

牛ふん堆肥連用が作物収量と土壌の化学性に及ぼす影響

上山紀代美・藤原俊六郎*・船橋秀登**

Effect of Successive Applications of Cow Manure Compost on Growth of Crops and the Chemical Properties of the Soil.

Kiyomi KAMIYAMA, Shunrokuro FUJIWARA and
Hideto FUNAHASHI

緒 言

農業の生産安定のためには土づくりは欠かせないが、土づくりの方法としては養分の矯正や深耕など化学的あるいは物理的手法とともに有機物の施用が重要な技術となっている¹⁾。有機物の施用については、1983年に農林水産省草地試験場が全国調査した資料²⁾によれば数百に及ぶ試験報告があり、対象作物も多岐にわたっている。しかし、これらの大部分は単年から数年の試験例であり、作物の種類を固定して長期にわたる連用試験を実施した例は少ない³⁾。

そこで、農林水産省は土壤保全対策事業の一環として、1975年から固定した圃場で有機物を連用する試験を「土壤環境基礎調査・基準点調査」として全国の公設研究機関の協力のもとに実施した⁴⁾。神奈川県においては、畜産農家と耕種農家のバランスのとれている特徴を生かし、本事業の一環として、牛ふん堆肥の連用試験を、畑地で15年間、水田で17年間実施した。

有機物の施用効果については「地力増強」という言葉が一般に使われるが、井上⁵⁾は「地力は、土壌の植物養分供給力(肥よく度)のみならず、通気性、保水性、透水性、易耕性、pH活性力、微生物活性とその安定性などの要因によって構成される」としている。しかし、その評価方法の策定は困難であり、作物収量や土壌三相、ち密度、化学成分の変化などさまざまな試み⁶⁻¹⁰⁾がな

れているが、近年では金野ら¹¹⁻¹²⁾の示した地力窒素について検討した報告が数多くみられている¹³⁾。ここでは、地力の持つ幅広い意味の中から、作物養分供給力を示す化学性を主体に検討した結果を報告する。

本試験は長期に渡って実施されたものであり、この間、農林水産省関東農政局及び県農業技術課においては試験の実施に便宜を図っていただいた。また、栽培試験は、新藤実技能技師、中島令夫技能技師の多大な協力もとに行われた。ここに記して謝意を表する。

試験方法

1. 畑地における栽培概要

畑地における試験は、1978年から1992年までの15年間にわたって、平塚市寺田縄の神奈川県農業総合研究所内の圃場で実施した。試験規模は、1区97.2m²、1連で、土壌の種類は細粒灰色低地土・灰色系(藤代統)である。供試作物は、冬作にキャベツ(金系201号)、夏作にスイートコーン(ハニーバンダム)を用いた。試験区は、無窒素区、化学肥料単用区、有機物施用区、有機物倍量区である。有機物には伊勢原市内の畜産農家で生産された牛ふん堆肥を用い、施用量は、有機物施用区で神奈川県の標準施用量¹⁴⁾である1t 10a⁻¹、有機物倍量区はその倍量の2t 10a⁻¹とし、年2回、毎作付け前に全面施用した。化学肥料は、無窒素区では過リン酸石灰と硫酸加里を、その他の区では複合燐加安42号(N:P₂O₅:K₂O各14%)を用いた。耕種概要及び施肥量は第1表に示した。

*現 神奈川県園芸試験場

**現 神奈川県農政部農政総務室

第1表 畑作における施肥量 (Kg/10a) および耕種概要

試験区	キャベツ				スイートコーン			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有機物	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有機物
無窒素区	0	25	25	0	0	14	14	0
化学肥料単用区	25	25	25	0	14	14	14	0
有機物施用区	25	25	25	1000	14	14	14	1000
有機物倍量区	25	25	25	2000	14	14	14	2000

キャベツ：播種9月下旬、収穫4月下旬～5月上旬。Nは基肥10Kg、追肥5Kgを3回とした。
スイートコーン：播種5月上旬、収穫8月上旬。

第2表 水田作における施肥量 (Kg/10a) および耕種概要

試験区	水稲					イタリアンライグラス			
	基肥					追肥	基肥		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有機物	ケイカル		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無窒素区	0	4.86	5	0	0	0	0	8	8
化学肥料単用区	4	4.86	5	0	0	3	0	8	8
有機物施用区	4	4.86	5	1000	0	3	10	8	8
総合改善区	4	4.86	5	1000	200	3	10	8	8

1982年、1984年は水稲追肥なし。 水稲：田植6月上旬、収穫10月中旬。
1985年～1987年は水稲基肥なし。 イタリアンライグラス：播種10月下旬、収穫5月中旬。
1988年～1992年は基肥2Kg/10a。

2. 水田における栽培概要

水田における試験は、畑地と同様、当研究所内の圃場で、1976年から1992年までの17年間にわたって実施した。試験規模は1区106.25m²、1連で、土壌の種類は中粗粒灰色低地土・灰色系（加茂統）である。供試作物は、夏作に水稲（品種は1983年まではクサブエ、それ以降はアキニシキ）、冬作にイタリアンライグラス（早生アオバ）を用いた。イタリアンライグラスの地上部は、刈り取り後、圃場外へ持出した。試験区は、無窒素区、化学肥料単用区、有機物施用区、総合改善区である。有機物には畑地と同様の牛ふん堆肥を用い、有機物施用区及び総合改善区で標準施用量である1 t 10 a⁻¹を水稲作付け前に施用した。また、総合改善区では牛ふん堆肥の他にケイカルを200kg 10 a⁻¹施用した。化学肥料は、水稲の基肥として無窒素区では過リン酸石灰と塩化加里、その他の区では複合燐加安44号（N：P₂O₅：K₂O=14：17：13%）、水稲追肥には硫酸、イタリアンライグラスには硫酸、過リン酸石灰、塩化加里を用いた。なお、イタリアンライグラスの作付け年数がたつにつれ、水稲の生育に異常（すくみ症）がみられたため、窒素肥料の減肥を行った。そのため、水稲基肥の窒素量は年によって異なった。耕種概要及び施肥量は第2表に示した。

3. 調査項目及び分析方法

畑地における収量と生育調査は、キャベツでは外葉重と結球重、スイートコーンでは葉重、茎重、果実重、商品果重（200g以上の果実）を調査した。水田においては、イタリアンライグラスでは収穫時の全長、新鮮物重、乾物重、水稲では最高分けつ期の草丈、茎数、収穫期の幹長、穂長、穂数、わら重、玄米重、屑米重を調査した。土壌分析は、畑地、水田とも作物収穫後に作土（約20cm）を採取し、ガラス室内で風乾後、2mmのふるいを通過させた風乾細土を用いた。分析は常法¹⁵⁻¹⁶⁾によった。すなわち、pHは2.5倍容の水浸出後、pHメータで測定した。可給態リン酸はトルオーグ法により抽出し、還元剤としてアスコルビン酸を用いたMurphyとRileyの方法で比色定量した。交換性塩基及び陽イオン交換容量はショーレンバーガー法により抽出し、原子吸光度法及びホルモール法により定量した。

