

## 南九州の黒ボク土に多量施用された生牛糞の残効について

—陸稲の地上部および根の生育様相の変化—

植木健至・品川昭夫\*

(作物学研究室・\*土壌学研究室)

昭和58年8月10日 受理

### The Residual Effects of Fresh Cow Dung Excessively Applied to the Black Volcanic Ash Soil (Andosols) on the Growth of Top and Root of Upland Rice in Southern Kyushu

Kenji UEKI and Akio SHINAGAWA\*

(Laboratory of Crop Science, \*Laboratory of Soil Science)

#### 緒 言

近年、家畜尿などの土壌への大量還元については、試験研究が全国的に行われ、その総合集録も発表されている<sup>1)</sup>。このうち、畜産廃棄物投与の作物生産に及ぼす直接的な影響に関してはかなり明確にされてきたと思われるが、その後作に及ぼす残効については未だ不明の点が多い。この問題の解明が南九州でとくに重要な意義をもつと思われるのは次の2点による。第1は社会的条件のもつ特殊性である。昭和30年代より南九州は畜産振興が極力推進された結果、家畜飼養頭数は飛躍的な増加をしたが、それに伴い多頭飼育農家もまた急増した。この多量の畜産廃棄物の偏在化に対する解決は必然的に土壌還元によらざるをえないということである。したがって投与後の残存様相の解明は農業上非常に重要である。第2は気象、土壌環境からくる特異性である。高温、多雨が畑土壌の瘠薄化を招くことはいうまでもないが、加えて南九州畑作地帯に広く分布する黒色火山灰土壌(黒ボク土)の特性がある。野口<sup>2)</sup>は多数の土壌類型と養分吸収に関する詳細な観察を行い、散水量の増加により硝酸態窒素や加里は下層土に直線的に移動し、とくに黒ボク土において各種養分の流亡、溶脱の大なることを裏付けている。

現在、九州各地において黒ボク土畑に多量施用された未熟きゅう肥の残効試験が行われつつある。本報告も生牛糞を多量施用された黒色火山灰土の残効の様相を明らかにするとともに、残効が何年継続するかを陸稲の生育様相の面から解明することが目的である。これと平行して行われた土壌の化学分析は続報とし、後日作物学と土壌学の両面よりの総合考察を試みたい。

#### 材料と方法

鹿児島県農業試験場大隅支場は、黒色火山灰土壌の圃場において1972年から1977年の5年間、飼料作物(青刈ソルガム(夏)とイタリアンライグラス(冬)の組合せ)に対する生牛糞の単用、多施用試験を行った。このうち毎年100t/10a(夏、冬各50t)、48t/10a(夏、冬各24t)および0t(無肥料)を連用した土壌の譲渡を受け、これを本実験の基材料とした<sup>註</sup>。

以上の3種類の土壌を用い、Table 1に示すように1978年から1980年にかけての3年間、無肥料で毎年陸稲(夏作)と小麦(冬作)とをポット栽培し、このうち陸稲についてその地上部の生育収量の経年変化を調査し、3要素施用区と対比した。1/5000aのポットを用い、1区8~6ポット(後述のように、1作終了時にポットの土壌の夾雑物を除去したため土の量が減少し、したがって1区当りのポット数も若干減少した)に1株1本3株植とした。なお、3要素施用区(対照区)は、前記大隅支場の圃場周辺の原土を用い、これに元肥として窒素、リン酸、カリを各成分でポット当り1g施用し、追肥は行わなかった。

ここで各年における1作目土壌は鹿児島県農業試験場から譲渡をうけた各種土壌をポリ袋に密封し保管、使用したものである。品種は陸稲は農林11号、小麦はダンチコムギである。陸稲の播種期および収穫期は年により若干の変動があったが、前者は6月上旬、後

註 牛糞は排泄後1週間内に圃場に搬入し、全面撒布後ブラウで30cm耕起し、全層(20-25cm)にローターベーターで混和した。

Table 1. Cropping design

1978		1979		1980
Summer	Winter	Summer	Winter	Summer
○ Upland rice (1 st crop)	Wheat	○ Upland rice (3 rd crop)	Wheat	○ Upland rice (5 th crop)
		○ Upland rice (1 st crop)	Wheat	○ Upland rice (3 rd crop)
				○ Upland rice (1 st crop)

○ ; Growth and yield were investigated.

