

乾燥地におけるテンサイとトウモロコシの 乾物生産ならびに養分吸収

津野幸人*・藤山英保**・杉本秀樹***・遠山柁雄*

昭和55年7月31日受付

Dry Matter Production and Mineral Nutrient Absorption of Sugar Beet and Maize at Arid-Land

Yukindo TSUNO*, Hideyasu FUJIYAMA**, Hideki SUGIMOTO***
and Masao TOYAMA*

A growth analysis was made relative to sugar beets and maize, which were cultivated in a field at the Karadj Station, Soil Institute of Iran, and this growth analysis was compared with the uptake pattern of nutrients.

The maximum values in the relative growth rate (RGR) were 0.101 g/g/day with sugar beets and 0.139 g/g/day with maize, and the maximum values in net assimilation rate (NAR) were 19.2 g/m²-leaf area/day and 15.9, respectively. The maximum value in NAR with maize was very similar to that with maize in Japan, but with sugar beets it was far higher compared with sugar beets in Japan (Table 7).

From the relationship between the crop growth rate (CGR) and the uptake rate of nutrients during the experimental periods, it was shown that CGR was proportional to the uptake of nitrogen with sugar beets (Fig.11), and was proportional to the uptake rate of phosphorus with maize (Fig.12). The coefficients of correlation between NAR and the contents of three primary nutrients in leaves were high with N and K in the case of sugar beets and were high with P and K in the case of maize. In order to keep NAR high, therefore, it will be necessary to promote the uptake of such elements in the latter stage of growth that were closely related to NAR. Also, in order to raise LAI, it will be effective to promote nitrogen uptake until the middle stage of growth.

緒 言

中近東乾燥地域においては、農業生産の強化を望む声
が強いにもかかわらず、単位面積当たりの収量(単収)

の水準は低位にある。作物生産量を増大する方法として、
耕地面積を外延的に拡大する方向と、単収を引き上げる
方向があるが、前者は乾燥地特有の条件として、かんが
い水の不足によって、その実現が容易でない。後者は栽

* 鳥取大学農学部附属砂丘利用研究施設乾地生態部門

Sand Dune Research Institute, Faculty of Agriculture, Tottori University

** 鳥取大学農学部農芸化学科作物栄養学研究室

Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Tottori University

*** 愛媛大学農学部園芸学科作物学研究室

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ehime University

培法あるいは技術の改善によって、少ない投資で実現できる利点を有している。栽培法の改善方向を探索するにあたって、まず第一着手としてなさねばならぬのは、乾燥地において作物がその環境のもとで、如何なる物質生産を営んでいるかの実態を明らかにすることである。しかしながら、中近東乾燥地諸国を通覧してみても、物質生産を基礎的な面からとりあげた成績は極めて少なく、その実態も推測の域を出ないのが現状である。

幸いにして、われわれはイラン国のテヘラン郊外において、1978年に圃場試験をおこなう機会を得た。ここで栽培されたテンサイとトウモロコシを材料として生長解析をおこない、かつ養分吸収の状況を調査したので、その結果を以下に述べたい。

生長解析法^{1,2,10,11)}はイギリスにおいて発達し、わが国の研究者による、植物の群落光合成の研究^{3,5,7)}によって、その基礎が固められた、という歴史的意義をもっている。作物の物質生産を乾物重の増加としてとらえ、さらに単位期間内における乾物増加速度 (CGR) を葉面積指数 (LAI) と純同化率 (NAR) の積の形としてとらえる手法は、なんらの複雑な器具を必要としないで、正確な数値が得られる点ですぐれており、実験施設に恵まれない地域においては、将来とも有効な解析手法であると考えられる。

すでに、わが国においては、国際生物事業計画 (IBP) の一環として、作物の生長解析はかなり広範囲に実施されており、⁶⁾ トウモロコシについては4ヶ所、テンサイは1ヶ所で継続的に乾物生産が測定されているので、これらの数値と本試験での数値を比較することができ、推論についての有力な確証を得ることができた。

