

砂丘圃場における作物の栽植密度反応について

長井武雄*・藤山英保*・大垣早苗*

The Reactions of Crops to Plant-density in a Sand Dune Field

Takeo NAGAI*, Hideyasu FUJIYAMA* and Sanae OGAKI*

Summary

Maize and sweet potato were cultivated on a sand dune field with their plant-density treatments of 1, 4 and 16 plants/m² in maize and 1, 4 and 8 plants/m² in sweet potato, respectively. One hundred and fifty kg per ha of N, P₂O₅ and K₂O, including basal- and top dressing, were applied to both crops. The amounts of accumulation of dry matter and three primary nutrients by both crops and their yields were compared among treatments. Simultaneously, the changes in the concentration of three primary nutrients in the soil, on which both crops were grown, were measured in each treatment. The results obtained are as follows;

1) The mobility of nitrogen in the sand dune soil was large, and the high concentration layer moved downwards with time in the soil. The distribution of the concentration of phosphorus was not changed very much, and the high concentration layer remained near the surface of the soil. Although the change in the distribution of potassium in the soil was similar with that of nitrogen, it became clear that potassium was not exhausted in the soil, therefore being different from nitrogen.

2) In maize, the amounts of the accumulation of dry matter were not sufficient, and the yields were very low in each treatment, because of the low leaf area index due to nitrogen deficiency. The lower the plant-density, the more remarkable was the above tendency. On the other hand in sweet potato, the leaf area indexes were low in 1 and 4 plants/m² treatments, but in 8 plants/m² treatment, the leaf area index was suitable and tuber production was favorable.

The differences in the reaction between both crops seemed to be due to the difference in the optimum leaf area index and the difference in the nutrient which would be most important in the production of tuber or grain.

* 農学部作物栄養学研究室

* *Department of Plant Nutrition, Faculty of Agriculture*

緒 言

砂丘土壌は一般の畑地土壌にくらべて養水分の保持力が小さいため、雨水や灌漑水の浸透に伴う肥料の流亡が著しい。このため、砂丘地では作物の栽培に際し、多量の肥料が分施されている。例えば砂丘地特産の長芋の栽培においては650kg/haもの窒素が12回に分けて施されている。これらの施肥窒素が有効に利用されているとは考えにくく、またこれほど多量の窒素が必要であるかどうかには問題が残されている。効率的な施肥法の確立のためには、圃場に施与された肥料の土壌中の挙動と作物による利用状況を詳細に調査することが必要である。

本研究では砂丘圃場で地上部と根部の形状が異なる甘藷とトウモロコシを供試し、これら作物の栽植密度が土壌中の養分の分布および作物による養分吸収と乾物生産、収量に及ぼす影響を調査した。

実験方法

鳥取大学農学部砂丘利用研究施設実験圃場で1977年にトウモロコシ（イエローデント）と甘藷（高系14号）をそれぞれ3段階の栽植密度で栽培した。栽植密度はトウモロコシでは1m×1m（1株/m²）、50cm×50cm（4株/m²）および25cm×25cm（16株/m²）であり、甘藷では1m×1m、50cm×50cmおよび50cm×25cm（8株/m²）である。両種作物ともに1株1本立てとしたが、トウモロコシの場合は5月27日に3粒ずつ点播し、発芽後に間引いて1本立てとした。甘藷の場合は6月4日に、1m×1m区では高さ約25cmの台形状に土寄せを行ない、その中心部に、また他の区では畦間50cmの高畦に株間を50cmおよび25cmとして苗を移植した。各試験区の単位面積（m²）あたりの株数をもって当該試験区の呼称としたので、以下、例えば栽植密度が25cm×25cmの区は16区と表記してある。

