピーマン跡地土壌の分析結果をみると、pHが4～5と低かった理由は硝酸態窒素の蓄積によるものと推察されました。耕作放棄地で肥料成分の低い状態から試験を開始しましたが、混合堆肥複合肥料を供試した2年間のピーマンの栽培により養分の蓄積傾向が認められました（表13-28）。

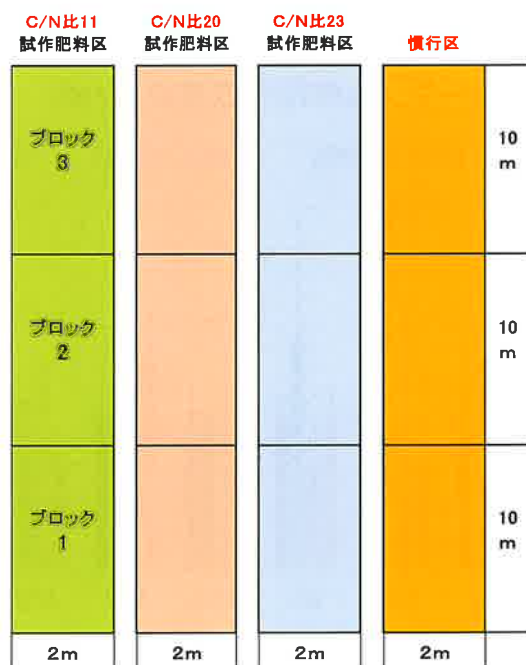


図13-7 かがしま有機生産組合の4年度ピーマン栽培試験区の配置

表 13-24 かがしま有機生産組合における4年度ピーマン栽培の施肥設計

CN11牛ふん混合堆肥区		施肥量(kg/10a)				
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
CN11牛堆肥混合肥料	425	20.9	17.7	20.0	26.4	7.7
苦土石灰	400				204	84
計		20.9	17.7	20.0	230	92

CN20牛ふん混合堆肥区		施肥量(kg/10a)				
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
CN20牛堆肥混合肥料	425	20.8	16.6	20.4	20.1	6.4
苦土石灰	400				204	84
計		20.8	16.6	20.4	224	90

CN23牛ふん混合堆肥区		施肥量(kg/10a)				
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
CN23牛堆肥混合肥料	430	20.9	16.8	20.0	20.9	6.1
苦土石灰	400				204	84
計		20.9	16.8	20.0	225	90

慣行区		施肥量(kg/10a)				
肥料名	施用量kg/10a	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
牛ふん堆肥	1,000	2.8	15.3	18.8	8.0	5.7
鶏ふん堆肥	1,000	8.4	41.1	40.1	64.4	12.1
苦土石灰	400				204	84
なたね油かす	180	9.0	3.6	1.8		
計		20.2	60.0	60.7	276	102

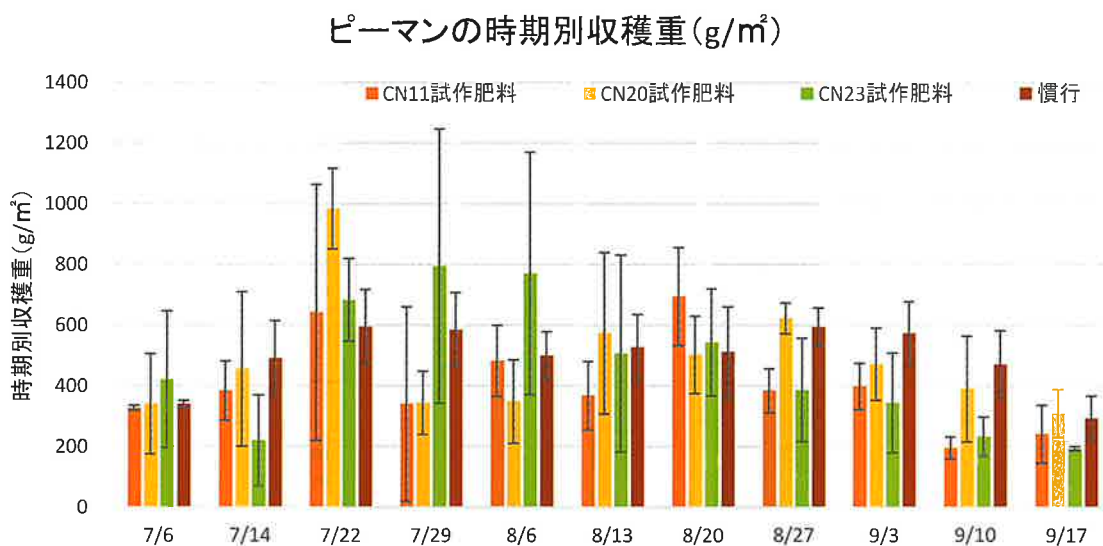


図 13-8 4年度ピーマンの時期別収穫重

ピーマンの時期別収穫個数(個/m²)