植物体及び牛ふん堆肥も常法¹⁵⁾により分析した。すなわち、全窒素はケルダール法（セミ・マイクロ法）で、その他の成分は、硝酸-過塩素酸による湿式分解後、リン酸はバナドモリブデン酸法、カリウム、カルシウム、マグネシウムは原子吸光度法で定量した。

第3表 畑地における作物収量及び土壌の化学性の平均値

試験区		作物収量		土壌の化学性					
		キャベツ	スイートコーン	pH	塩基飽和度	石灰飽和度	苦土飽和度	カリ飽和度	P ₂ O ₅
無窒素区	通年	—	—	6.3	87.1	66.6	15.0	5.6	47.1
	前期5年	—	—	6.5	87.6	66.5	15.9	5.2	44.1
	後期5年	—	—	6.0	87.5	68.6	12.5	6.5	56.6
化学肥料単用区	通年	3768	824	5.6	67.9	49.9	14.3	3.6	36.5
	前期5年	4525	1036	6.0	71.4	53.0	15.0	3.4	51.3
	後期5年	3018	541	4.8	58.9	44.1	10.9	3.9	40.4
有機物施用区	通年	4835	965	5.6	69.8	51.8	13.8	4.2	48.6
	前期5年	5195	1146	6.0	77.9	59.9	14.3	3.7	41.6
	後期5年	4648	672	4.9	59.6	43.7	10.8	5.1	58.1
有機物倍量区	通年	5438	1092	5.5	71.4	51.4	14.9	5.1	60.1
	前期5年	5519	1166	5.8	71.3	51.8	15.2	4.3	47.4
	後期5年	5421	934	5.3	68.6	48.9	13.0	6.8	74.7

前期5年：1979～1983年。後期5年：1988～1992年。
各飽和度の単位は%。P₂O₅（可給態リン酸）の単位はmg/100g。

結 果

1. 畑地における作物収量と土壌の化学性の変化

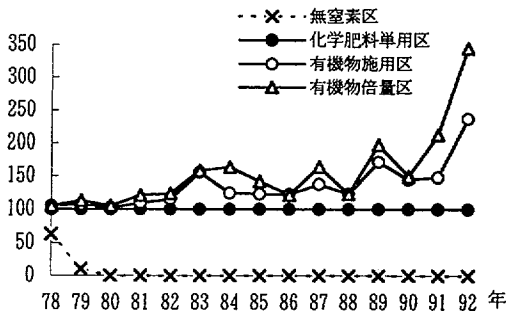
試験結果の具体的データは付表に示した。キャベツの収量（結球部重）は、栽培5年目にあたる1982年までは増加の一途であったが、以後は安定し、1991年以後は減収傾向にあった。1992年までの15年間の平均収量は、化学肥料単用区で3768kg 10a⁻¹、有機物施用区で4835kg 10a⁻¹、有機物倍量区で5438kg 10a⁻¹で、化学肥料単用区に対し、有機物施用区は28%、有機物倍量区は44%の有機物施用による増収効果が認められた。無窒素区は3年目（1980年）から、結球しなくなった。2年目（1979年）から5年間（前期5年）の平均収量と、11年目（1988年）から15年目（1992年）までの5年間（後期5年）の平均収量を比較すると、有機物倍量区ではほとんど変化がないが、化学肥料単用区で34%、有機物施用区で11%低下していた（第3表）。

処理による収量の差をみるために、化学肥料単用区を100とした指数で比較した結果を第1図に示した。これによると処理区間の違いは年々明確になり、5年目にあたる1982年以後は化学肥料単用区に比べ、有機物施用区及び同倍量区では30%以上の増収効果がみられ、さらに有機物施用区に比べ有機物倍量区の増収傾向が明確に認

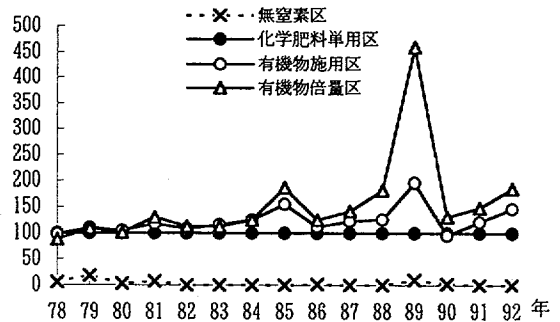
められた。同様の傾向は13年目である1990年までみられたが、以後の2年間は化学肥料単用区の2倍以上の増収効果が認められた。これに対し、無窒素区の収量はほぼ皆無であった。

スイートコーンの収量（果実重）は毎年比較的安定していたが、1987年に収量が最も多く、1989年には湿害のために減収した。15年間の平均をみると、化学肥料単用区で824kg 10a⁻¹、有機物施用区で965kg 10a⁻¹、有機物倍量区で1092kg 10a⁻¹であり（第3表）、化学肥料単用区に対し、有機物施用区は17%、有機物倍量区は33%増収し、キャベツと同様、有機物施用による増収効果が認められた。無窒素区では年により少量の果実を得ることができたが、商品果（果重200g以上のもの）が得られたのは15年間のうち7年で、化学肥料単用区の3～18%程度の収量であった。前期5年（1979～1983年）の平均収量と後期5年（1988～1992年、ただし1989年は湿害により著しく低収量だったため、1989年をのぞく4年間）の平均収量を比較すると、化学肥料単用区で36%、有機物施用区で32%、有機物倍量区で12%低下していた（第3表）。

化学肥料単用区を100とした指数で示した結果を第2図に示した。スイートコーンもキャベツの場合と同様に、有機物施用により収量が増加する傾向がみられ、有機物の量に比例して収量は多くなる傾向があった。また、ど



第1図 キャベツ(結球部)収量の経年変化
(化学肥料単用区を100とした指数で示した)



第2図 スイートコーン(商品果重)収量の経年変化
(化学肥料単用区を100とした指数で示した)

これらの作物も有機物施用の2区は生育が早まる傾向にあり、収穫時に抽台株数がふえたり、鳥や昆虫による被害を受けやすい傾向がみられた。

畑地土壌のpHの変化を第3図に示した。無窒素区を除き、塩基飽和度は70%程度を維持するよう酸性改良したが、pHは経時的に低下した。なお、酸性改良を中止した1990年以後はpHが大幅に低下し、無窒素区以外ではpHは5以下、塩基飽和度は60%以下になった。15年間の平均値は、無窒素区は6.3、他の3区は5.6~5.7で、無窒素区で他の3区よりやや高かった。前期5年(1979~1983年)と後期5年(1988~1992年)の平均値を比較すると、前期5年は5.6~6.5であったのに対し、後期5年ではいずれの区も低下しており、とくに化学肥料単用区で4.8、有機物施用区で4.9と低下が著しかった(第3表)。