者は10月下旬であった。

つぎに100t区および0t区土壌について、おのおの1つの根箱を用い3年間夏は陸稲、冬は小麦を栽培し、このうちとくに陸稲について根系の発育状況を調査した。根箱は縦25cm横35cm深さ60cmで、上面5cmより土壌を充填し底部10cmに砂利を敷いた。ガラス面より5cmの中央部に陸稲、小麦を1本植したが、陸稲についてのみ、10日間毎に生育に伴ってガラス面に現われた根系をトレースし、冠根、分枝根の数および根長を測定した。なお、ポット試験の場合も同様であるが、作物栽培の交代期には内容物を全部取り出し夾雑物を除去し再充填した。

## 結 果

### 1. 陸稲の収量および収量構成要素

Fig. 1に各種土壌における陸稲の収量および収量構成要素を三要素区（対照区）に対する百分比で示した。

まず穂重に着目すれば、1作目土壌では3年間ともに100t区>48t区>3要素区>0t区の傾向が明瞭であり、3作目（2年目）では100t区>3要素区>48t区>0t区であり、5作目（3年目）については3要素区>100t区>48t区>0t区であった。つまり、100t区1作目は極めて多収を示すことが特徴的であり、3作目においても3要素区より優るが、5作目に至っては3要素区より劣る結果となった。また48t区は1作目は3要素区より優ったが3作目以後は明らかに収量が低下した。0t区の極端な低収は当然といえる。

以上、穂重一収量にみられた様相を収量構成要素に分解すると次のとおりである。100t区では1作目、3作目ともに穂数は3要素区と比べて同等かそれ以下であるにもかかわらず、1穂粒数、登熟歩合に著しい増加がみられ、これが収量に直結したものと判断される。しかし5作目に至れば穂数の著しい減少が影響し

て、若干の1穂粒数、登熟歩合の増加があっても3要素区に劣る結果となったといえる。48t区においては1作目では、穂数は明らかに減少したが、1穂粒数、登熟歩合が高まった結果、収量においてやや優り、3作目以降は穂数減が大きく響いて減収となった。0t区は穂数に加えて1穂粒数の極端な減少が低収量の主因であり、1979年にみられる登熟歩合の比較的高い値はこれらの補償作用の結果にすぎないといえる。

実験期間の3カ年の気象には若干の年次変動がみられたものの、とくに異常気象といえるものに遭遇しなかった。試験区の設計において1979年、1980年に各供試土壌の1作目を設定したのは、反覆の意味に加えて気象の年変動を考慮に入れたためであるが、各区とも穂重の3要素区対比値には類似の傾向がみられた。しかし、収量構成要素ともなると、各要素が相互に補償し合うために、わずかの気象的変異によって影響をうけていることがわかる。とくに構成要素のうち最初に決定される穂数の大小の年次別差異が、後の1穂粒数、登熟歩合につよく影響するためにそれらの数値に不均衡がみられたのはやむをえない。こういったなかで、精粒千粒重のみはほとんど区間差、年次差がみられなかったので図も省略した。

### 2. 陸稲の根系の発達様相

根箱のガラス面に現われた根系の観察からみると、生牛糞の残効が明瞭に観察された。すなわち、100t区1作目においては、分けつ初期までは根の分布も地表面より20cm位までの浅層に分布し、根群もまばらで、走行角度も一定していない。分けつ盛期（7月10日～31日）に入って根量の増加は顕著となるが、根群の発達是最深部まで至らず30cm位までのところに分布している。ただ走行角度は縦方向へのまとまりをみせ、地表面に対し60°以上のものが多い。8月に入り、つまり分けつ末期から幼穂発育期間になると、根量の増加は最高になり、縦方向への伸長が盛んで、走行角

