土壌の物理性と作物の生育および収量との関係

第 VIII 報 通気処理が甘藷の養分吸収および塊根肥大におよぼす影響*

渡 辺 和 之 ・ 尾 崎 薫

(農林省農事試験場)

筆者ら^{7,9)}はこれまでに甘藷の生育収量に対する土壌通気の影響が大きいことを指摘したが、その作用機作については塊根に直接作用して肥大に関係するのか、養水分の吸収に関与して地上部の生育、同化産物の分配、さらには塊根の肥大に影響するのか判然としなかつた。そこでこれらの点を検討するため、塊根形成場所と養分吸収場所を区別するように操作して、各場所に対する通気処理の影響を調査した。試験は農事試験場畑作部において 1966 年に実施した。

試 験 方 法

供試品種は農林 1 号 (6 月 20 日植付)、試験区の構成および処理方法は第 1 表、第 1 図に示すとおりである。試験は二つにわかれ、実験 I はおもに養分吸収に対する土壌空気組成、土壌粗密の影響と施肥処理との関係を、実験 II はおもに塊根肥大に対する土壌空気

第 1 図 処 理 方 法

組成の影響をみるため行なつたものである。

実験 I : 処理方法は 1/2000 a ワグナーポットの上に上面内径 24 cm の素焼鉢を組合せ、素焼鉢 (以下 a ポットという) に塊根が形成され、ワグナーポット (以下 b ポットという) から養分が供給されるように操作した。すなわち、a ポットの土壌はよく洗い養分を少なくした砂土を、乾燥を防ぐためポリエチレン袋の中に入れて充てんした。b ポットの土壌は H 区を除き火山灰土を緊密に充てんし、しかも湿潤条件とし塊根形成には不適な環境にした。ただし、H 区は火山灰土を膨軟に充てんし通気性のよい条件にした。

土壌通気処理は b ポットに対して行なつたが、土壌空気中の酸素濃度を低下させる方法としては、ポットの排水口より土壌中に窒素ガスを 1 日朝夕 2 回 (1 回 5 分間) 注入した。一方、酸素濃度を高める方法としてはポンプで空気を昼夜連続注入した。処理期間は 7 月 5 日から掘取日までの 64 日間である。

肥料は基準施肥量については b ポットの下半分の土壌全体に混合したが、施肥処理としての窒素、加里については第 1 表に示した所定量を a ポットおよび b ポットに加えた。

土壌水分は各ポットの上部から灌水し、a ポットで適湿、b ポットでは湿潤になるように調節した。苗は 50 cm 前後の長いものを用い、基部より 20 cm の葉を除去し、a ポットから b ポットまでとおして直立植した。試験規模は 1 処理 1 ポット、4 区制である。

第 1 表 試 験 区 の 構 成

実験区分	処理区名	a ポット		b ポット					
		肥 料	通気処理	土壌粗密	窒素	燐酸	加里	通気処理	
実験 I	A	0	無処理	緊密	0.8	0.8	2.0	無処理	
	B	0	同上	同上	0.8	0.8	2.0	N ガス注入	
	C	0	同上	同上	0.8	0.8	2.0	空気注入	
	D	0	同上	同上	0.8	0.8	6.0	無処理	
	E	加里 4.0	同上	同上	0.8	0.8	2.0	同 上	
	F	0	同上	同上	2.4	0.8	2.0	同 上	
	G	窒素 1.6	同上	同上	0.8	0.8	2.0	同 上	
	H	加里 4.0	同上	膨軟	0.8	0.8	2.0	同 上	
実験 II	I	0	無処理	水耕液				無処理	
	II	0	同上	液肥 (尿素複合液肥 1 号) + KH_2PO_4				空気注入	
	III	0	空気注入	混合, 窒素 : 0.268 燐酸 : 0.581				無処理	
	IV	0	N ガス注入	加里 : 0.589, 各成分 g/ポット				同 上	