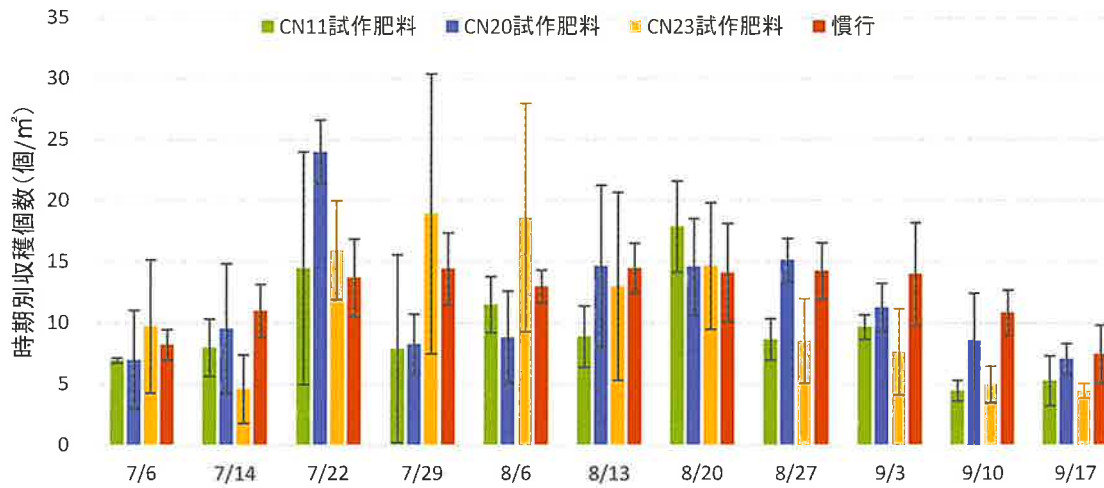


図 13-9 4 年度ピーマンの時期別収穫個数

ピーマンの1個平均重(g)

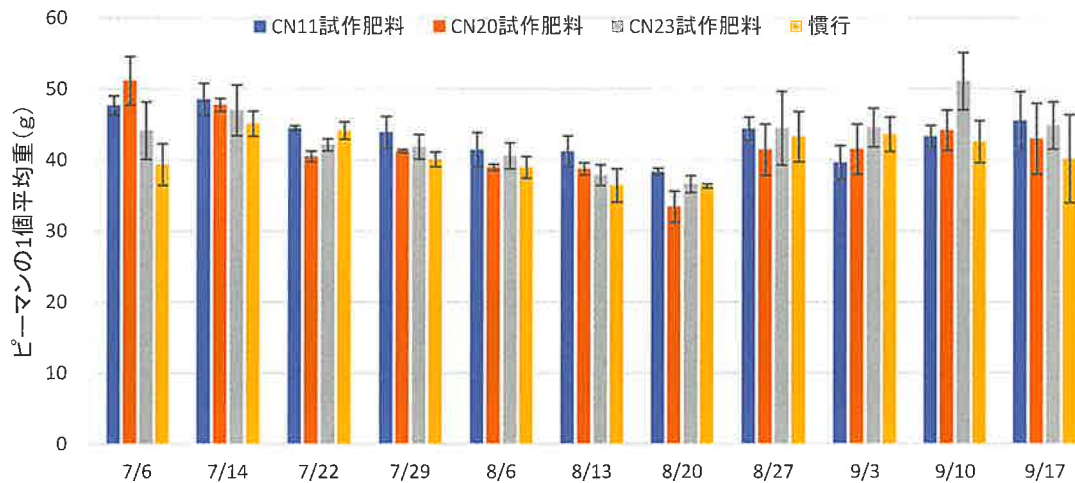


図 13-10 4 年度ピーマンの 1 個平均重

表 13-25 かがしま有機生産組合における 4 年度ピーマンの収穫調査結果

項目	単位	CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料	慣行区
1個の新鮮重(平均)	g	43.0	41.3	42.0	40.4
水分率	%	92.5	92.9	92.8	92.1
乾物率	%	7.5	7.1	7.2	7.9
1個の乾物重(平均)	g	3.2	2.9	3.0	3.2
ピーマン長さ	cm	7.1	7.4	7.4	6.2
胴回り	cm	13.7	13.6	13.6	14.1
面積当たり総収量	kg/m ²	4.46	5.34	5.10	5.48
収穫総個数	個/m ²	104	129	121	136
面積乾物重	g/m ²	333	378	368	432
栽植密度	うね間140cm×株間60cm、119株/1a				

Tukeyによる多重検定

項目	単位	CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料	慣行区
1個の新鮮重(平均)	g	b	ab	ab	a
水分率	%	ab	b	b	a
乾物率	%	ab	a	a	b
1個の乾物重(平均)	g	b	a	a	b
ピーマン長さ	cm	b	b	b	a
胴回り	cm	a	a	a	a
面積当たり総収量	kg/m ²	a	a	a	a
収穫総個数	個/m ²	a	ab	ab	b
面積乾物重	g/m ²	a	ab	ab	b

注)横列の異なる文字間で5%の有意差あり

CN11 牛試作肥料

CN20 牛試作肥料



CN23 牛試作肥料

慣行

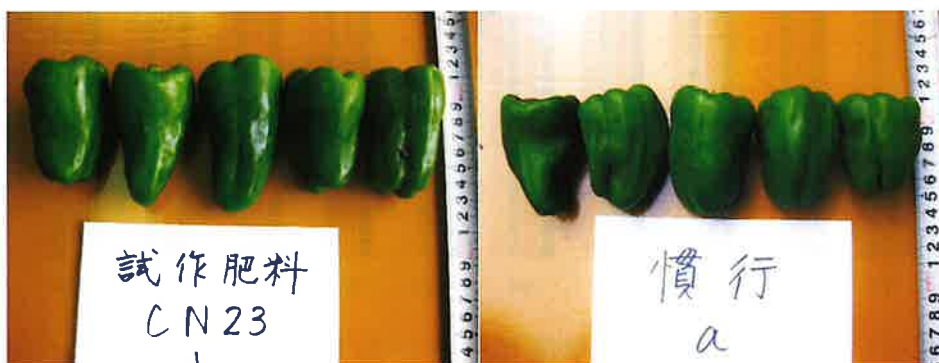


写真 13-13 最盛期に収穫した4年度ピーマンの現物写真(8月23日撮影)



写真 13-14 ピーマンの時期別収穫の様子(令和4年9月)