石灰飽和度の変化を第4図に示したが、pHとはほぼ同様の傾向を示した。15年間の平均値では無窒素区で66.6%と他の区より高く、前期5年と後期5年の平均値を比較すると、化学肥料単用区で53.0%から44.1%、有機物施用区で59.9%から43.7%に低下していた(第3表)。

苦土飽和度も石灰飽和度と同様の傾向を示したが(第5図)、低下率は石灰よりも著しく、試験開始時の半以下になっていた。全体の平均は13.8~15.0%であるが、前期5年の平均値は14.3~15.9%であったのに対し、後期5年の平均値では10.8~13.0%と低下し、特に化学肥料単用区と有機物施用区で低下していた(第3表)。

これに対し、カリは蓄積傾向がみられた。カリ苦土飽和度の変化を第6図に示した。全体の平均は3.6~5.6%であるが、前期5年の平均値は3.4~5.2%であったのに対し、後期5年の平均値では3.9~6.8%と増加し、有機物の施用量に比例して増加する傾向が顕著であった(第

3表)。また、無窒素区は全期間を通じて高く推移した。

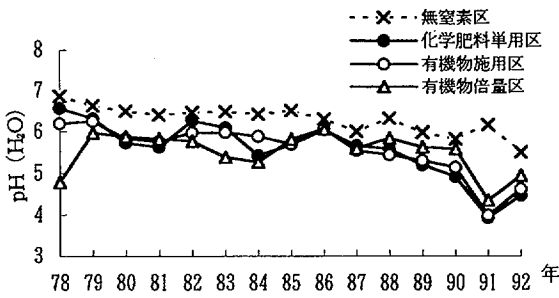
可給態リン酸含量は、カリと同様な傾向を示したが、その傾向はより顕著であった(第7図)。前期5年と後期5年の平均値を比較すると、前期5年が35~47mg 100g⁻¹であったのに対し、後期5年では40~75mg 100g⁻¹と増加しており、有機物施用区と有機物倍量区でその傾向が大きく、有機物の施用によりリン酸が蓄積することがうかがえた(第3表)。

陽イオン交換容量(CEC)の変化を第8図に示した。陽イオン交換容量は年による分析誤差と考えられるふれはあるが、各区で大きな差は認められず明確な傾向は認められなかった。

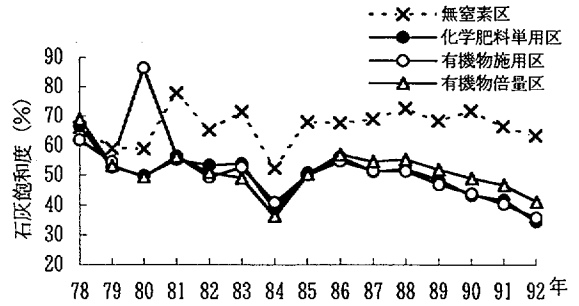
2. 水田における作物収量と土壌の化学性的変化

畑地の場合と同様、各年の試験結果の具体的データを付表に示した。台風により著しく低収となった1982年を除く16年間の水稲の玄米重の平均値は、無窒素区で377kg 10a⁻¹、化学肥料単用区で455kg 10a⁻¹、有機物施用区で482kg 10a⁻¹、総合改善区で493kg 10a⁻¹で、化学肥料単用区に対し、有機物施用区と総合改善区で約10%増収し、無窒素区で約15%減収した。前期5年(1977年~1981年、品種はクサブエ)と後期5年(1988年~1994年、品種はアキニシキ)の平均値を比較すると、化学肥料単用区をのぞく3区で収量が低下する傾向がみられた(第4表、第9図)。

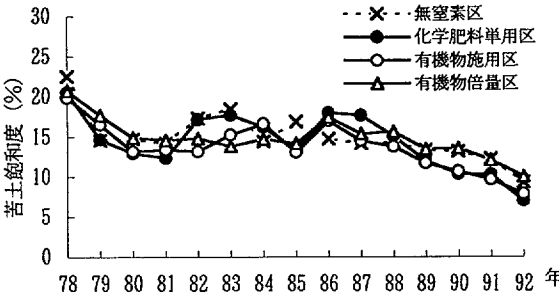
イタリアンライグラスの新鮮物重は年変動が大きかったが、17年間の平均では、無窒素区では化学肥料単用区の35%の収量しか得られず、また、有機物施用区と総合改善区では化学肥料単用区より22~25%増収した(第10図)。前期5年と後期5年の平均値を比較すると、どの区も収量は低下しており、特に化学肥料単用区での低下



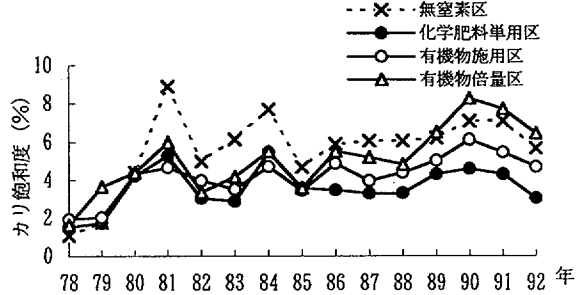
第3図 畑土壌(キャベツ収穫後)のpHの経年変化



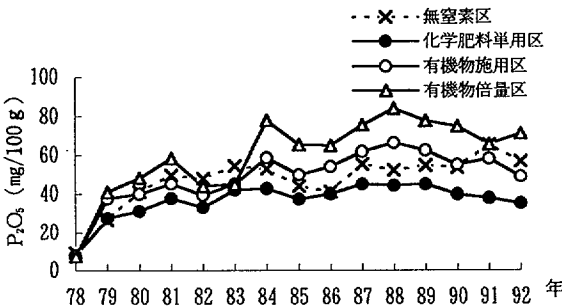
第4図 畑土壌(キャベツ収穫後)の石灰飽和度の経年変化



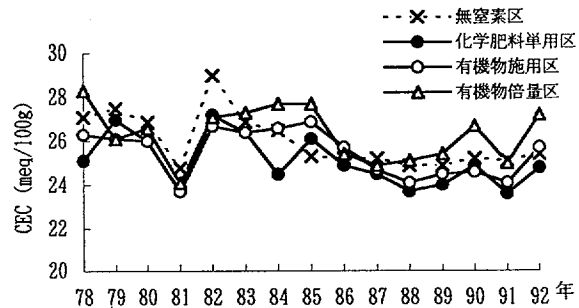
第5図 畑土壌(キャベツ収穫後)の苦土飽和度の経年変化



第6図 畑土壌(キャベツ収穫後)のカリ飽和度の経年変化



第7図 畑土壌(キャベツ収穫後)の可給態リン酸含量の経年変化



第8図 畑土壌(キャベツ収穫後)の陽イオン交換容量の経年変化

が著しかった(第4表)。イタリアンライグラスの収量は1989年に異常に減少したが、これは播種後の管理不良による雑草の多発により、イタリアンライグラスの生育が抑止されたためである。