備考 肥料 : 窒素 (硫安), 燐酸 (過石), 加里 (硫加), 各成分 g/ポット

* 昭和 42 年 8 月 30 日受理

第 143 回講演会 (昭和 42 年 4 月) において発表

実験Ⅱ：処理方法は塊根形成場所として1/2000 a ワグナーポット(以下aポットという)を用い、土壌はよく洗い養分を少なくした砂土を乾燥防止とガス交換をおさえるためポリエチレン袋の中に入れ充てんした。養分供給場所はaポットのとなりに1/5000 a ワグナーポット(以下bポットという)をおき水耕液を入れた。水耕液は週2回全量更新、日1～2回減量分のみ井戸水を補充した。

aポットに対する土壌通気処理は、実験Ⅰの場合と同様、酸素濃度を低めるには窒素ガスを、高めるには空気を注入した。bポットについてはⅡ区のみ水耕液からの養分吸収に対する通気処理の影響をみるため空気を昼夜連続注入したが、他の区には行なわなかつた。処理期間は7月5日から掘取日までの67日間である。苗は60 cm前後のものを用い、基部から40 cmまでの葉を除去、aポットからbポットにつなぐように植付け、その間の茎から発生する葉および分枝はすべて除いた。試験規模は1処理1ポット、5区制である。

試験結果ならびに考察

1. 土壌の物質的性質

供試ポットの土壌の物理的性質は第2表に示すとおりである。土壌水分は砂土を充てんしたポットでやや乾燥気味に経過したが、他の土壌条件は試験目的にほぼ適合した状態にあつた。

通気処理による土壌空気組成の変化は酸素濃度を測定することにより追跡した(註1)。実験Ⅰの場合、窒素ガス注入処理によつて1～2%に低下したが、注入後5時間で9.5%、10時間で11.6%に上昇した。一方、空気注入処理区における酸素濃度は大気と大差

なかつた。実験Ⅱの場合、窒素ガス注入処理によつて1%以下に低下したが注入後5時間で18%になり、10%以下に保持できたのは注入後1～2時間程度であつた。これは土壌が砂土であり、しかも土壌水分が少なく、ガス交換しやすい条件にあつたためであろう。空気注入処理による酸素濃度は大気と変わらないが無処理区の酸素濃度も高く両区間には差がみられなかつた。

2. 甘藷の生育および収量

(1) 実験Ⅰの結果：掘取調査は塊根の肥大初期にあたる9月6日に行なつた。その結果、塊根はaポットに大部分形成し、bポットにはほとんど形成していなかつた。このことはbポットの通気処理の影響は塊根形成肥大に対して直接作用したものでなく、養分吸収をとおしてあらわれたものと解されよう。

a) 通気処理の影響：まず、おもに養分が吸収される場所の土壌中の酸素濃度を高めたC区についてみると(第2図)、地上部の生育は初期から旺盛で地上部重が著しく大となつた。塊根はその数をまし、1個当り塊根重が大となり分化肥大に好影響を与え、塊根重が増加した。このことは甘藷は土壌中の酸素濃度が高ければ、緊密土であつても障害があまりみられず、生育収量によい結果を与えることを示すもので、Smithら⁴⁾が甜菜において観察した結果と一致した。また、乾物の分配、塊根肥大には窒素、加里の吸収量の大小が大きく関与することが知られているが⁶⁾、一般に作物は土壌通気の阻害される条件では加里吸収がおさえられやすい場合が多いことから^{2,5)}、酸素濃度の高いことは相対的に加里吸収が順調で乾物の塊根への分配をよくし、塊根重が増加したものに考えられる。

つぎに土壌中の酸素濃度を低くしたB区は、無処理のA区に比べて地上部の生育がまさり地上部重を増大した。塊根に対しては分化には影響がみられず、塊根数がやや多くなつたが、1個当り塊根重は小さく、諸梗が長く塊根肥大には不適な条件であり、また乾物の塊根への分配を悪くした。しかし、塊根重はA区が小さかつたこともあり、A区に比べてやや少ない程度で大差なかつた。この結果は緊密土では窒素ガス注入処理の影響が小さくあらわれた前報の結果⁹⁾と類似した。窒素ガス注入処理は土壌空気組成よりみると、酸素濃度が低下するが、炭酸ガス濃度も低下して通気不良土(緊密土、湿潤土)の場合とやや傾向がことなる。水稻の養分吸収に対する酸素、炭酸ガス濃度の影響をみると、酸素濃度が低下すると加里、マンガン、珪酸、水の吸収を減じ、窒素の吸収はかえつて増大する傾向にあ