表 13-26 かごしま有機生産組合における4年度栽培ピーマンの成分濃度結果

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
CN11牛試作肥料	2.4	1.0	3.8	0.3	0.3
CN20牛試作肥料	2.6	1.0	4.1	0.2	0.4
CN23牛試作肥料	2.4	0.9	3.8	0.3	0.4
慣行区	2.5	1.0	3.8	0.3	0.3

ピーマンの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
CN11牛試作肥料	a	a	a	a	a
CN20牛試作肥料	a	a	a	a	a
CN23牛試作肥料	a	a	a	a	a
慣行区	a	a	a	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 13-27 かごしま有機生産組合における4年度栽培ピーマンの成分吸収量結果

試験区	成分吸収量(g/m ²)				
	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
CN11牛試作肥料	8.0	3.4	12.7	0.9	1.2
CN20牛試作肥料	9.8	3.9	15.4	0.9	1.4
CN23牛試作肥料	9.0	3.3	13.9	1.0	1.3
慣行区	10.8	4.3	16.3	1.1	1.5

ピーマンの成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
CN11牛試作肥料	a	a	a	a	a
CN20牛試作肥料	ab	ab	ab	a	a
CN23牛試作肥料	ab	a	ab	a	a
慣行区	b	b	b	a	a

注)縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 13-28 かごしま有機生産組合における4年度ピーマン栽培跡土の分析結果

項目	単位	鹿児島県土壌改良目標値	栽培前土壌	ピーマン栽培跡地土壌			
				CN11試作肥料	CN20試作肥料	CN23試作肥料	慣行
pH	H ₂ O	5.5~6.5	5.8	5.0	5.2	5.1	4.9
EC	mS/cm	0.3	0.05	0.88	0.84	0.79	0.56
有機物(腐植)	乾土%	5以上	12	13.0	12.2	11.9	11.3
窒素		—	0.42	0.50	0.51	0.53	0.44
可給態リン酸	mg/100g乾土	5~50	26	25	26	31	24
石灰飽和度	%	50~65	19	24	28	24	15
苦土飽和度		8~15	3	7	7	6	4
カリ飽和度		2~5	2	4	3	3	3
塩基飽和度		60~85	24	35	38	33	22
陽イオン交換容量	meq/100g乾土	15~35	26	32	31	32	31
石灰/苦土比	当量比	4~8	6.4	3.6	3.8	4.1	3.8
苦土/カリ比		2~5	1.4	1.7	2.5	1.8	1.4
交換性石灰	mg/100g乾土	365~474	140	215	242	219	125
交換性苦土		42~79	16	43	46	39	24
交換性カリ		24~61	27	62	49	50	40

2) 混合堆肥複合肥料の施用が土壤の地力に及ぼす効果

混合堆肥複合肥料の施用が土壤の地力に及ぼす効果を検討するため、3年度栽培開始前土壤と3年度と4年度の栽培跡地土壤について、地力の一要因とされる可給態窒素を測定しました。測定法は30℃・4週間培養法です。採取土壤の風乾細土を30℃の恒温槽で4週間培養し、培養後の無機態窒素量から培養前のそれを差し引いて求めて可給態窒素量としました。平凡野菜とかごしま有機生産組合の土壤を写真13-6に示しました。

① 3年度の結果

3年度の栽培前土壤と栽培跡地土壤（牛ふん混合堆肥区、豚ふん混合堆肥区、慣行区）の風乾細土を用いて可給態窒素を測定しました。結果を表13-29、表13-30、図13-11、図13-12に示しました。分析点数は3年度栽培前土壤が5点、跡地土壤は各区4点としました。

平凡野菜では混合堆肥区の跡地土壤の可給態窒素量が栽培前土壤や慣行区のそれよりも高くなりましたが、中でも牛ふん混合堆肥区の可給態窒素が豚混合堆肥区や慣行区よりもかなり優っていました（表13-29、図13-11）。一方、かごしま有機では、可給態窒素量が栽培前土壤のそれより増加したのは慣行区のみで、牛ふん混合堆肥区と豚ふん混合堆肥区は栽培前土壤と差がみられませんでした（表13-30、図13-12）。このように跡地土壤の可給態窒素量は土壤により違いが認められました。

② 4年度の結果

4年度はCN11 試作肥料区、CN20 試作肥料区、CN23 塩飽肥料区、慣行区の栽培跡地土壤について可給態窒素を測定しました。結果を表13-31、表13-32と図13-13、図13-14に示しました。4年度跡地の分析点数は、3年度と同じ4点です。3年度の栽培試験後から4年度の栽培試験前の間に、レタスや野菜を2～3作の栽培していることから、4年度の栽培前土壤の可給態窒素量が不明なため対照として3年度の栽培前土壤を採用しました。

平凡野菜では3年度と同様に、混合対肥区の跡地土壤の可給態窒素量が3年度栽培前土壤や慣行区よりも高い傾向を示しましたが、統計的な有意差はありませんでした（表13-31、図13-14）。一方、かごしま有機では3年度の結果と異なり、牛ふん堆肥を混合した試作肥料区の可給態窒素量が慣行区や3年度栽培前土壤より高い傾向を示しましたが、統計的な有意差はありませんでした（表13-32、図13-14）。C/N比の異なる3種類の試作肥料間での可給態窒素量には平凡野菜、かごしま有機土壤とも差がみられませんでした。