施肥量は面積を基準に定めたので、各区それぞれ1株あたりの施肥量は栽植密度によって相違する。基肥にはN（硫酸）、P₂O₅（過石）、K₂O（塩加）をそれぞれ10kg/10a与えた。両種作物ともに、1区と4区には1株分の肥料を播種（移植）時に種子（苗）の直下約10cmの位置に施与したが、甘藷の8区とト

ウモロコシの16区には条施した。追肥として5kg/10aのN（硫酸）、P₂O₅（過石）、K₂O（塩加）をトウモロコシには7月29日、甘藷には8月2日に施与した。両種作物ともに1区と4区には1株分の肥料を株もと周囲の土壌表面に施与したが、その他の区には条施した。

栽培期間中、必要に応じてスプリンクラーで灌水した。

作物体は採取後、地上部と根部に分け、70℃で乾燥後、乾物量を求めた。その後粉碎し、3要素含有率を測定した。含有率と乾物重から集積量を求めた。作物体採取時に葉面積指数を測定した。

作物体の採取と同時に、両種作物栽培土壌で隣り合った4個体から等距離にある地点と甘藷1区の施肥位置直下の土層を10cm毎に採取した。土壌を風乾後、下記の方法で土壌中のアンモニア態窒素、硝酸態窒素、リンおよびカリの濃度を測定した。すなわち土壌50gに1NK₂SO₄100mlを加え、30分振とう後ろ過し、ろ液中のアンモニア態窒素をインドフェノール法で、硝酸態窒素をフェノール硫酸法で定量した。一方、土壌10gに1N酢安（PH7.0）100mlを加え、30分振とう後ろ過し、ろ液中のリンをバナドモリブデン酸法で、カリを炎光法で定量した。

実験結果

個体あたり乾物重：甘藷では生育が進むにつれて各区間の差が開き、疎植になるほど乾物重は大きくなった（第1表）。特に1区と他の区との差が大きくなり、収穫期には1区は4区の3.2倍となっている。トウモロコシも生育期間を通して疎植になるほど乾物重は大きくなったが1区と4区との差は甘藷ほど大きくはなく、収穫期には1区は4区の1.9倍であった。（第2表）

面積あたり乾物重：両種作物ともに個体あたり乾物重の場合とは逆に密植になるほど大きくなっている（第1図）。トウモロコシでは生育が進むにつれて各区間の差が開いたが甘藷ではこのような傾向は明らかでなく、生育の初期からかなりの差が認められた。

葉面積指数：甘藷では8区の葉面積指数が4近くまで達したが、他の区では2以下にとどまった（第2図）。4区と8区では移植後40日から67日の間に低下した。トウモロコシでは16区でも最大葉面積指数

第1表 甘藷の個体あたり乾物重と3要素集積重

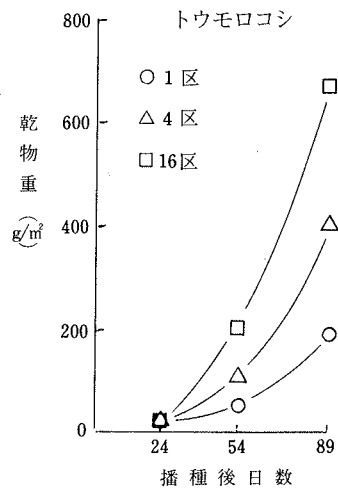
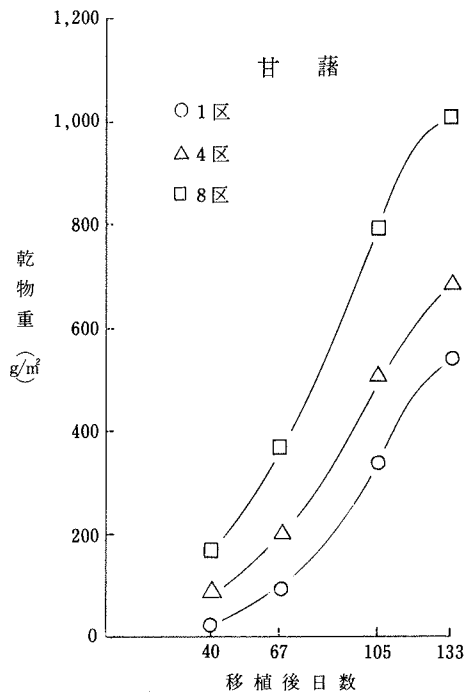
	区	集 積 量			
		乾物重			
		N	P	K	
		(g/個体)	(mg/個体)	(g/個体)	(g/個体)
7月14日 (40)	1区	19.8	0.62	74.6	0.55
	4区	21.2	0.37	63.9	0.48
	8区	20.5	0.36	43.3	0.36
8月10日 (67)	1区	90.0	1.21	150.0	1.34
	4区	50.4	0.45	95.9	0.82
	8区	45.7	0.40	63.8	0.61
9月17日 (105)	1区	332.8	4.05	462.0	3.68
	4区	126.7	1.19	213.3	1.31
	8区	98.5	0.91	141.1	0.87
10月15日 (133)	1区	538.0	4.75	636.0	4.27
	4区	170.0	0.97	248.0	1.42
	8区	126.0	0.71	160.0	0.95