第2表 供試ポットの土壌の物理的性質

区分	測定ポット	項目					土壌硬度(mm)
		土壌容積重 g/cc	土壌三相割合(%) 液相 気相 固相	孔隙率(%)	土壌水分(乾土%)	土壌硬度(mm)	
実験Ⅰ	aポット	1.20	23 39 38	62	19	3.8	
	bポット膨軟	0.52	43 40 18	82	81	9.2	
	bポット緊密	0.72	59 13 28	72	81	16.3	
実験Ⅱ	aポット	1.43	17 32 51	49	12	6.5	

備考 測定日：土壌充てん時6月2日、土壌硬度：山中式土壌硬度計 mm 目盛のよみ。

註1)：測定は隔膜式ガルバニ電極型溶存酸素計で一定温度条件下における土壌中の酸素濃度を測定した

第2図 養分吸収場所に対する通気処理の影響 (実験I)

備考 1) 地上部重: ■収穫時地上部重 □生育期間中落葉重
 2) 塊根重: ■aポット塊根重 □bポット塊根重 ○1個当り塊根重 (ただし生体重で示す)
 3) 全重: ■収穫時全重 □生育期間中落葉重 ○A区的全重に対する比率
 最小有意差 (0.05): 地上部重 (26.7), 塊根重 (10.2), 全重 (27.8)

第3図 細根に対する処理の影響 (実験I)

備考 細根の分布: □0~7.5cm 土層に分布する細根重, ■7.5~15.0cm 土層に分布する細根重. 土壌容積 300cc 当りの根重 (1点3ポット混合2反復)

る⁵⁾. 一方、炭酸ガス濃度が高まるとアンモニア、加里の吸収阻害が著しいことが報告されている³⁾. 土壌空気組成の影響は作物の種類によつてことなろうが、ス注入処理で地上部の生育が向上し、塊根肥大がおさえ窒素がられたことなどから加里/窒素吸収量比は低下したことが考えられる。また、窒素ガスや空気の注入は強制的に行なつたので土壌粒子の配列に影響し、細根の土壌深層への侵入を助けたが (第3図)、これらのことが地上部の生育をよくしたものとみられる。なお、窒素ガス注入処理によつて細根重が増加したが (とくに注入場所である bポットの細根重)、このような現象は従来の結果からも知られ⁹⁾、土壌の粗密をとわず増加する傾向にある。しかし、全重/細根重をみると (第3図)、C区が最も大で、ついでA区で、B区が最も劣り、B区における細根重の増大はかなら

ずしも乾物生産に有利に働かなく、反対に通気条件のよいC区では少量の細根で機能を十分に発揮していることが知られた。

通気処理をしなかつたA区は地上部の生育がおさえられ、塊根重も小さかつた。これはbポットの土壌が緊密であり細根の土壌深層への侵入をおさえたこと、土壌空気組成は酸素濃度の低下とともに炭酸ガスの増大が推察され、養分吸収を十分行なうことができなかったためと判断される。

b) 施肥処理の影響: 加里肥料の影響については、bポットに多く与えたD区は地上部重、塊根重ともA区と大差なく、効果がみとめられなかつた。これは施肥した土壌が緊密、湿潤条件であつたので吸収利用されなかつたためであろう。一方、aポットに施用したE区はA区に比べて地上部重に差がみられないが、乾物の塊根への分配をよくし1個当り塊根重、全塊根重が増加した。つぎにE区と同じ施肥処理をし、bポットの土壌を膨軟にしたH区は、C区と類似した生育経過を示し、地上部の生育、塊根肥大が順調で全重、塊根重が全処理区中最大となつた。このようにH区がE区に比べて生育収量が著しく向上したことは、基準肥料を施用したbポットの土壌通気の良否が大きく作用したことを示すもので、C区の結果とあわせ考えると甘藷の養分吸収に対する土壌通気の影響は生育収量の向上に大きな役割を持つことがわかつた。また、この結果は単に加里増肥より肥料三要素の適当な割合が大切であることを示すものであろう。