試験材料および方法

試験圃場はイラン国立土壌研究所カラジ支所のもので、これにトウモロコシ (品種・Double cross) とテンサイ (品種・Kvpoly) を5月15、14日にそれぞれ播種した。いずれも畦立栽培で畦間かんがいをおこなった。栽植密度は、生育中期の調査でトウモロコシ4.29株/m²、テンサイ5.53株/m²であった。

全施肥量は両作物ともha当たりN:180kg, P₂O₅:80kg, K₂O:60kgで、すべて基肥として施用された。なお、当地の慣行としてカリは施さないが、本試験では少量施用されている。

試験圃場は乾物生産量を調査するのが目的であるので、各作物とも1.5haを1区として栽培され、なるべく均一に生育させるように努力したが、かんがいのむらによる

発芽の不揃いのためと肥料むら、によって個体間の変異はかなり大きかった。しかし、生育状況は強健であり、わが国での生育に比べて、葉身が固くしまり、引きちぎるのに困難を感じるほどであった。

調査株の採取は、圃場を横切って綱をV字状に張り、それに接触した個体を50個体採取した。ただちに、生葉、枯死部、莖、に分けた。テンサイは塊根を水洗いして細根を除いたのち、細断した。これら各部位は日乾したのち、電気乾燥機内で90℃に24時間保ち、秤量した。葉面積の測定は直径2cmのコルク・ボーラーで50枚の葉片を打抜き、単位葉乾物重当たりの葉面積 (Specific Leaf Area) を求め、それを全葉重に乗じて求めた。

以上の材料の一部を粉末として日本に持ち帰り、化学分析をおこなった。分析法はつぎのとおりである。チッソ:硫酸分解後、ネスラー法で比色定量。リン酸:HNO₃(10):HClO₄(4):H₂SO₄(1)の混液で湿式分解後、バナドモリブデン酸法で比色定量。カリ:湿式分解後、炎光法で定量。カルシウム、マグネシウム:湿式分解後、原子吸光法で定量。

試験結果および考察

a. 乾物重の増加経過および葉面積の推移

それぞれの調査における個体の各部位重と葉面積指数はTable 1に示したとおりである。さらに、全乾物重

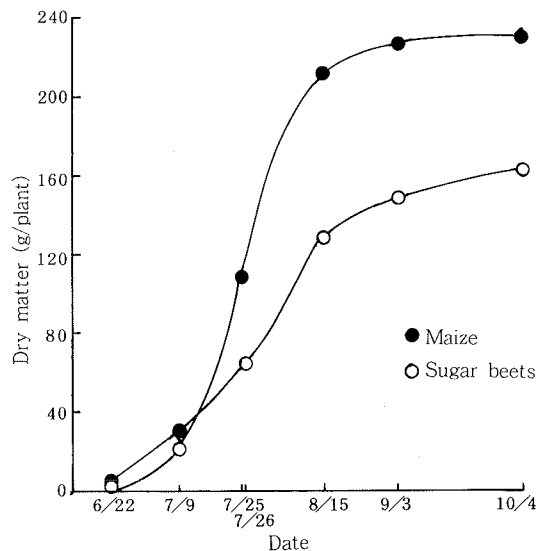


Fig. 1 Change of dry matter accumulation in sugar beets and maize.

Table 1 Weight of dry-matter, Specific leaf area (SLA) and Leaf area index (LAI)

Crop (Planting density)	Date	Dry-Weight, g/plant					SLA cm ² /g	LAI m ² /m ²	
		Leaf	Stem	Tuberous root	Dead leaf	Total			
Sugar beets (5.53 plants/m ²)	6.22	3.3	1.1	1.1	0.1	5.6	151	0.28	
	7.9	9.0	4.6	16.9	0.7	31.2	125	0.62	
	7.26	13.9	8.8	41.1	0.7	64.5	107	0.82	
	Sowing date, May 14	8.15	16.8	10.6	95.1	6.1	128.6	112	1.04
	9.3	16.4	13.8	108.8	8.8	147.8	101	0.92	
	10.5	14.1	16.5	120.1	11.4	162.1	102	0.80	
Maize (4.29 plants/m ²)	6.22	1.3	0.7	—	—	2.0	243	0.13	
	7.9	11.3	10.0	—	—	21.3	161	0.78	
	7.25	45.1	62.9	—	0.9	108.9	126	2.44	
	Sowing date, May 15	8.15	41.2	166.0	—	4.4	211.6	111	1.96
	9.3	34.4	183.5	—	8.7	226.6	104	1.49	
	10.4	1.8	189.4	—	38.9	230.1	100	0.77	