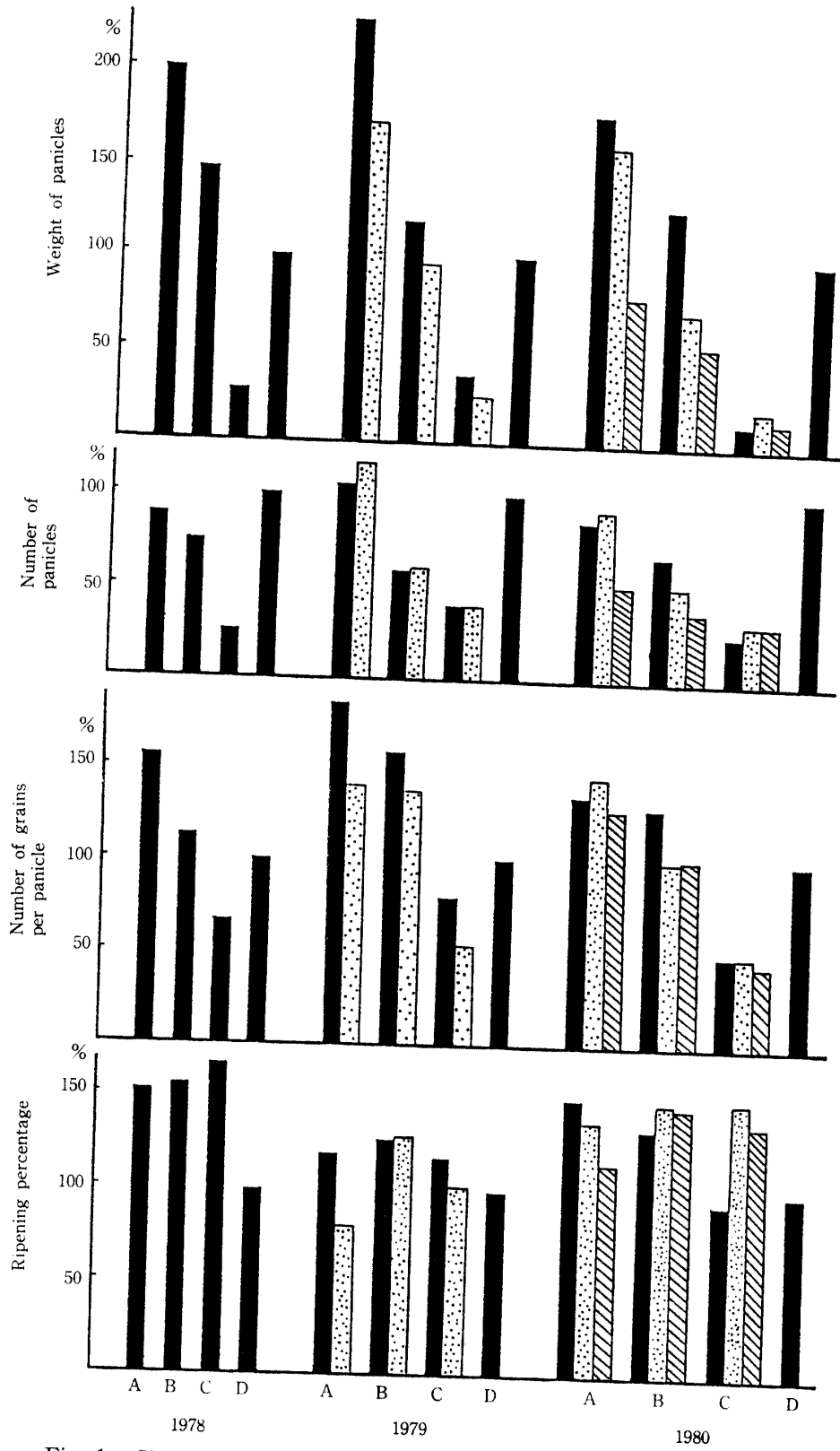


Fig. 1. Changes of yield and yield components (ratio to control (D)).

■; 1st crop, □; 3rd crop, ▨; 5th crop.  
 A; 100t, B; 48t, C; 0t, D; N.P.K. 1g/pot (control).