水田土壌のpHの経年変化を第11図に示した。水田土壌のpHは各区間で差は認められなかったが、前期5年と後期5年の平均値を比較すると、前期5年が6.4~6.7であったのに対し、後期5年では6.0~6.4と低下する傾向にあった(第4表)。石灰飽和度の経年変化を第12図に示したが、やや低下傾向を示しており、前期5年と後期5年の平均値を比較すると、後期5年の方が低下していた。苦土飽和度は明らかに低下傾向にあり(第13図)、

前期5年の平均値が19.0~22.8%であったのに対し、後期5年では17.7~20.9%となった(第4表)。可給態リン酸含量も低下しており(第12図)、前期5年の平均値では9.1~10.8mg 100g⁻¹と土壤診断基準値の下限値であったのに対し、後期5年の平均値では4.8~7.6mg 100g⁻¹と基準値を下回り、特に化学肥料単用区で低下が著しかった(第4表)。

一方カリ飽和度は、17年間の平均値では化学肥料単用区でやや低かったものの、全般的には増加傾向にあり(第11図)、前期5年平均値では1.2~1.8%であったのに対し、後期5年では1.6~3.2%と増加しており(第4表)、有機物の施用によるカリの増加傾向が認められた。

第4表 水田における作物収量及び土壌の化学性の平均値

試験区		作物収量		土壌の化学性					
		水稲	イタリアライグラス	pH	塩基飽和度	石灰飽和度	苦土飽和度	カリ飽和度	P ₂ O ₅
無窒素区	通年	377	267	6.6	90.8	66.7	21.9	2.3	7.7
	前期5年	392	263	6.7	94.3	69.9	22.8	1.6	9.9
	後期5年	386	258	6.4	90.6	66.6	20.9	3.2	7.4
化学肥料単用区	通年	455	757	6.3	81.9	59.9	20.7	1.3	6.9
	前期5年	464	824	6.6	89.3	66.1	22.0	1.2	9.1
	後期5年	464	419	6.0	78.3	57.2	19.5	1.6	4.8
有機物施用区	通年	482	942	6.2	77.0	56.1	19.0	2.0	7.5
	前期5年	510	891	6.4	79.2	57.1	20.3	1.8	9.2
	後期5年	486	694	6.1	77.0	56.6	17.7	2.6	7.3
総合改善区	通年	493	917	6.4	85.4	64.6	19.0	1.9	8.7
	前期5年	533	888	6.6	90.1	69.1	19.5	1.5	10.8
	後期5年	482	639	6.2	84.0	62.8	18.5	2.7	7.6

前期5年：1977～1981年。後期5年：1988～1992年。

収量の単位はKg/10a。

各飽和度の単位は%。P₂O₅ (可給態リン酸) の単位はmg/100g。

また、陽イオン交換容量 (CEC) は各区で大きな差は認められなかったが、前期5年と後期5年の平均値を比較するとやや高まる傾向にあった (第13図)。

3. 作物体の窒素利用率

作物の窒素吸収量と化学肥料及び有機物施用量から、作物による窒素利用率を計算した。なお窒素吸収量は、本来土壌が持っている地力窒素の影響を除くために、各区の作物の窒素吸収量から無窒素区の窒素吸収量を差し引いたものとした。有機物の窒素含量は、1977年～1984年に施用したものの全窒素含量の平均値 (現物中0.72%) を用いた。

畑作物 (キャベツ, スイートコーン) における15年間の窒素利用率は、化学肥料単用区で63%, 有機物施用区で57%, 有機物倍量区で50%であった。前期5年と後期5年の平均値を比較すると、いずれの区も後期で低下する傾向にあった (第5表)。

水田 (水稲, イタリアンライグラス) における17年間の窒素利用率は、化学肥料単用区で41%, 有機物施用区で51%, 総合改善区で47%であった。前期5年と後期5年の平均値を比較すると、化学肥料単用区と総合改善区では後期に低下したが、有機物施用区では上昇していた (第6表)。

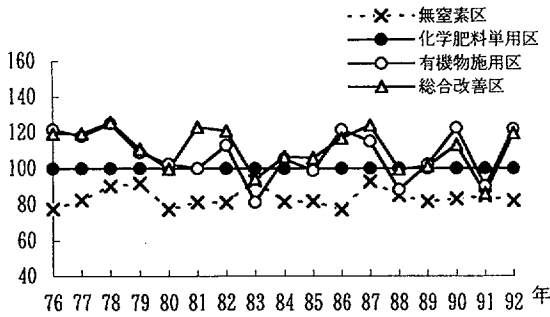
考 察

1. 有機物の連用が作物収量に与える影響

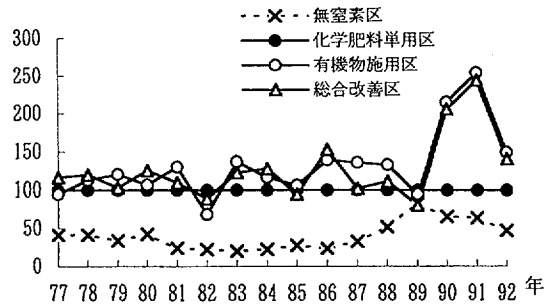
有機物の施用は、水田と畑では傾向が異なっており、畑では有機物施用効果が収量増加にむすびついたが、水田では顕著な効果が認められなかった。

畑地における作物収量は、有機物を施用した2つの区で常に化学肥料単用区より多く、有機物施用量が多い有機物倍量区で最大の収量を得ることができた。また、連用年数が経つにつれて全体的な収量は低下したが、その低下率は化学肥料単用区より有機物を施用した2つの区の方が低く、化学肥料単用区との収量差は大きくなる傾向にあった。このことから、畑地における有機物の連用は増収効果が期待できるといえる。また、窒素の利用率は有機物の多量施用により減少することから、収量に対する効果は単に窒素成分の供給だけでなく、土壌の物理性や微生物性の改善効果によると考えられるが、これについては、1994年度の試験完了時に詳細な調査を実施した上で検討したい。

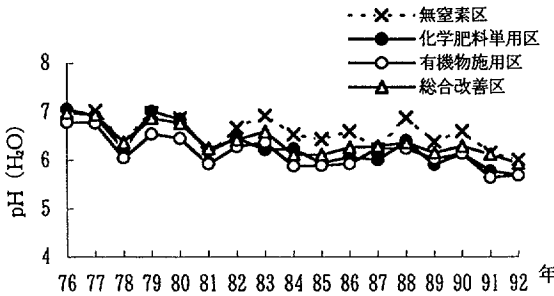
冬作のキャベツと夏作のスイートコーンを比較すると、キャベツの方が有機物施用による増収割合が高く、生育期間が長く地力の影響の大きい冬作で有機物の効果が大きいといえる。また、1990年以後、酸性改良を行わなかつ