以上の結果から、混合堆肥複合肥料の施用に伴い土壤の可給態窒素量は栽培前土壤よりも増加し、その効果はとくに牛ふん混合堆肥で高まる可能性が明らかになりました。



平凡野菜（淡色黒ボク土） 有機物含量 5.1%
 かがしま有機（黒ボク土） 有機物含量 11.8%

写真 13-15 栽培試験を行った平凡野菜とかがしま有機ほ場の土壌

表 13-29 令和3年度栽培土壌の可給態窒素量の結果（平凡野菜）

土壌区分	処理区	培養前	培養後	可給態窒素	Tukeyによる 有意差検定
		無機態窒素(mgN/100g乾土)			
3年度栽培前土	-	1.5	5.9	4.4	a
3年度 栽培跡土	牛混合堆肥	16.1	26.7	10.6	b
	豚混合堆肥	7.7	13.1	5.4	ab
	慣行	9.2	13.8	4.6	ab

注) 培養は温度30°Cで4週間、無機態窒素はアンモニア態と硝酸態の含量、
 可給態窒素は培養後の値から培養前の値を差し引いて算出した。

表 13-30 3年度栽培土壌の可給態窒素量の結果（かがしま有機）

土壌区分	処理区	培養前	培養後	可給態窒素	Tukeyによる 有意差検定
		無機態窒素(mgN/100g乾土)			
3年度栽培前土	-	2.1	10.6	8.5	a
3年度の 栽培跡土	牛混合堆肥	1.4	7.8	6.4	a
	豚混合堆肥	1.6	10.2	8.6	a
	慣行	2.1	14.6	12.5	a

注) 培養は温度30°Cで4週間、無機態窒素はアンモニア態と硝酸態の含量、
 可給態窒素は培養後の値から培養前の値を差し引いて算出した。

3年度平凡野菜の可給態窒素量

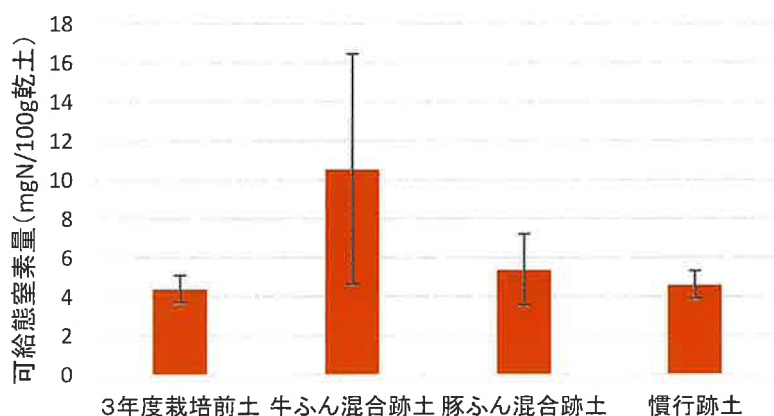


図 13-11 令和3年度レタス栽培跡地土壌の可給態窒素量（平凡野菜）

3年度かごしま有機の可給態窒素量

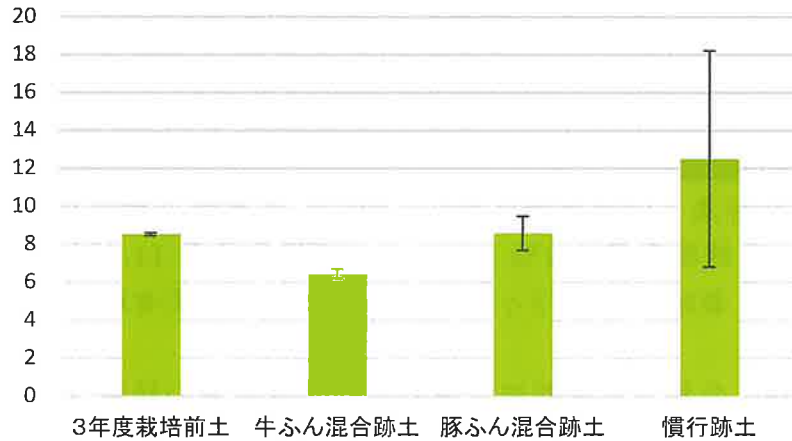


図 13-12 令和3年度ピーマン栽培跡地土壌の可給態窒素量（かごしま有機）

表 13-31 令和4年度栽培土壌の可給態窒素量の結果（平凡野菜）

土壌区分	処理区	培養前	培養後	可給態窒素	Tukeyによる 有意差検定
		無機態窒素(mgN/100g乾土)			
3年度栽培前土	-	1.5	5.9	4.4	a
4年度 栽培跡土	CN11試作肥料	2.8	8.1	5.3	a
	CN20試作肥料	2.8	8.2	5.3	a
	CN23試作肥料	3.8	9.1	5.3	a
	慣行	3.2	7.9	4.7	a

注) 培養は温度30°Cで4週間、無機態窒素はアンモニア態と硝酸態の含量、
可給態窒素は培養後の値から培養前の値を差し引いて算出した。

表 13-32 4年度栽培土壌の可給態窒素量の結果（かごしま有機）

土壌区分	処理区	培養前	培養後	可給態窒素	Tukeyによる 有意差検定
		無機態窒素(mgN/100g乾土)			
3年度栽培前土	-	2.1	10.6	8.5	a
4年度の 栽培跡土	CN11試作肥料	31.3	40.3	9.0	a
	CN20試作肥料	45.2	54.8	9.6	a
	CN23試作肥料	40.3	49.2	8.9	a
	慣行	29.6	35.0	5.3	a