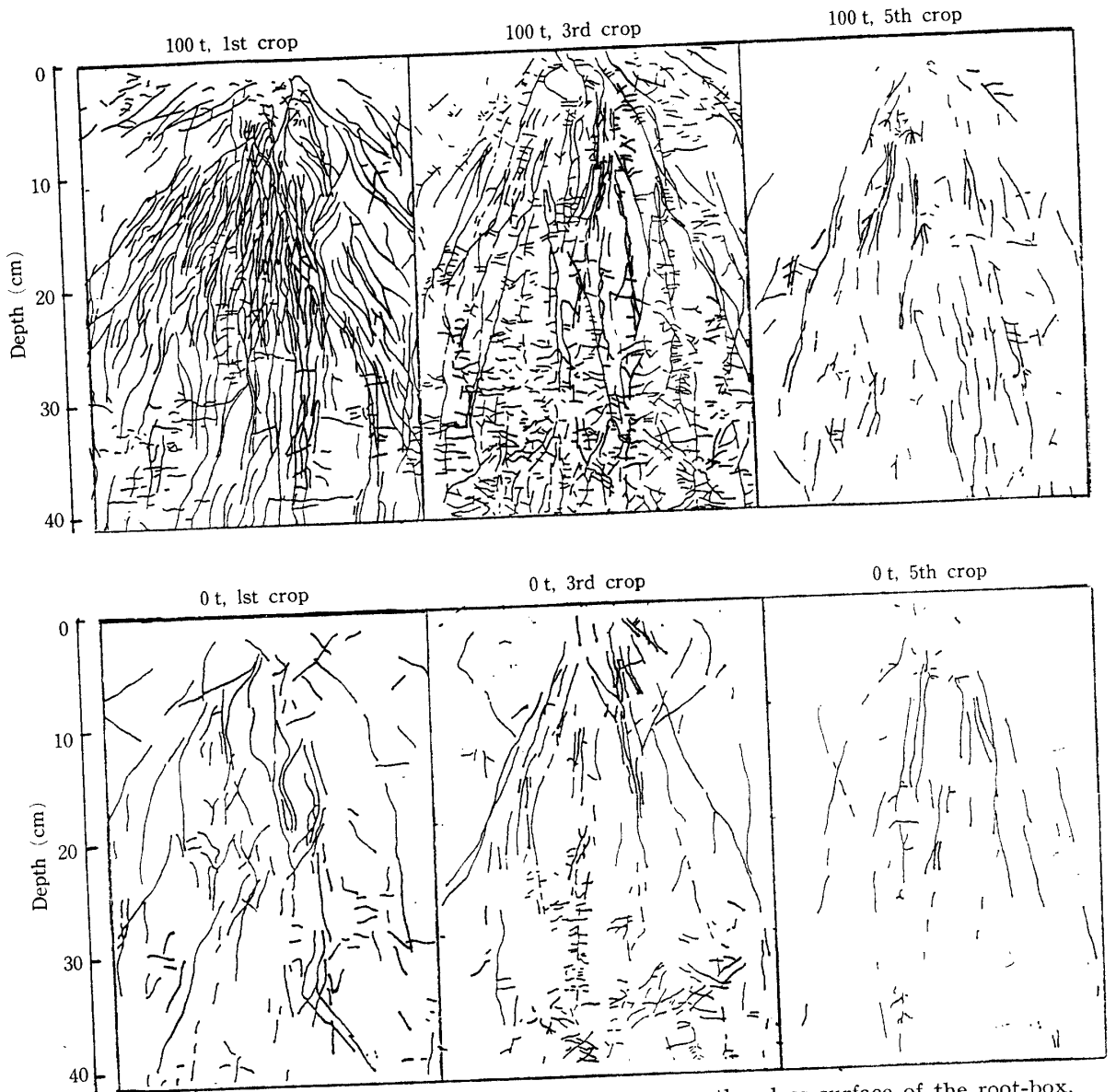


Fig. 2. Root systems at the maturing period as shown on the glass surface of the root-box.