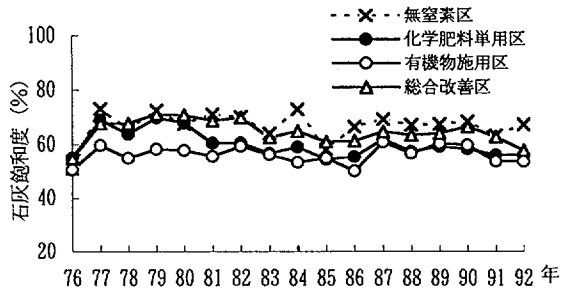
第9図 水稻(玄米)収量の経年変化
(化学肥料単用区を100とした指数で示した)



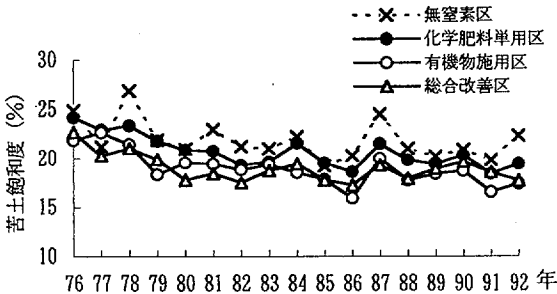
第10図 イタリアンライグラス収量の経年変化
(化学肥料単用区を100とした指数で示した)



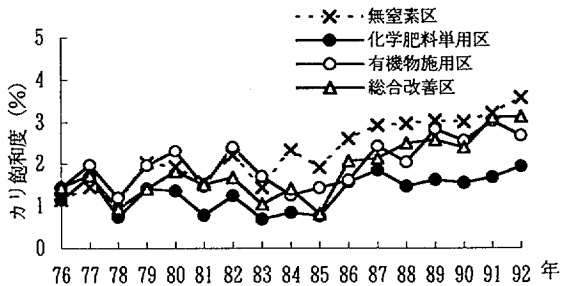
第11図 水田土壌(水稻収穫後)のpHの経年変化



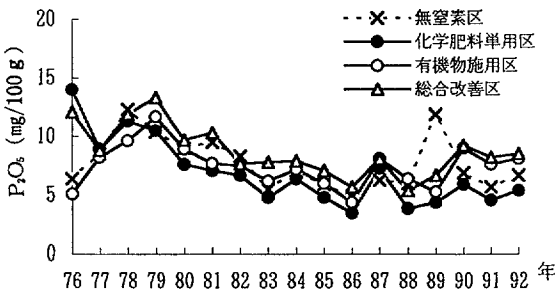
第12図 水田土壌(水稻収穫後)の石灰飽和度の経年変化



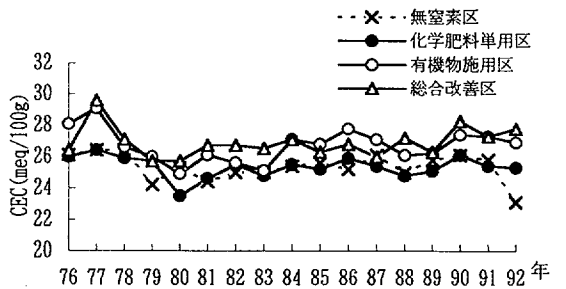
第13図 水田土壌(水稻収穫後)の苦土飽和度の経年変化



第14図 水田土壌(水稻収穫後)のカリ飽和度の経年変化



第15図 水田土壌(水稻収穫後)の可給態リン酸含量の経年変化



第16図 水田土壌(水稻収穫後)の陽イオン交換容量の経年変化

第5表 畑作物による窒素吸収量と窒素利用率

年	化学肥料単用区			有機物施用区			有機物倍量区					
	窒素吸収量		窒素利用率	窒素吸収量		窒素利用率	窒素吸収量		窒素利用率			
	キャベツ	スイートコーン		合計	キャベツ		スイートコーン	合計		キャベツ	スイートコーン	合計
1978	9.49	6.48	15.97	40.95	9.64	8.18	17.82	33.37	11.10	6.98	18.08	26.67
1979	0.00	8.77	8.77	62.64	0.00	9.32	9.32	43.96	0.00	10.16	10.16	35.77
1980	15.81	8.78	24.59	63.05	17.85	12.90	30.75	57.58	18.66	14.54	33.20	48.97
1981	21.94	10.94	32.88	84.31	22.83	14.45	37.28	69.81	24.41	14.37	38.78	57.20
1982	38.48	8.84	47.32	121.33	41.65	9.18	50.83	95.19	53.83	10.90	64.73	95.47
1983	14.33	7.34	21.67	55.56	19.69	7.27	26.96	50.49	20.16	8.64	28.80	42.48
1984	51.98	5.16	27.14	69.59	26.73	8.20	34.93	65.41	32.13	8.57	40.70	60.03
1985	20.31	4.12	24.43	62.64	21.82	7.61	29.43	55.11	28.60	8.21	36.81	54.29
1986	18.46	5.06	23.52	60.31	22.90	7.15	30.05	56.27	20.90	7.07	27.97	41.25
1987	15.99	16.01	32.00	82.05	19.70	19.90	39.60	74.16	21.42	24.79	46.21	68.16
1988	19.22	5.84	25.06	64.26	24.41	9.58	33.99	63.65	22.77	11.43	34.20	50.44
1989	11.44	4.51	15.95	40.90	17.18	7.48	24.66	46.18	19.44	7.99	27.43	40.46
1990	14.96	9.07	24.03	61.62	23.66	10.50	34.16	63.97	22.83	11.98	34.81	51.34
1991	12.07	6.09	18.16	46.56	14.64	8.71	23.35	43.73	19.70	11.03	30.73	45.32
1992	11.30	3.56	14.86	38.10	13.77	4.50	18.27	34.21	13.51	7.18	20.69	30.52
合計	245.78	110.57	356.35	63.63	296.47	144.93	441.40	57.41	329.46	163.84	493.30	50.46

たが、このような粗放な管理下においては有機物の施用効果が高かった。これは有機物の連用にともなう塩基の蓄積効果が大きかったものと考えられる。

一方水田においては、有機物を施用した区が必ずしも化学肥料単用区より常に収量が多いとは限らず、特に有機物の効果が期待される冷害年においても、大きな効果は認められなかった。従って、水田の場合、有機物施用による増収効果は畑地ほどには期待できない。これは、水田ではかんがい水の影響が大きく、有機物やケイカルの施用効果が認められなかったものと考えられる。

2. 有機物の連用が土壌の化学性に及ぼす影響

土壌のpH、石灰及び苦土含量は、有機物施用の有無にかかわらず、畑地でも水田でも年々低下する傾向にあった。特に畑地土壌では、試験前半は栽培後の土壌の分析結果に基づいて、石灰及び苦土資材による土壌改良を実施したにもかかわらず、pHが低下し、石灰及び苦土含量が低下する傾向にあり、土壌改良を行わなかった試験後半はその傾向が強まった。このことから、本試験程度の有機物施用量では、石灰及び苦土資材による土壌改良が必要である。また、カリ含量は蓄積傾向にあり、とくに有機物を施用した区でその傾向が顕著である。苦土含量が低下し、カリが増加する傾向にあることは、塩基バ