() は移植後日数

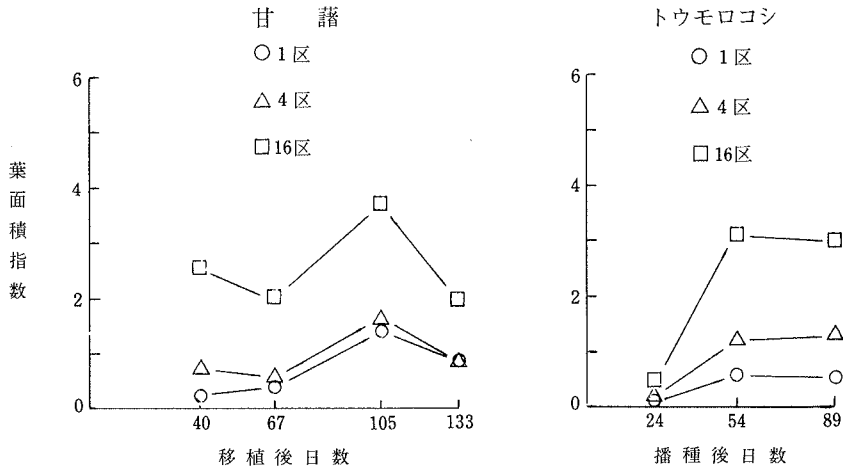
第2表 トウモロコシの個体あたり乾物重と3要素集積量

	区	集 積 量			
		乾物重			
		N	P	K	
		(g/個体)	(mg/個体)	(mg/個体)	(g/個体)
6月20日 (24)	1区	1.55	45.5	13.6	46.5
	4区	1.34	38.2	10.6	41.4
	16区	1.16	27.3	6.1	40.9
7月20日 (54)	1区	47.4	357.0	204.0	1224.0
	4区	25.7	137.0	95.0	639.0
	16区	12.5	56.7	31.7	225.0
8月24日 (89)	1区	186.0	2211.0	627.0	2275.0
	4区	98.8	893.0	313.0	1305.0
	16区	41.6	306.0	108.0	513.0