注) 培養は温度30°Cで4週間、無機態窒素はアンモニア態と硝酸態の含量、
可給態窒素は培養後の値から培養前の値を差し引いて算出した。

4年度平凡野菜の可給態窒素量

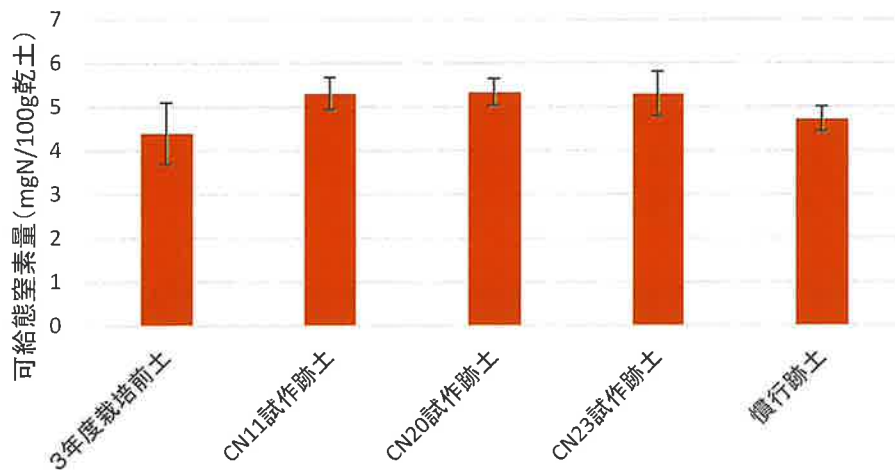


図 13-13 4年度レタス栽培跡地土壌の可給態窒素量（平凡野菜）

4年度かごしま有機の可給態窒素量

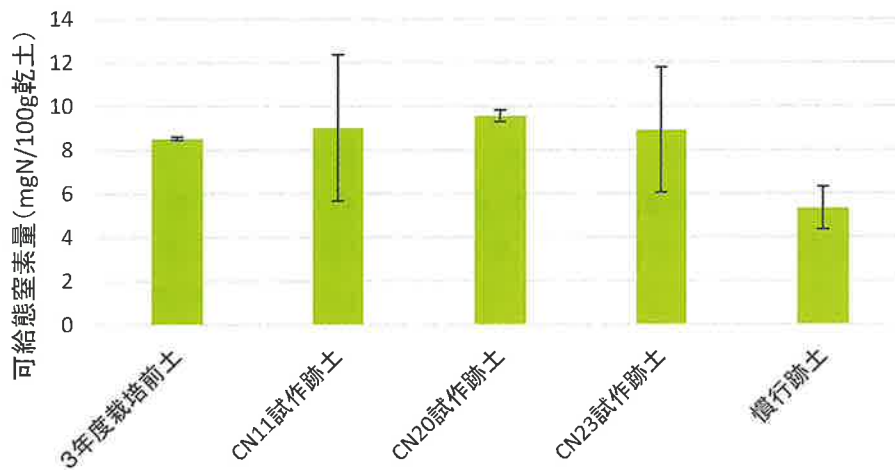


図 13-14 4年度ピーマン栽培跡地土壌の可給態窒素量（かごしま有機）

3) ポット栽培による混合堆肥複合肥料の肥効確認と施肥設計の検証

民間の営農組織において、3年度は2種類の混合堆肥複合肥料（牛ふん混合堆肥と豚ふん混合堆肥、特別栽培対応肥料）、4年度は3種類の試作肥料（C/N11牛試作肥料、C/N20牛試作肥料、CN/23牛試作肥料、特別栽培対応肥料）を施用してレタスとピーマンを栽培しました。ポット栽培でも3種類の混合堆肥複合肥料を施用してホウレンソウを栽培し、混合堆肥複合肥料の肥料効果と施肥設計の妥当性について検討しました。

(1) 栽培試験の方法

ア) 栽培試験場所

畜産環境技術研究所内のビニールハウス内にて実施しました。

イ) 栽培方法及びその規模

1/2,000 アールワグネルポットを用いたポット栽培とし、反復数は3としました。

ウ) 供試土壌と混合堆肥複合肥料

土壌は黒ボク土。前年度のポット栽培試験跡土に低養分の黒ボク土を混合し、肥沃度を低めに調整した土壌を用いました。混合堆肥複合肥料区は牛ふん混合堆肥(まどかちゃんオール 10)、豚ふん混合堆肥(エコレット 055)、鶏ふん混合堆肥(レコアップ 055)の3銘柄としました。

エ) 試験区

試験区として化学肥料区、混合堆肥複合肥料区(上記の3種類)としました。混合堆肥複合肥料は製品形状そのままを使用し、施用量は窒素で施肥基準量に合わせた施用量としました。試験数は合計4区、ポット総数は12個としました。

オ) 施肥設計法

まず、混合堆肥複合肥料の窒素、リン酸、カリの肥効率を測定したのち、成分量に肥効率をかけて化学肥料相当の成分量を算出しました。次に化学肥料相当の成分量をもとに、福島県の施用基準量の窒素基準に合わせた堆肥施用量を算出しました。なお、化学肥料区は施肥基準量を硫酸(窒素)、過リン酸石灰(リン酸)、硫酸加里(カリ)の単肥で施肥しました(表 13-34~表 13-36)。

カ) 供試野菜

野菜品目はハウレンソウとしました。

キ) 調査項目と分析法

ハウレンソウの出芽率、生育経過(草丈、葉数、葉色:SPAD値など)、収穫調査(草丈、葉数、葉色、新鮮重、乾物重、乾物率など)を行いました。

収穫した野菜は70℃で乾燥し、乾物重を秤量したのち粉碎・微粉碎し分析試料としました。ハウレンソウの窒素、リン酸、カリ濃度等を測定し、吸収量を求めました。窒素はCNコーダーで、リン酸とカリ等はマイクロ波式湿式分解装置による分解液についてICP発光分析装置にて測定しました。