ランスの乱れによる苦土欠乏等の生理障害がみられるなどの危険性があるため、塩基バランスにより一層の注意が必要である。

可給態リン酸（トルオーグリン酸）は、畑地と水田とでその傾向が異なっていた。すなわち、可給態リン酸は畑地において増加傾向にあり、とくに有機物倍量区では土壌診断基準値の上限値である土壌100gあたり50mgをこえていた。一方水田においては、有機物を連用してもリン酸があまり増加せず、畑地の場合とは逆に土壌診断基準値の下限値である10mg程度となっていた。従って、水田での有機物施用基準である年間1t 10a⁻¹だけでは、リン酸を補充するには不十分であるといえるが、逆に、基準値の10mg 100g⁻¹が高すぎる可能性があることも示唆された。

また、陽イオン交換容量（CEC）は、水田でも畑地でも変動は小さく、有機物施用による増加はほとんど認められなかった。従って、有機物施用によりCECが高まるといわれているが、本試験程度の有機物施用量では、灰色低地土でのCEC増加効果は期待できないものと考えられる。

3. 有機物の連用が作物の窒素利用率に与える影響

畑作物（キャベツ、スイートコーン）における窒素利

第6表 水田作物による窒素吸収量と窒素利用率

年	化学肥料単用区			有機物施用区			総合改善区					
	窒素吸収量		窒素利用率	窒素吸収量		窒素利用率	窒素吸収量		窒素利用率			
	水稻	イタリアライグラス	合計	水稻	イタリアライグラス	合計	水稻	イタリアライグラス	合計			
1976	1.49	0.00	1.49	21.29	5.13	0.00	5.13	36.13	4.63	0.00	4.63	32.61
1977	1.17	3.72	4.89	28.76	4.71	3.05	7.76	32.07	5.55	5.28	10.83	44.75
1978	5.51	3.62	6.13	36.06	8.49	4.63	13.12	54.21	7.98	4.84	12.82	52.98
1979	2.17	2.25	4.42	26.00	4.05	4.00	8.05	33.26	4.68	2.73	7.41	30.62
1980	4.29	0.99	5.28	31.06	5.56	1.55	7.11	29.38	6.04	1.74	7.78	32.62
1981	2.81	3.44	6.25	36.76	6.04	6.49	12.53	51.78	6.01	4.89	10.90	45.04
1982	2.14	6.99	9.13	65.21	4.61	5.84	10.45	49.29	3.92	6.87	10.79	50.90
1983	1.76	6.97	8.73	51.35	3.44	6.86	10.30	42.56	3.90	7.95	11.85	48.97
1984	2.99	5.64	8.63	61.64	7.27	8.27	15.54	73.30	5.29	6.01	11.30	53.30
1985	2.24	5.55	7.79	59.92	7.72	5.89	13.61	67.38	5.81	5.45	11.26	55.74
1986	2.88	6.73	9.61	73.92	5.62	12.59	18.21	90.15	5.62	16.65	22.27	110.25
1987	1.72	5.56	7.29	56.00	5.87	13.58	19.45	96.29	5.25	6.93	12.18	60.30
1988	2.90	1.98	4.88	32.53	4.95	2.97	7.92	35.68	3.68	2.01	5.69	25.63
1989	5.99	0.81	6.80	45.33	7.76	1.23	8.90	40.09	8.92	1.17	10.09	45.45
1990	1.92	1.00	2.92	19.47	7.52	4.56	12.08	54.41	4.06	4.45	8.51	38.33
1991	3.70	0.65	4.35	29.00	7.94	4.40	12.34	55.59	5.74	4.26	10.00	45.05
1992	2.97	1.08	4.05	27.00	6.80	2.84	9.64	43.42	5.14	1.72	6.86	30.90
合計	45.65	56.98	102.63	40.89	103.39	88.75	192.14	51.46	92.22	82.95	175.17	46.91

用率は、前期と後期を比較すると、後期で低下する傾向にあった。試験年数を経るにつれ土壌の塩基バランスが悪化し、収量が低下したこともその一因と考えられるが、窒素利用率が化学肥料単用区より有機物を施用した区で低いことから、有機物の連用による養分の蓄積が進み、養分の供給量が増加したことも、利用率低下の原因と考えられる。また、有機物倍量区は有機物施用区より窒素利用率が低下しており、収量の増加は認められてはいるが、倍量施用した有機物が有効には利用されていないといえよう。このことは、有機物の多量施用が土壌中に窒素の蓄積をまねき、場合によっては環境汚染の原因になることも考えられるため、施肥量を減らすなどの対策が必要となろう。減肥をはじめの時期については、本試験の窒素利用率の経年変化をみると、連用5年目程度までは利用率が上昇し、その後低下傾向に転じることから、連用5年目頃から可能と考えられる。具体的な減肥の方法については、今後検討する必要がある。

水田における窒素利用率は、試験区の中では有機物施用区が最も高かったが、全体的に畑地より低くなっていた。これはかんがい水からの窒素量が影響しているものと推察される。また、総合改善区では、ケイカル施用による窒素利用率の増加が認められず、本試験の場合ケイカルの効果は不十分であったといえる。

摘 要

有機物施用が作物の生育及び収量と土壌の理化学性に与える影響を把握し、今後の地力増強対策を明らかにする目的で、灰色低地土の畑地及び水田において有機物連用試験を実施した。有機物には牛ふん堆肥を用い、畑地で15年間、水田で17年間の連用結果を検討した。

その結果、有機物連用により、畑地のキャベツでは化学肥料単用区と比較して28～44%、スイートコーンでは17～33%増収し、特に冬作のキャベツで有機物施用効果が高かった。一方、水田のイタリアンライグラスでは22～25%化学肥料単用区より増収したが、水稻では7～10%の増収で、有機物施用の効果は畑地ほど顕著ではなかった。

試験期間中の畑土壌の化学性の変化は、pH、石灰飽和度、苦土飽和度が低下し、カリ飽和度と可給態リン酸含量（トルオーグ法）が増加した。水田土壌では、可給態リン酸含量の増加が認められなかった以外は、畑土壌と同様であった。カリ及びリン酸の蓄積は、有機物施用量の多い区で顕著であった。陽イオン交換容量は、畑土壌でも水田土壌でも有機物の施用による大きな変化は認められなかった。

作物体の窒素利用率は、畑では化学肥料単用区が、水

田では有機物施用区が最も高く、連用年数がたつにつれ低下する傾向にあった。

以上のことから、単一の有機物の連用は、収量を増加させる効果は認められるが、連用年数がたつにつれて養分の偏りが生じ、作物の窒素利用率も低下することから、有機物を施用していても塩基バランスに注意するとともに、連用年数によっては減肥の必要性があることが示唆された。