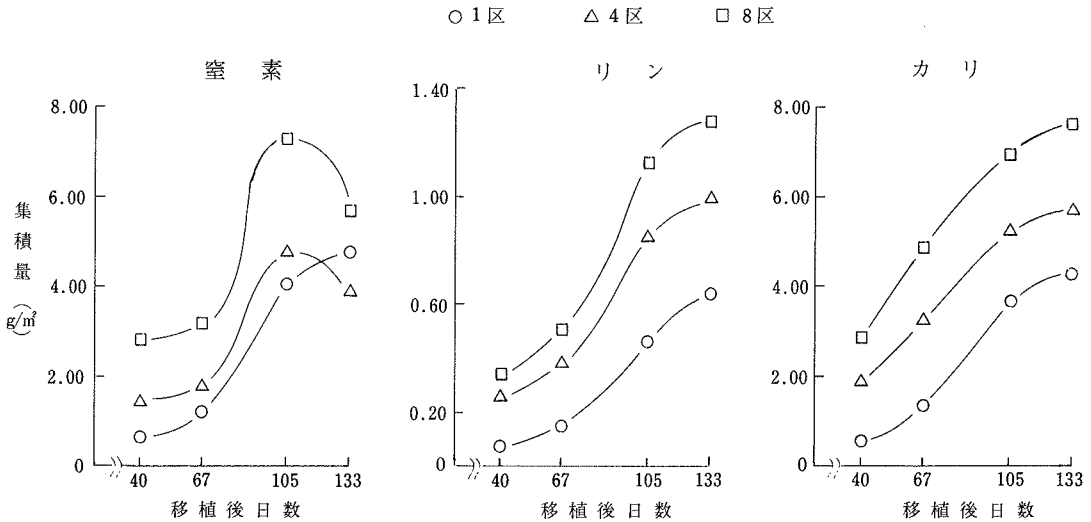
() は播種後日数



第1図 甘藷とトウモロコシの面積あたり乾物重



第2図 甘藷とトウモロコシにおける葉面積指数の変化

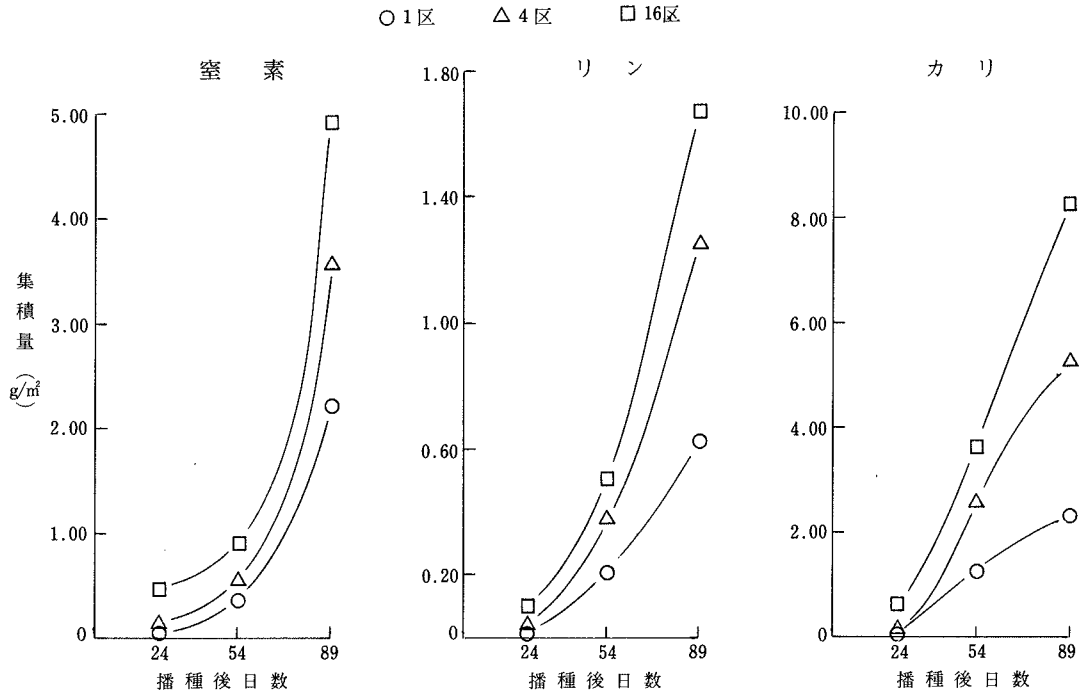


第3図 甘藷の面積あたり3要素集積量

は約3であり、1区では1にも達しなかった(第2図)。

個体あたり3要素集積量：甘藷では生育期間を通して疎植になるほど多く、個体あたり乾物重の場合と同様、1区と他の区との差は生育が進むにつれて大きくなった(第1表)。1区の窒素集積量は収穫期まで増加したが、4区と8区では収穫期に減少した。トウモロコシでも生育期間を通して疎植になるほど多く、その傾向は個体あたり乾物重の場合と類似していた(第1表)。