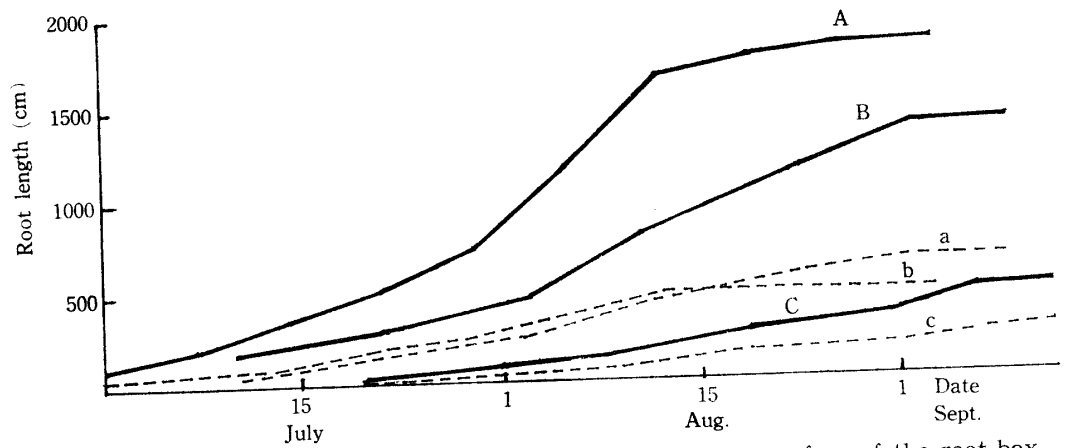


Fig. 3. Changes of total root-length as shown on the glass surface of the root-box.  
 A; 100t, 1st crop, B; 100t, 3rd crop, C; 100t, 5th crop.  
 a; 0t, 1st crop, b; 0t, 3rd crop, c; 0t, 5th crop.

度は70°以上のものが大部分で、中心部に密生し、しかも根箱の最深部まで到達することが認められた。なお出穂期以後の根の出現は極めて少量であった。以上の傾向は3作目も同様であったが、5作目になるとむしろ後述の0t区1作目に近似する様相を示した。0t区においては分けつ初期はもとより分けつ盛期に入っても分布および走行角度は不規則で、8月に入ってようやく根数を増加し、縦型の方向性を示すようになる。この傾向は3作目、5作目も同様であった。

収穫期における根系の様相をFig. 2に示した。100t区において1作目は中央部を中心に冠根の発生が極めて密で、ガラス面全面をおおっている。3作目も1作目に類似するが、冠根数は1作目より少なく、代りに分枝根が多数発生している。5作目になると冠根数、分枝根数ともに激減し、うわ根も少なく、この様相は0t区1作目、3作目に類似している。0t区は全体的に根系が疎であるが、5作目ともなると根量は最少でうわ根および深部の根はほとんどみられない。

ガラス面に現われた各区の総根長の生育時期別経過をFig. 3に示した。100t区1作目は、根長が最も大で根数増加曲線の立ち上がりが7月中旬からみられ、とくに8月に入ってからはその勾配が大となり、8月下旬に至って緩やかになっている。これについて100t区3作目は急激な立ち上がりが8月に入ってからで、その量は1作目に及ばないが、9月上旬の出穂期まで増加の傾向を示した。100t区5作目になると急激に根長を減じ、最終的には0t区の様相と類似し、100t区1作目の約28%、2作目の35%程度にすぎなかった。0t区1作目と3作目の根長は全般的に低レベルで推移し5作目ともなるとさらに小となった。

## 考 察

まず生牛糞多施用土壌の残効が陸稲の地上部の生育様相にどのように影響したかをみてみたい。増収が極端に表われたのは100t区1作目であって、そこでは穂数に大差なく、1穂粒数、登熟歩合の大幅な増加によるということである。このことは分けつの推移に影響することは少なく、その肥効は7月の分けつ期よりも8月に入って、つまり幼穂発育期から登熟期にかけて顕著であることを意味している。本実験の場合、年次別の気象変動の影響を少なくするために、対照区には追肥を施用せず、したがってやや低収量に推移したが、そういうことを考慮に入れても、100t区1作目は明らかに“秋優り型”の様相を呈したものと見える。しかし、100t区3作目、48t区1作目では1穂粒数、

登熟歩合の増加程度は急減し、増収程度も少なくなり、さらに100t区5作目、48t区3作目以降になると穂数の減少が最大の減収要因となっている。つまり、生牛糞を多施用した場合、その残効は明らかに認められるが、その持続期間もまた短いということである。