参 考 文 献

- 1) 農業研究センター編(1985)農耕地における有機物施用技術(総合農業研究叢書第5号)
- 2) 農林水産省草地試験場編(1983)堆肥関係研究課題一覧
- 3) 農林水産技術会議事務局(1977)火山灰土における堆肥及び厩肥の長期連用効果に関する研究(研究成果9)
- 4) 農林水産省農蚕園芸局農産課(1991)土壤環境基礎調査基準点調査(一般調査)中間とりまとめ
- 5) 井上 隆弘(1994)土壤の生産性、土壤・植物栄養・環境事典(松坂 泰明・栗原淳監修)、博友社、PP126~127
- 6) 神谷 径明・大石 達明・嶋田 昭史・水本 順敏・堀 兼明(1994)静岡農試研報、38: 1~10
- 7) 若沢 秀幸・河合 徹・神谷 径明・堀田 柏・青島 洋一・鈴木 則夫・中神 敏・山田 金一・堀兼明・堀内 正美・高橋 和彦・水本 順敏・松本昌直(1994)静岡農試研報、38: 85~98
- 8) 河合徹・若沢秀幸・堀田柏・神谷径明(1994)静岡農試研報、38: 99~106
- 9) 山田裕・鎌田春海(1989)神奈川農総研研報、131: 1~13
- 10) 農林水産技術会議事務局(1985)農耕地における土壤有機物変動の予測と有機物施用基準の策定(研究成果166)
- 11) 杉原進・金野隆光・石井和夫(1986)農環研報、1: 127~166
- 12) 金野隆光・杉原進(1986)農環研報、1: 51~68
- 13) 山田 裕(1991)神奈川農総研研報、133: 67~74
- 14) 神奈川県(1994)神奈川県作物別肥料施用基準
- 15) 農林水産省農蚕園芸局農産課(1979)土壤環境基礎調査における土壤、水質及び作物体分析法
- 16) 山添 文雄・越野 正義・藤井 国博・三輪 睿太郎(1973)詳解肥料分析法、養賢堂、PP39~43

SUMMARY

The effects of successive application of organic matter (a cow manure compost) on the growth of crops and the chemical properties of the soil were examined for fifteen years in upland fields and seventeen years in rice paddy fields. The soil type examined in this study was Gray Lowland Soils.

Yield of cabbage and sweetcorn grown in the upland fields was higher in the plots applied the manure compost with chemical fertilizers than those applied only the chemical fertilizers. This was especially true for the winter crop of cabbage. In the paddy fields, the manure compost plot and the chemical fertilizer-only plot were almost equal in their rice yields.

In the upland fields the soil pH values and the amount of CaO and MgO decreased over time, whereas K₂O and available P₂O₅ increased, especially in the manure compost plot. In the paddy fields the same tendency was exhibited, except for the transitions of the amount of available P₂O₅. CEC in the manure plot did not change over time in either the upland or paddy fields.

The rate of utilization of nitrogen decreased over time. The highest rate was in the upland chemical fertilizer plot and the paddy manure compost plot.

In conclusion the successive application of one kind of organic matter increased crop yield, but the nutrients in the soil became unbalanced and the utilization of nitrogen decreased. Care must be taken that the base balance does not worsen or to decrease the amount of chemical fertilization.

付表-1 畑作における収量と土壌の化学性

年	試験区	収量 (Kg/10a)		キャベツ収穫後土壌の化学性					
		キャベツ	スイートコーン	pH	CEC	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
1978	無窒素区	1380	49	6.88	27.1	502	123	14	9.3
	化学肥料単用区	2190	868	6.58	25.1	468	104	18	7.7
	有機物施用区	2310	849	6.20	26.3	456	105	24	7.1
	有機物倍量区	2310	765	4.79	28.3	547	118	22	7.4
1979	無窒素区	299	191	6.65	27.5	456	81	23	26.7
	化学肥料単用区	2806	1034	6.33	27.0	399	80	22	27.6
	有機物施用区	3012	1137	6.26	26.1	399	87	25	37.6
	有機物倍量区	3179	1124	5.97	26.1	390	93	45	40.9
1980	無窒素区	0	48	6.51	26.9	444	80	56	41.3
	化学肥料単用区	4804	1315	5.73	26.0	364	68	52	31.1
	有機物施用区	4935	1374	5.83	26.0	631	69	53	40.2
	有機物倍量区	5072	1338	5.88	26.6	369	80	55	48.4
1981	無窒素区	0	79	6.41	24.8	542	71	104	49.9
	化学肥料単用区	5367	1078	5.63	23.7	367	59	59	37.8
	有機物施用区	5850	1263	5.76	23.7	375	64	52	45.3
	有機物倍量区	6503	1395	5.83	24.1	381	71	68	58.4
1982	無窒素区	0	0	6.48	29.0	530	101	68	48.0
	化学肥料単用区	6943	949	6.27	27.2	407	94	39	33.2
	有機物施用区	7987	1023	5.97	26.7	369	71	50	39.5
	有機物倍量区	5874	1069	5.77	27.1	387	81	43	44.2
1983	無窒素区	0	0	6.50	26.9	539	100	78	54.5
	化学肥料単用区	2705	804	6.10	26.4	398	94	36	42.1
	有機物施用区	4193	932	5.98	26.4	390	81	44	45.2
	有機物倍量区	4267	903	5.38	27.3	375	76	54	45.0
1984	無窒素区	0	0	6.43	26.5	389	77	96	53.1
	化学肥料単用区	4276	728	5.43	24.5	266	80	63	42.8
	有機物施用区	5307	910	5.89	26.6	305	89	59	58.5
	有機物倍量区	6976	911	5.27	27.7	282	82	72	77.9
1985	無窒素区	0	0	6.53	25.3	482	86	56	44.1
	化学肥料単用区	4868	606	5.70	26.1	372	70	44	37.5
	有機物施用区	5982	937	5.71	26.9	377	71	44	49.8
	有機物倍量区	6903	1130	5.83	27.7	391	79	47	65.2
1986	無窒素区	0	14	6.32	25.2	478	75	70	41.2
	化学肥料単用区	3710	800	6.05	24.9	392	90	41	40.2
	有機物施用区	4544	891	6.08	25.7	394	88	59	54.2
	有機物倍量区	4522	999	6.07	25.4	405	89	66	64.8
1987	無窒素区	0	0	6.01	25.2	488	72	72	55.4
	化学肥料単用区	3757	1469	5.67	24.5	352	87	38	45.0
	有機物施用区	5165	1793	5.55	24.7	357	72	46	61.6
	有機物倍量区	6163	2082	5.60	24.9	381	77	61	75.4
1988	無窒素区	0	0	6.34	24.9	507	72	71	52.3
	化学肥料単用区	3600	521	5.59	23.7	346	72	37	44.3
	有機物施用区	4424	656	5.45	24.1	347	67	50	66.2
	有機物倍量区	4428	946	5.86	25.1	389	79	57	84.0
1989	無窒素区	0	12	5.99	24.9	478	67	73	54.8
	化学肥料単用区	3682	124	5.21	24.0	326	58	49	45.0
	有機物施用区	6294	243	5.31	24.5	323	58	58	62.3
	有機物倍量区	7274	569	5.64	25.4	370	69	78	77.8
1990	無窒素区	0	17	5.84	25.2	507	67	84	53.7
	化学肥料単用区	4527	675	4.92	24.9	303	52	54	39.8
	有機物施用区	6560	643	5.14	24.6	303	53	71	55.1
	有機物倍量区	6757	884	5.59	26.7	367	73	104	74.9
1991	無窒素区	0	0	6.18	25.1	468	62	84	65.3
	化学肥料単用区	2030	797	3.93	23.6	277	49	48	37.8
	有機物施用区	3000	959	3.99	24.1	273	47	62	58.2
	有機物倍量区	4314	1184	4.35	25.0	328	61	91	65.5
1992	無窒素区	0	0	5.52	25.4	452	48	68	56.8
	化学肥料単用区	1253	586	4.47	24.8	240	35	36	35.1
	有機物施用区	2964	858	4.63	25.7	259	41	57	48.9
	有機物倍量区	4330	1085	4.95	27.2	315	55	83	71.1