面積あたり3要素集積量：甘藷の窒素集積量は1区が収穫期まで増加しているのに対して、4区と8区では収穫期に多少減少した(第3図)。収穫期の窒素集積量は8区が最も多く、また1区は4区を上まわった。リンとカリについてはいずれの区も収穫期まで増加しているが、生育期間を通して8区が最も多く、4区がそれに次ぎ、1区が最も少なかった。トウモロコシではいずれの区も3要素の集積量は収穫期まで増加した(第4図)。生育期間を通して16区が最も多く、4区がそれに次ぎ、1区が最も少なかった。



第4図 トウモロコシの面積あたり3要素集積量

た。

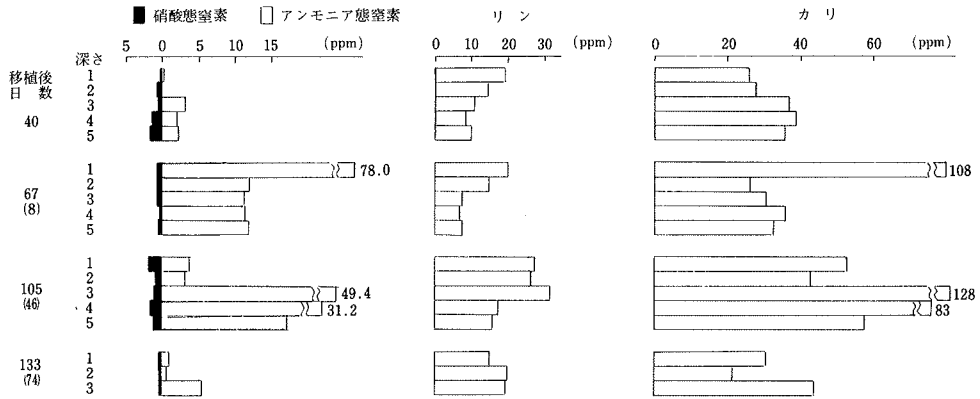
塊根および子実の収量：両作物ともに個体あたりの塊根重あるいは子実重は疎植になるほど高いが、面積当たりの収量は密植になるほど高かった（第3表）。収穫指数（塊根重または子実重/全乾物重）は甘藷では密植になるほど高く、一方トウモロコシでは疎植になるほど高かった（第3表）。

第3表 収量と収穫指数

甘 藷		1区	4区	8区
塊根重	(g/個体)	459	150	112
	(g/m ²)	459	600	896
収穫指数 (塊根重/全乾物重)		0.85	0.88	0.89
トウモロコシ		1区	4区	16区
子実重	(g/個体)	61.9	19.4	7.8
	(g/m ²)	61.9	77.6	124.8
収穫指数 (子実重/全乾物重)		0.33	0.20	0.19