以上のべたように、地上部の生育からみた100t区における1作目、3作目の秋優り型の様相は、根箱を用いた根系調査の結果ともよく一致する。100t区1作目では分けつ盛期から幼穂発育期にかけて根量の増加は極めて顕著で、中央部、縦方向に深部まで冠根が密生している。それが3作目になると根量はやや減少するが分枝根はよく発達している。水稻に比べて陸稲の根系の研究<sup>2)</sup>は極めて少ないが、藤井ら<sup>3)</sup>は小麦、トウモロコシにおいて、堆肥施用土壌、肥沃土壌では分枝根の発生が顕著であることを認めていることより考えて、100t区3作目までの根系の様相は生牛糞多量施用の残効とみてよい。100t区5作目に至れば、0t区に類似し冠根は極端に減少し、分枝根の発達は全くみられず残効の完全消失を物語っている。前述のように1/5000aポットと根箱では土の量が大きく異なるにもかかわらず残効期間の推定がよく一致したことは極めて興味深い。

現在、九州農試<sup>2)</sup>、大分農技研センター<sup>4)</sup>、宮崎総合農試<sup>5)</sup>、鹿児島県農試<sup>3)</sup>などで、黒ボク土畑に多量施用された未熟きゅう肥の残効試験が行われつつある。このうち鹿児島県農業試験場の結果を1例として示す。生牛糞75t/10aを5年単独施用した黒ボク土に、無窒素、無リン酸で、夏作青刈ソルガムプラス冬作イタリアンライグラスの組合せで栽培すると、イタリアンライグラスでは3作目より収量が低下するが青刈ソルガムでは6作目まで高い収量が得られている。本実験においては、生牛糞100t/10aおよび48t/10a5年連用土壌を用い、夏作陸稲プラス冬作小麦の組合せで無肥料でポット栽培した場合、陸稲について100t区で5作目(3年目)、48t区で3作目(2年目)より収量が低下することが認められた。この結果を上記鹿児島県農試の成績とあわせてみると、供試作物によりその反応を異にするとはいえ、南九州黒色火山灰土壌に常識をこえる生牛糞を連続施用してもその残効は極めて短期間であることがわかる。また、5年間に500tの生牛糞を施用しても有機物は約10%程度しか増加せず、さらに3年間無肥料栽培しても有機物は約5%しか減少しない。つまり、全炭素10%以上の黒ボク土に土壌有機物含量を増加させるための生牛糞施用の

効果は非常に少ないと判断しうるし、等電点の低下、有効性塩基の増大等には有効であると考えられるが、これら土壌学的な面よりの考察は次報で述べる。

ここで現実の農業に眼を移してみよう。不用意に家畜糞尿を多量施用すると禾本科作物では倒伏、病害の多発あるいは作物体中に硝酸態窒素の集積などの悪影響が認められるので、鹿児島県では一応15~20t/10a/年の施用限界量が設定されている。家畜飼養農家の糞尿施用量には大差があり、ある聴き取り調査では平均4~5tと推定されているが、多頭飼育農家では40t/10aの例も認められている。それでも本実験の基材料に供試した100tあるいは48t土壌に比べればはるかに少ないのである。したがって現行南九州の黒色火山灰土壌畑農業においては、生牛糞単独多量施用の残効を過大に期待してはならない。牛糞そのものの処理、他の肥料との併用、作物の種類など充分に考慮する必要がある。

#### 要 約

5年間、生牛糞を連用(100t, 48t, 0t/10a/年)した黒色火山灰畑土壌(黒ボク土)を用い、その後の3年間、夏作には陸稲、冬作には小麦を無肥料で栽培し、地上部、地下部の生育調査を行い、それがどの程度の残効をもつかを調査した。

1. 陸稲について無肥料でポット(1/5000a)栽培を行い、地上部の生育状況を3要素区(元肥のみ N, P, K 各1g)と対比した。生牛糞多施用区に着目すると、100t区1作目(1年目)は穂数に大差なく、100t区3作目(2年目)および48t区1作目は穂数がやや劣ったが、いずれも1穂粒数、登熟歩合で優ったために結果的には3区ともに穂重-収量増を得た。とくに100t区1作目での多収が顕著であった。これに対し100t区5作目(3年目)、48t区3作目および48t区5作目