(1978), Karadj, Iran, Stem of Maize included ear

の増加経過を Fig. 1 でみると、両作物とも増加曲線は S 字状を示し、増加速度が最大であるのは、テンサイで 7 月下旬より 8 月上旬にかけてであり、トウモロコシのそれは 7 月中・下旬であった。葉面積指数の最大期はテンサイで 8 月 15 日に 1.04、トウモロコシは 7 月 25 日に 2.44 を示している。いずれも、わが国における通常の生育を示したのものよりも低く、とくにテンサイの低いのが注目される。しかし、テンサイでは生育後期 (10 月 5 日) まで 0.8 の葉面積指数を保持するのに対して、トウモロコシは 10 月 4 日では最大値の 32% の 0.77 と低下しており、かなり下葉の枯れ上がりのあったことを示している。

乾物重の増加経過からみて、本試験地における両作物の主要乾物生産期間は、高温乾燥期の 7～8 月と考えられ、時期的にはわが国のそれとよく合致している。ただ、9 月から 10 月初旬にかけて、乾物重増加が衰えるのは、気象的要因よりも、むしろ、栄養生理的な面に原因があるように考えられ、この点に改善を加える余地があると思われる。

b. 養分吸収経過と体内の各種養分濃度

上述の点を検討するため、無機養分の吸収経過を Fig. 2～6 で示した。なお、吸収量の詳細な数値は Table 2, 3 に、また各部位の含有率は Table 4, 5 にかかげておいた。

まず、N の吸収経過を Fig. 2 でみると、トウモロコシでは 8 月 15 日にすでに最高値に達し、以後は吸収されていない。テンサイもおおむね 9 月 3 日に最高値に達し

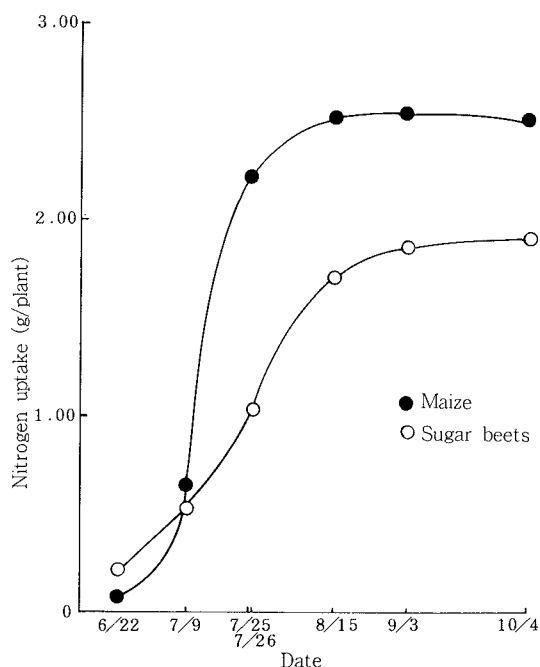


Fig. 2 Change in nitrogen uptake in sugar beets and maize.