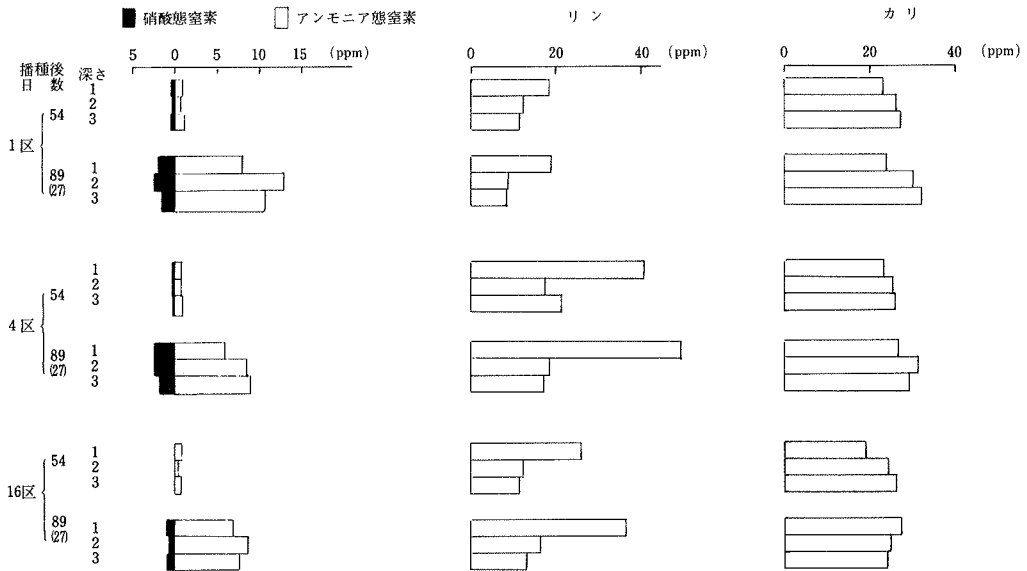
土壌中3要素濃度：甘藷1区について、施肥位置の直下50cmまで、10cmごとの土層中のアンモニア態窒素と硝酸態窒素、リン、カリそれぞれの濃度を第

5図に示した。基肥に施与した窒素は移植後40日目には施与位置の深さにはほとんど存在せず、20cmより深い層でわずかに認められるにすぎなかった。追肥窒素は施与後8日目（移植後67日目）にはまだ表層土中に多量に存在したが、その後高濃度層は下方に移動した。リンは窒素にくらべると移動性が小さく、表層に多く、下層になるほど少なかった。カリも窒素と同様に施肥後高濃度層が徐々に下方に移動したが窒素のように枯渇することはなく、かなり高い濃度を保っていた。トウモロコシ栽培土壌については互いに隣り合った4個体から等距離にある地点の土層中の3要素濃度を第6図に示した。基肥施与後54日目にはいずれの区でも窒素濃度はわずかであった。リンは常に表層に多く、またカリはどの区も層位間に大きな差はなく、大体20~30 ppmの範囲内であった。なお、甘藷栽培土壌で互いに隣り合った4個体から等距離にある地点の3要素濃度の推移はトウモロコシ栽培土壌の場合と類似していたので省略する。