は穂数減が著しく影響したため減収した。

2. 根箱を用い、そのガラス面に現われた陸稲の根の生育状況を100t区と0t区土壌で比較した。100t区1作目においては分けつ初期から出穂期まで、また100t区3作目では幼穂形成期より出穂期まで冠根ならびに分枝根の発生が旺盛であった。とくに1作目は総根長においても最も大であった。しかし5作目ともなると根量は激減し、0t区1作目、2作目と大差がなくなった。

3. 以上のように、過度に生牛糞を施用した場合の残効は明らかに認められるが、その持続期間は1~2年で比較的短いことが特徴的であった。これは黒色火山灰土壌の特性の一つであるかもしれぬ。

#### 文 献

- 1) 藤井義典・田中典幸：小麦、およびトウモロコシにおける節位別の根の生長と土壌との関係について。日作紀, 30, 158-160 (1961)
- 2) 伊東裕二郎・北島 知・宮沢敏雄：きゅう肥大量連用跡地における飼料作に対する三要素試験(第1報), 残効初年度の生育と無機成分吸収特性。九州農業研究, 42, 64-65 (1980)
- 3) 鹿児島県農業試験場：きゅう肥多施用土壌における生産力に関する試験。飼料作物試験成績書, 48-57 (1981)
- 4) 北崎住範・吉浦昭二：家畜ふん尿利用に関する試験2), 連用土壌の有機物について。九州地域春季試験研究打合せ会議資料, 163-164 (1979)
- 5) 宮崎県総合農試：家畜排泄物処理に関する試験。地力保全特殊査成績書, 42-45 (1976)
- 6) 森本 勇：陸稲の根に就いて。日作紀, 12, 233-242 (1940)
- 7) 野口純雄：南九州の腐植質火山灰土壌における施肥養分の動態に関する定量的研究。鹿農試研報, 5, 1-181 (1977)
- 8) 農林水産技術会議事務局編：“家畜ふん尿およびその処理物の土壌還元に関する試験研究の既往成果”集録。1-840 (1975)

### Summary

For the purpose of evaluating the residual fertilizing effects of the fresh cow-dung, the dung had been applied on to the black volcanic ash soil (andosols) for five years (100 t, 48 t and 0 t/10 a/year), and then, for the succeeding three years, cultivation of upland rice (in summer) and that of wheat (in winter) were carried out on the soil with no fertilizer applied, and the growth of top and roots was investigated.

1. The growth of the upland rice cultivated in pot (1/5000 a) filled with the soil previously supplied with fresh cow dung, was compared with those cultivated on the soil respectively supplied with 1 gram of nitrogen, phosphorus and potassium as control. First cropping of rice grown on the soil with 100 t dung showed a marked increase in yield (weight of panicles) as compared with control since the number of grains per panicle and ripening percentage were increased although the number of panicles remained similar. Both the third cropping of the rice (second year) cultivated on the soil supplied with 100 t dung and the first cropping of the rice cultivated on the soil supplied with 48 t dung showed a considerable degree of increasing on account of the fact that increasing was noted in the number of the grains per panicle and in the ripening percentage, although a slight decreasing was noted in the number of panicles.

Owing to a marked decreasing in the number of panicles, decreasing in the yield was shown in the fifth cropping of rice (third year) supplied with 100 t dung and in the third and the fifth cropping (second and third years, respectively) supplied with 48 t dung.

2. The growth of the upland rice roots cultivated on the soil supplied with 100 t dung and on the one with 0 t dung, was compared by the observation of the root growth through the glass plate fixed in a root-box.

During the middle tillering period and the heading period of the first cropping of the rice with 100 t dung, vigorous development of the crown roots and the lateral roots were noted and it was likewise during the panicle formation period and the heading period of the third cropping with 100 t dung. Especially, in the total root length, the highest value was shown in the former. In the fifth cropping with 100 t dung, however, the amount of roots was markedly decreased to the lower level of those with the first and the third cropping on the soil with 0 t dung.

3. The following was clearly demonstrated by these results, namely, residual effects were maintained through the excessive applications of fresh cow dung on the black volcanic ash soil, however, the duration of its effectiveness is considered to be relatively short, *i.e.*, 1-2 years. And this was assumed to be one of the important characteristics of the volcanic ash soil (andosols).