窒素肥料の影響については、bポットに多く与えたF区はE区と同様、地上部重、塊根重に対してあまり影響がみとめられなかつた。しかし、aポットに施用したG区は地上部の生育が初期より旺盛で、地上部重が処理区中最大となつた。一方、塊根は肥大がおさえられ収量が処理区中最も小さく、結果として過剰繁茂

第4図 塊根形成場所に対する通気処理の影響(実験Ⅱ)

備考：対I区収量比○は収穫時における比率。最小有意差(0.05)
地上部重(29.6), 塊根重(13.2), 全重(32.8)

の生育を示した。このように窒素肥料のみが多いことは、地上部の生育をよくし全重では土壌通気のよいC区、H区に匹敵したが、乾物の塊根への分配を悪くし塊根重の増加には役立たなかつた。

(2) 実験Ⅱの結果：掘取調査は9月9日に行なつた。地上部の生育はいずれの処理区でも著しく旺盛となり、生育後半に過剰繁茂の傾向を示した。水耕液中の根の形態は通気したII区では白い根が長く伸び、水中深く分布したが、無通気区では根がやや褐色となり短く、水面近くに集中して分布し、分岐根の発生が多く、根の先端が水面に浮び上がる状態にあつた。

調査結果は第4図に示すとおりである。まず、水耕液に対する通気の影響をみると、通気したII区は通気しないI区に比べて地上部重が著しく大となり、また塊根数、塊根重も多く、全重が増大し養分吸収場所の通気的重要性を実験Ⅰの結果と同様に確認した。

塊根形成場所に対する通気処理の影響をみると、空気を注入したIII区はI区に比べて地上部重をやや大としたが、塊根重に対しては生体重では全く変わらず、乾物重ではやや減じて通気の効果をもとめなかつた。このことは両区間に土壌空気組成の差がみられず、かえって空気を連続注入することは塊根部位にたえず空気の流れのあることを意味し塊根表面を乾燥させたり、呼吸作用に関係してこのような結果を示したものと判断される。窒素ガスを注入したIV区では地上部の生育に大きな差がみられないが、塊根の肥大をおさえ塊根重が著しく小さかつた。また、諸梗、塊根は各処理とも長く、aポットの土壌環境は塊根肥大に不適な条件であつたが、とくにIV区で長かつたことは窒素ガス注入処理によつて塊根肥大を抑制することを裏がきするものであろう。またこのようになった原因の一つとして、甘藷根の呼吸能は分化が進むにしたがつて低下するが、通気不良のときは良いときに比べ呼吸能が高く

なり分化をおさえることから¹⁾、土壌中の酸素不足は塊根の呼吸作用に関係し、内部組織の分化、発達に影響し肥大をおさえたことが考えられる。いずれにしても土壌ガス交換が早く、酸素濃度が低い条件を長く保持できなかつた本実験においても塊根肥大が抑制されたことは、塊根肥大に対して土壌中の酸素濃度の高低は相当大きな影響力をもつことを示唆するものである。勿論、この結果は塊根

形成場所に養分の少ない砂土を使用したとはいえ、塊根あるいはaポット中の茎から発根した根が養分吸収を行なうから、aポットからの養分吸収に対する通気の影響が加味されていよう。

結語：両実験の結果から、土壌が緊密になり土壌通気が阻害される条件で甘藷の塊根重を減ずるのは、土壌中の空気組成が関係するが、その影響は養分吸収をとおして地上部の生育、乾物の分配などに関係して塊根肥大をおさえる面と、塊根自体に作用しその肥大をおさえる面があることがわかつた。したがつて、甘藷多収穫栽培を行なう場合、水分が十分に供給されるならば塊根形成場所、養分吸収場所の土壌通気をよくすることが重要であると考えられる。