付表-2 水田作における収量と土壌の化学性

年	試験区	収量 (Kg/10a)		水稻収穫後土壌の化学性					
		水稻	イリソソライラス	pH	CHC	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
1976	無窒素区	296	—	6.93	26.1	373	131	14	6.4
	化学肥料単用区	381	—	7.06	26.0	400	127	14	14.0
	有機物施用区	464	—	6.79	28.1	397	124	19	5.1
	総合改善区	454	—	6.99	26.4	406	121	18	12.1
1977	無窒素区	305	404	7.03	26.4	541	113	18	8.5
	化学肥料単用区	370	969	6.92	26.4	510	122	21	8.9
	有機物施用区	436	920	6.77	29.1	486	133	27	8.2
	総合改善区	441	1126	6.94	29.6	561	121	24	8.8
1978	無窒素区	384	361	6.39	26.4	484	143	14	12.3
	化学肥料単用区	427	868	6.24	25.9	463	122	9	11.3
	有機物施用区	533	978	6.05	26.6	408	115	15	9.6
	総合改善区	536	1041	6.38	27.1	514	115	12	11.9
1979	無窒素区	483	299	6.99	24.2	492	107	23	10.4
	化学肥料単用区	527	878	7.01	25.7	503	113	17	10.5
	有機物施用区	572	1055	6.55	26.0	424	96	24	11.7
	総合改善区	583	904	6.87	25.7	512	103	17	13.3
1980	無窒素区	390	210	6.87	25.3	479	107	23	9.0
	化学肥料単用区	504	492	6.85	23.5	447	99	15	7.6
	有機物施用区	516	524	6.46	24.9	403	98	27	8.9
	総合改善区	502	618	6.77	25.7	510	92	22	9.7
1981	無窒素区	399	241	6.11	24.4	486	113	18	9.5
	化学肥料単用区	491	987	6.21	24.6	417	103	9	7.1
	有機物施用区	491	1281	5.93	26.1	406	102	18	7.7
	総合改善区	603	1082	6.25	26.7	514	99	19	10.3
1982	無窒素区	152	205	6.67	25.0	491	107	26	8.3
	化学肥料単用区	188	895	6.47	25.5	432	99	15	6.7
	有機物施用区	212	615	6.29	25.6	426	97	29	7.5
	総合改善区	227	797	6.43	26.7	522	94	21	7.7
1983	無窒素区	330	199	6.92	25.0	448	106	17	5.5
	化学肥料単用区	355	975	6.22	24.8	393	98	8	4.8
	有機物施用区	288	1333	6.38	25.1	394	98	20	6.2
	総合改善区	334	1198	6.59	26.5	464	100	13	7.8
1984	無窒素区	411	239	6.54	25.4	519	114	28	7.0
	化学肥料単用区	505	1049	6.24	25.5	421	111	10	6.4
	有機物施用区	531	1221	5.88	27.1	404	101	16	7.2
	総合改善区	538	1342	6.13	27.1	492	106	18	7.9
1985	無窒素区	431	274	6.44	25.6	416	99	23	5.9
	化学肥料単用区	528	986	5.95	25.2	384	99	9	4.8
	有機物施用区	521	1044	5.89	26.8	412	96	18	6.0
	総合改善区	558	935	6.12	26.3	449	94	10	7.1
1986	無窒素区	286	222	6.60	25.2	469	103	31	4.9
	化学肥料単用区	371	927	6.07	25.9	401	97	19	3.5
	有機物施用区	451	1288	5.93	27.8	389	89	21	4.4
	総合改善区	433	1418	6.27	26.8	460	93	26	5.7
1987	無窒素区	387	329	6.23	26.1	506	129	36	6.3
	化学肥料単用区	418	991	6.01	25.4	441	110	22	7.3
	有機物施用区	480	1345	6.26	27.1	461	109	31	8.1
	総合改善区	518	1012	6.30	26.0	471	101	26	8.1
1988	無窒素区	411	259	6.88	25.0	470	106	35	6.0
	化学肥料単用区	485	498	6.40	24.8	398	99	17	3.9
	有機物施用区	427	662	6.25	26.1	414	93	25	6.4
	総合改善区	482	554	6.37	27.2	483	98	32	5.4
1989	1 無窒素区	407	319	6.39	25.8	487	105	37	11.9
	化学肥料単用区	499	385	5.91	25.1	416	98	19	4.4
	有機物施用区	509	364	6.03	26.2	442	97	35	5.3
	総合改善区	505	309	6.16	26.3	471	100	32	6.7
1990	無窒素区	339	305	6.60	26.1	500	110	37	6.9
	化学肥料単用区	409	466	6.14	26.1	425	107	19	5.9
	有機物施用区	501	1003	6.14	27.4	458	103	33	9.0
	総合改善区	462	959	6.30	28.3	527	112	32	9.2
1991	無窒素区	369	197	6.16	25.8	457	103	39	5.7
	化学肥料単用区	437	309	5.78	25.4	398	94	20	4.6
	有機物施用区	393	784	5.64	27.3	409	91	39	7.6
	総合改善区	375	752	6.13	27.3	480	102	40	8.2
1992	無窒素区	402	208	6.02	23.1	435	104	39	6.7
	化学肥料単用区	491	439	5.69	25.3	396	99	23	5.4
	有機物施用区	599	657	5.69	26.9	403	94	34	8.1
	総合改善区	587	619	5.94	27.8	449	99	41	8.5