ク) 混合堆肥複合肥料の肥効確認

野菜の出芽、生育経過、収量、成分吸収量、跡地土壌の化学性等の結果を総合して肥効評価を行いました。

(2) 栽培試験の結果概要

ア) 3種類の混合堆肥複合肥料の土中での窒素分解率、窒素、リン酸、カリの肥効率、窒素供給量を測定しました。図 13-15、表 13-33、図 13-16の結果から明らかなように、3種類の混合堆肥複合肥料の肥料効果は高いことが明らかになりました。

イ) 出芽率はどの混合堆肥も順調でした(図 13-17)。

生育経過(草丈、葉数、葉色・SPAD値)をみると、生育中期(37日)から収穫期まで生育は順調でした。混合堆肥複合肥料区の生育は化学肥料区より優っていましたが、試験区間では差はみられませんでした(図 13-18)。

ウ) 収穫期での新鮮収量及び乾物重は混合堆肥複合肥料区が化学肥料区よりも優っていましたが、試験区間では差はみられませんでした(表 13-37)。成分濃度及び吸収量は収量と同様に、混合堆肥複合肥料区が化学肥料区よりも優っていましたが(表 13-38、表 13-39)。

エ) 施用量に対する吸収量の割合(吸収利用率)は牛ふん混合堆肥、鶏ふん混合堆肥、豚ふん混合堆肥の順に高い傾向が認められました。また、混合堆肥複合肥料区の吸収利用率は化学肥料よりも高く、施肥設計が妥当と判断されました(表 13-40)。

土中埋設による窒素無機化率(%)

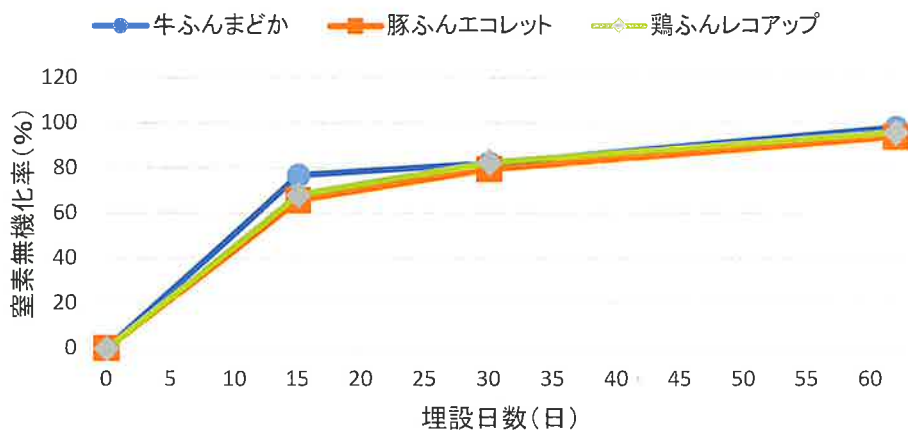


図 13-15 混合堆肥複合肥料 3 種類の土中での窒素分解率

表 13-33 混合堆肥複合肥料 3 種類の窒素、リン酸、カリの推定肥効率

項目	単位	牛混合堆肥	豚混合堆肥	鶏混合堆肥
肥料銘柄名		まどかちゃん	エコレット055	レコアップ055
成分値	N-P2O5-K2O	10-10-10	10-5-5	10-5-5
原料堆肥		牛・豚堆肥混合	豚ふん	鶏ふん
メーカー		(株)JAグリーンとちぎ	朝日アグリア(株)	菱東肥料(株)
推定肥効率%	窒素	99	94	99
	リン酸	94	95	99
	カリ	97	91	96

混合堆肥の窒素無機化量 (mg/瓶)

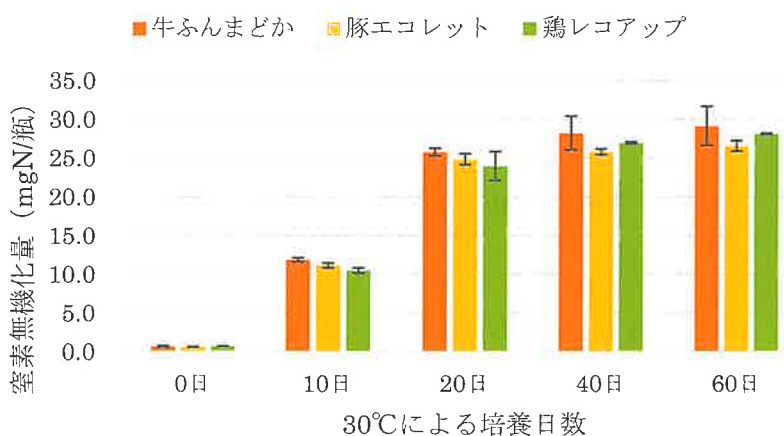


図 13-16 混合堆肥複合肥料 3 種類の窒素供給量の推移

表 13-34 ホウレンソウの施肥基準量

施肥基準	窒素	リン酸	加里
kg/10a	15	15	15
g/ポット	0.75	0.75	0.75

表 13-35 化学肥料区の施肥設計

化学肥料区	1a/2000ポット g/ポット		
	窒素	リン酸	加里
	硫安	過リン酸石灰	硫酸加里
	N21%	P ₂ O ₅ 18%	K ₂ O50%
施肥基準量g	0.6	0.6	0.6
肥料量g	2.9	3.4	1.2

表 13-36 ホウレンソウの窒素施肥基準量に合わせた混合堆肥複合肥料区の施肥設計

混合堆肥 複合肥料	現物施用 量g/pot	乾物施用 量g/ポット	1a/2000ポット g/ポット		
			窒素	リン酸	カリ
牛まどか	8.3	7.9	0.75	0.83	0.89
豚エコレット	8.2	7.9	0.75	0.52	0.46
鶏レコアップ	7.2	6.9	0.75	0.37	0.42
施肥基準量		g/ポット	0.75	0.75	0.75