引用文献

1. 熊野誠一・藤瀬一馬 1965. 根部の環境条件が甘藷塊根の形成におよぼす影響. 日作紀 34: 35—39.
2. LAWTON, K. 1945. The influence of soil aeration on the growth and absorption of nutrient by corn plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 10: 263—268.
3. 斎藤文次 1954. 暖地水稻の秋落防止に関する研究, 第2報 水稻根の養分吸収に及ぼす遊離炭酸の影響. 九州農試彙報 2: 285—293.
4. SMITH, F.W. and R.L. Cook 1947. The effect of soil aeration, moisture, and compaction on nitrification and oxidation and the growth of sugar beets following corn and legumes in pot cultures. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 11: 402—406.
5. 高橋治助・柳沢宗男・河野通佳・矢沢文雄・吉田武彦 1955. 作物の養分吸収に関する研究. 農技

- 研報告 B4 : 1—83.
6. 津野幸人・藤瀬一馬 1965. 甘藷の乾物生産に関する作物学的研究. 農技研報告 D13 : 1—131.
7. 渡辺和之・児玉敏夫 1965. 土壌の物理性と作物の生育および収量との関係. 第III報 土壌容気率と土壌空気組成と甘藷の生育および収量との関係.
8. ———— 1966. 第V報 各種作物の生育におよぼす土壌空気組成の変化の影響. 日作紀 34 : 413—418.
9. ———— 尾崎薫・屋敷隆士 1968. ————. 第VII報日作紀 37 : 65—69.

Studies on the Effects of Soil Physical Conditions on the Growth and Yield of Crop Plants

VIII. Effects of aeration treatment on the nutrient absorption and tuberous root formation of sweet potato.

Kazuyuki WATANABE and Kaoru OZAKI

(Central Agricultural Experiment Station, Kitamoto, Saitama)

Summary

By managing so that a tuberous root forming place and a nutrient-absorbing place could be distinguished, the authors made these experiments to probe the effects of aeration treatment to each place and the amount of fertilizer (ammonium sulfate and potassium sulfate) on the growth of the top parts and the thickening of tuberous root. The results obtained may be summarized as follows.

1) The authors investigated the effects of aeration treatment in the soil where nutrient-absorbing chiefly took place, the condition of the soil where tuberous root was formed being equal. As a result, it was observed that the growth of the top parts and the thickening of tuberous root were checked by the poor of the soil aeration and the soil compaction of a nutrient-absorbing place. However, when air was injected and O_2 concentration in soil air was increased, the growth of the top parts and the thickening of tuberous root were remarkably promoted. On the other hand, when N gas was injected in that place and O_2 concentration in soil air was decreased, the growth of non-tuberous root was promoted and the weight of the top parts increased, although the thickening of tuberous root was hampered and its weight decreased. When the soil of a nutrient-absorbing place was loose and the soil aeration was kept to be excellent, both the growth of the top parts and the thickening of tuberous root were greatly promoted and the weight of tuberous root could be increased.

2) The authors examined the effects of fertilizer treatment to a tuberous root-forming place and a nutrient-absorbing place on the thickening of tuberous root. As a result, it was found that to apply much nitrogenous fertilizer (ammonium sulfate) promoted the growth of the top parts remarkably but hampered the thickening of tuberous root to some extent. On the other hand, to apply a great deal of potash fertilizer (potassium sulfate) hardly affected the growth of the top parts, but promoted the thickening of tuberous root and increased its weight.

3) The authors examined the effects of soil aeration to tuberous root-forming place on the growth of the top parts and the thickening of tuberous root, the condition of a nutrient-absorbing place being equal (in water culture). When N gas was injected in the soil and O_2 concentration in soil air was decreased, the growth of the top parts was not affected so much, but the thickening of tuberous root was checked and its weight was decreased considerably.