()は追肥後日数, 深さ 1 : 0-10cm, 2 : 10-20cm, 3 : 20-30cm, 4 : 30-40cm, 5 : 40-50cm

第 5 図 甘藷 1 区における施肥位置直下の土層中の 3 要素濃度



()は追肥後日数, 深さ 1 : 0-10cm, 2 : 10-20cm, 3 : 20-30cm

第 6 図 トウモロコシ栽培土壌の互いに隣りあった 4 個体から等距離にある地点の土層中の 3 要素濃度

考 察

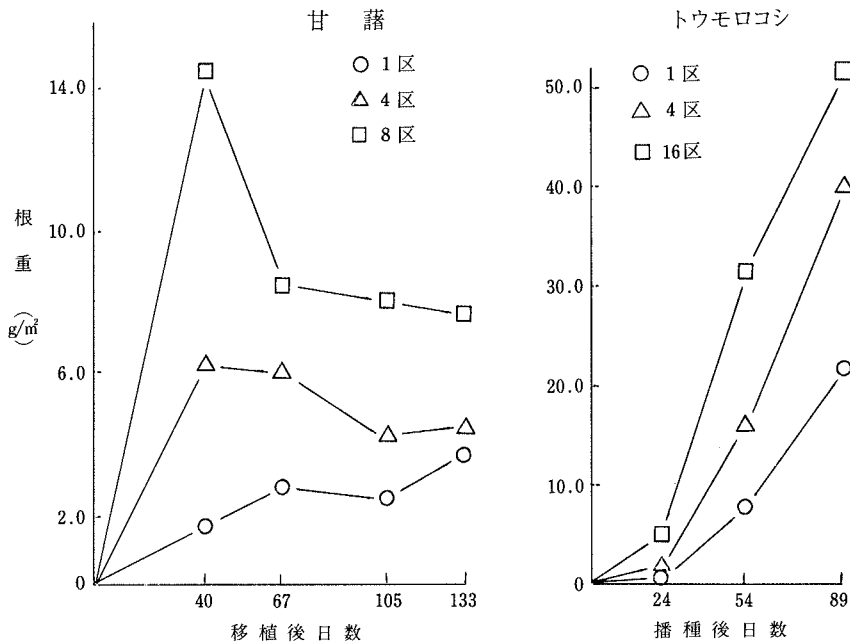
作物群落の乾物生産量を最大にするためには適切な栽植密度で栽培されることが必要である。それは群落が太陽エネルギーを利用して乾物生産を行なう

際に、それぞれの作物に最適葉面積指数が存在するからである。しかしながら、葉面積の拡大は養分の供給度に依存するため、栽植密度反応は土壌中の養分量によって影響される。最適葉面積指数は甘藷では 3.2¹⁾、トウモロコシでは低取品種で絹糸抽出期

以降4~5²⁾といわれている。本研究での甘藷は8区で最大葉面積指数が3.7と理想に近い生育を示したと考えられるが、1区と4区は2以下で、葉面積の拡大が不十分である。一方、トウモロコシは最も密植した区でも最大葉面積指数は3にすぎず、他の区ではさらに低い。葉面積の拡大は養分吸収量、特に窒素の吸収量に依存するがトウモロコシ栽培土壌についてみると、基肥施与後54日目の土壌中窒素濃度は著しく低く、追肥前にはほとんど枯渇していたと推察される。つまり、トウモロコシの場合にはどの区も生育前半の窒素不足が葉面積の拡大を妨げており、そのために十分な乾物産、子実生産を行なう事ができなかったと考えられる。最も高収であった16区でもhaあたりに換算すると1.2トンとなり、非常に低い値である。なお、密植になるほど収穫指数が低下するのはトウモロコシの一般的特徴である。リンの場合は土壌中の濃度分布から示されるように土壌中での移動性が小さく、供給量が不足したとは考えられない。長井ら³⁾も砂丘土壌で無機リンの溶脱が認められないと報告している。土壌中のカリ濃度は時期によって大きな変化がなく、カリ供給量も

制限要因になったとは考えられない。これらの事は作物体の各時期の3要素含有率(表示は省略した)からも理解された。一方、甘藷の場合についても各区の畦間および1区施肥位置の3要素濃度から、窒素が生育の制限因子となった事情はトウモロコシと同様であったと考えられる。しかし、甘藷の場合は塊根肥大のためには多量のカリを必要とし、また窒素施肥を控えるべきであることから、本実験の栽培環境はトウモロコシの場合ほどには不都合でなかったと理解される。事実、8区の塊根収量はhaあたり新鮮重で約30トンとなり、一般圃場の栽培に劣らない。収穫指数は疎植になるほど低下したが、岡ら⁴⁾はアリアケイモで同じ傾向を見いだしている。しかし、彼らはサツマアカではその傾向は認められないとしており、品種によって異なるようである。

本実験で両種作物ともに密植するほど高収量となったのは、与えられた施肥条件下で疎植区の面積あたり養分集積量とくに窒素の集積量が少なかったために起こったことであり、それは施肥窒素の根圏からの流亡率が高かったことに原因していると考えられる。第7図に両種作物における面積あたりの根量の