ポット栽培ホウレンソウの出芽率%(粒状)

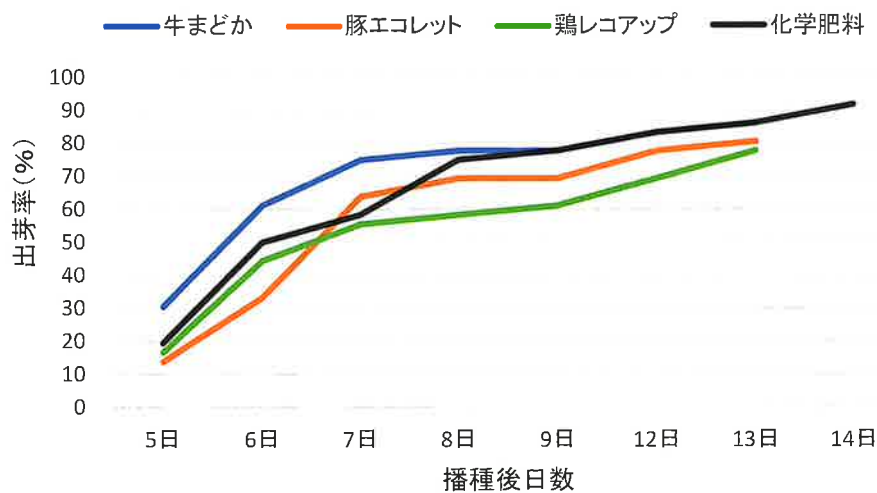


図 13-17 3種類の混合堆肥複合肥料の出芽率の推移

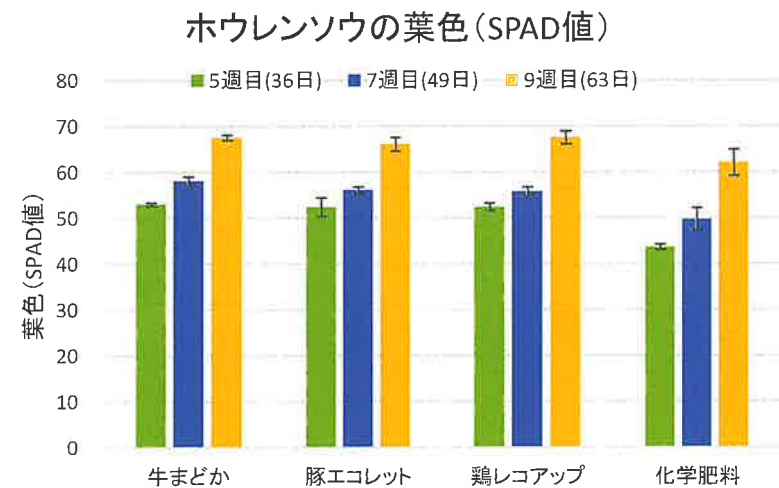
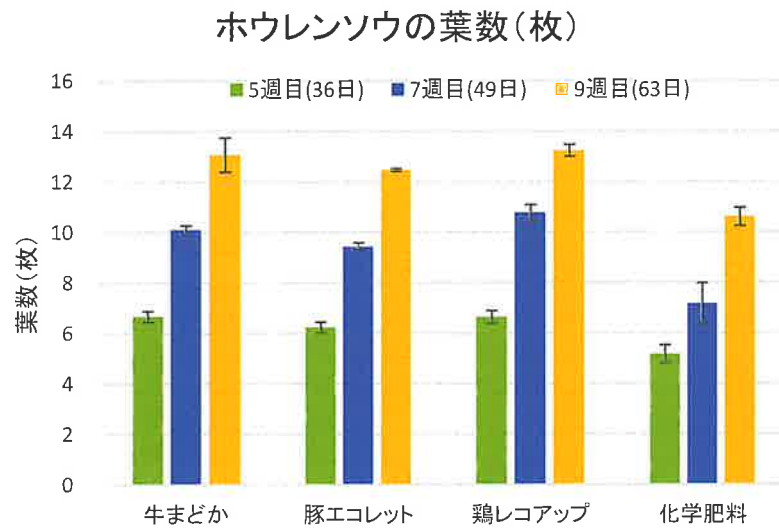
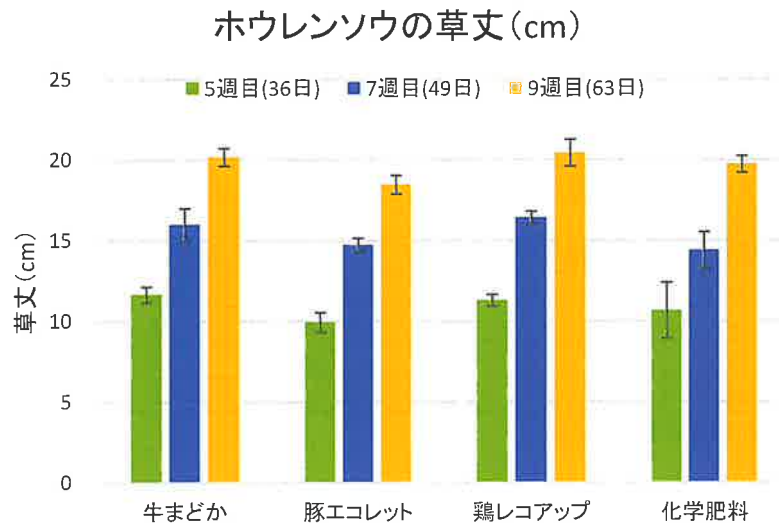


図 13-18 ハウレンソウの生育経過 (草丈、葉数、葉色)