第7図 甘藷とトウモロコシの面積あたり根重
* (甘藷については細根のみ)

推移を示した。甘藷では1区が収穫期まで徐々に増加したのに対して、8区は初め急激な増加を示し、移植後40日以降になってかなり減少している。これは8区では、塊根の生産が順調であったことから、細根のうち塊根に変わる率が高かったために起こったとも考えられる。一方、トウモロコシではどの区も収穫期までほぼ直線的に増加した。このような両種作物の根量の推移がそれぞれの栽植密度での作物本来の特性を表わしているのか、あるいは養分供給量の影響をうけたものであるかは不明であるが、作物の根系分布と養分吸収との関係を考える上で興味深い。

本実験での施肥は追肥が1回で、施肥量、施肥時期ともに大ざっぱなものであった。にもかかわらず、甘藷で栽植密度の効果によって高収が得られる事は、砂丘地での甘藷の栽培が比較的容易であることを意味しており、そのために一般に栽培されてきたものと考えられる。一方、トウモロコシについては、本実験での栽培法では乾物生産量、子実収量ともに非常に低く、その栽培には周到な施肥設計が必要である。

砂丘土壌で窒素の溶脱が激しい事は以前から指摘されている⁵⁾⁶⁾⁷⁾。したがって砂丘圃場では、密植でしかも作物の最適葉面積指数を維持できるような窒素施肥管理を行なうことが必要である。リンとカリについては大部分を基肥で施しても不都合でないと思われる。なお、施肥窒素の作物による有効利用を図るには、降雨量を含めた水供給量と蒸発散量との関係から土壌水の挙動を正確に捉え、それが土壌中の養分の挙動および作物による養分吸収に及ぼす影響を調査する必要があると考える。

要 約

鳥取大学農学部砂丘利用研究施設圃場で、トウモロコシと甘藷をそれぞれ1, 4, 16個体/m²および1, 4, 8個体/m²の栽植密度で栽培した。両種作物

いずれの区にも基肥と追肥を合わせて15kg/10aのN P₂O₅, K₂Oをそれぞれ硫酸、過石、塩加で施与した。作物の乾物生産量, 3要素集積量, 収量および栽培土壌の土層毎の3要素濃度の推移を栽植密度間で比較した。得られた結果を要約すると次の通りである。

(1)土壌中の窒素の移動性は大きく、時間の経過とともに高濃度集積層は下方に移った。リンの濃度分布は終始ほとんど変わらず、表層に多量に残存した。カリは窒素と類似した動きを示したが、窒素のように枯渇することはなかった。

(2)トウモロコシではどの区も十分な乾物生産と子実生産が得られなかった。それは窒素欠乏によって葉面積の拡大が不十分であったためであるが、この傾向は疎植になるほど著しかった。一方、甘藷では葉面積指数が1, 4個体/m²区で低かったが、8個体/m²区では適当であり、この区の塊根生産も良好であった。両種作物にみられるこのような差は、最適葉面積指数と塊根あるいは子実生産に必要な養分の相違によるものである。

引 用 文 献

1. 津野幸人・藤瀬一馬. 1965. 農技研報D. 13: 1-131.
2. TANAKA, A and YAMAGUCHI, J. 1972. J. Facul. Agric. Hokkaido Univ. 57. Part 1: 71-132.
3. 山内益夫・長井武雄. 1965. 砂丘研究 12(2): 51-59.
4. 岡正・窪田忍・上妻道紀. 1966. 鹿児島農試業務報告. 昭和40年度: 64-66.
5. 鳥居菅生・長井武雄・佐藤一郎・小谷佳人. 1961. 鳥取大砂丘研究実験所報告. 2: 13-28.
6. 長井武雄. 1962. ———. 3: 54-64.
7. 田辺賢二・佐藤一郎. 1973. 砂丘研究. 19: 41-46.