表 13-37 混合堆肥複合肥料によるハウレンソウの収量調査結果

試験区	草丈 cm	葉数 枚	葉色 SPAD値	生収量 g/ポット	乾物収量 g/ポット	乾物率 %	水分率 %
牛まどか	20.2	13.1	68	122	15.4	12.7	87.3
豚エコレット	18.5	12.5	66	103	13.2	12.9	87.1
鶏レコアップ	20.4	13.2	68	118	16.0	13.7	86.4
化学肥料	19.7	10.6	62	94	12.3	13.0	87.0

Tukeyによる多重検定結果

試験区	草丈	葉数	葉色	生収量	乾物収量	乾物率	水分率
牛まどか	b	b	b	b	ab	a	a
豚エコレット	a	b	ab	ab	ab	a	a
鶏レコアップ	b	b	b	ab	b	a	a
化学肥料	ab	a	a	a	a	a	a

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 13-38 混合堆肥複合肥料によるハウレンソウの成分濃度結果

試験区	成分濃度(乾物%)				
	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
牛まどか	5.7	1.1	11.4	0.9	2.7
豚エコレット	5.5	0.9	11.8	1.0	2.8
鶏レコアップ	5.3	0.9	11.5	1.0	2.8
化学肥料	5.2	0.9	12.0	0.9	2.5

ハウレンソウの成分濃度のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
牛まどか	c	b	a	a	b
豚エコレット	b	a	ab	b	b
鶏レコアップ	a	a	a	b	b
化学肥料	a	a	b	ab	a

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 13-39 混合堆肥複合肥料によるハウレンソウの成分吸収量結果

試験区	成分吸収量(mg/ポット)				
	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
牛まどか	878	171	1,750	138	410
豚エコレット	725	125	1,563	135	365
鶏レコアップ	843	150	1,841	162	441
化学肥料	645	112	1,483	114	303

ハウレンソウの成分吸収量のTukeyによる多重検定

処理区	窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
牛まどか	b	c	a	ab	b
豚エコレット	ab	ab	a	ab	ab
鶏レコアップ	b	bc	a	b	b
化学肥料	a	a	a	a	a

注) 縦列の異文字間で5%の有意差あり

表 13-40 混合堆肥複合肥料のハウレンソウによる吸収利用率 (%)

試験区	吸収利用率 (%)		
	窒素	リン酸	カリ
牛まどか	48	12	67
豚エコレット	28	6	42
鶏レコアップ	43	9	79
化学肥料	17	4	31

注) 数値は、 $100 * (\text{処理区の吸収量} - \text{無肥料区の吸収量}) / \text{施用量}$ より求めた。

4) まとめ

- 1) 3年度は2種類の混合堆肥複合肥料(牛ふん混合堆肥と豚ふん混合堆肥、特別栽培対応肥料)、4年度は3種類の試作肥料(C/N11牛試作肥料、C/N20牛試作肥料、CN/23牛試作肥料、特別栽培対応肥料)を施用してレタスとピーマンを栽培しました。
- 2) レタスとピーマンの生育、収穫及び成分吸収量は混合堆肥複合肥料区と慣行区で差が認められず、ポット栽培試験の結果と同様に肥料効果と施肥設計の妥当性が確認できました。また混合堆肥複合肥料の試験区間において、C/N比が23と高い牛ふん堆肥を混合した試作肥料の肥効が低い試作肥料のそれと遜色ないことを確認できたことは特筆に値しました。
- 3) レタスの栽培跡土の化学性は3年度、4年度ともに適正範囲にあり、またピーマンの栽培跡土の化学性は改善方向に向かうなど、特定成分の蓄積はなく、しかも処理区間での差は認められませんでした。
- 4) 混合堆肥複合肥料の施用が土壤の地力(とくに可給態窒素量)に与える影響について検討した結果、混合堆肥複合肥料施用区の可給態窒素は栽培前土壤及び慣行区よりも増加傾向を示しました。とくに、可給態窒素は有機物の少ない土壤に牛ふん堆肥入り混合堆肥複合肥料を施用した場合に高まる可能性が認められました。
- 5) 市販の混合堆肥複合肥料の窒素、リン酸、カリの肥効率に基づいた施肥設計によりハウレンソウをポット栽培した結果、ハウレンソウの生育・収穫調査、成分分析の結果より混合堆肥複合肥料は化学肥料と同等の肥料効果が確認され、施肥設計の妥当なことが示されました。肥料効果は使用した混合堆肥複合の肥料間に大きな差はみられませんでした。

混合堆肥の利用拡大普及事業推進委員名簿

- | | |
|-------|--|
| 荒川 祐介 | 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
九州沖縄農業研究センター 研究推進部
技術適用研究チーム |
| 徳田 進一 | 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
西日本農業研究センター 生産環境研究領域
土壌管理グループ |
| 松元 順 | 菱東肥料株式会社 |
| 竹本 稔 | 神奈川県農業技術センター 三浦半島地区事務所
研究課 |
| 山本 幸洋 | 千葉県農林総合研究センター 土壌環境研究室 |

混合堆肥の利用拡大普及事業

混合堆肥複合肥料の肥効特性と施肥設計及び利用技術に関する手引き

令和5年3月31日発行

発行：一般財団法人 畜産環境整備機構

〒105-0001 東京都港区虎ノ門5丁目12番1号（ワイコービル3階）

TEL 03-3459-6300/FAX 03-3459-6315

編集及び連絡先：一般財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

〒961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字小田倉原1

TEL 0248-25-7777/FAX 0248-25-7540

メールアドレス：ilet@chikusan-kankyo.jp

ホームページ：<https://www.chikusan-kankyo.jp>