ている。P は N よりも最高値がおくられて現われ、トウモロコシでは 9 月 3 日である (Fig. 3)。テンサイでは量的には少ないが、10 月 4 日まで吸収がおこなわれている。K はトウモロコシでは 8 月 15 日に最高値に達し、以後、

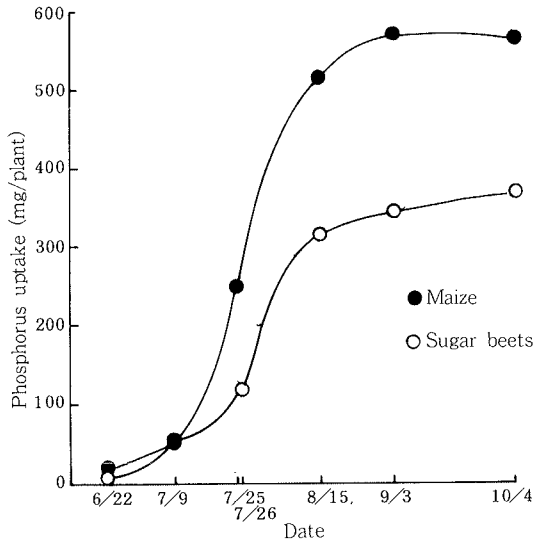


Fig. 3 Change in phosphorus uptake in sugar beets and maize.

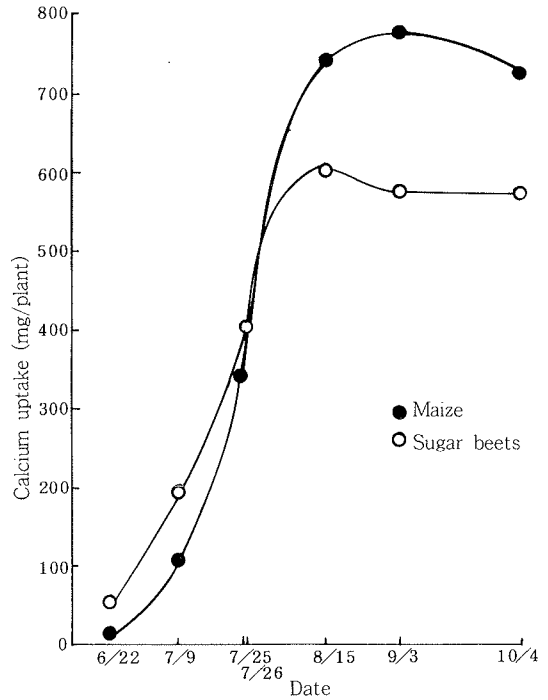


Fig. 5 Change in calcium uptake in sugar beets and maize.

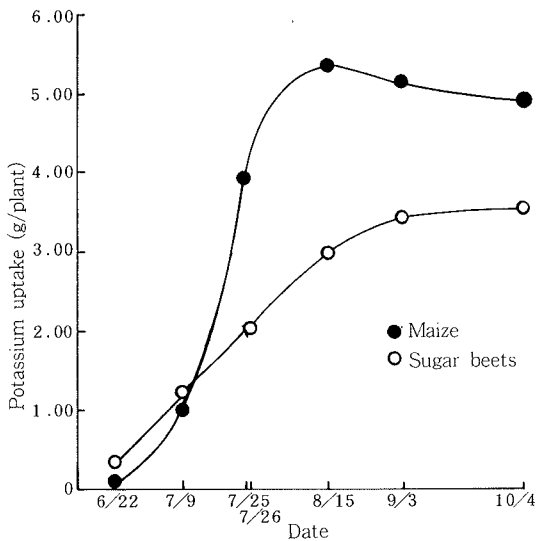


Fig. 4 Change in potassium uptake in sugar beets and maize.

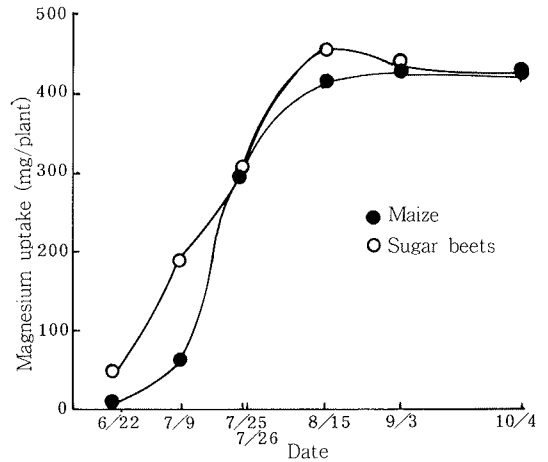


Fig. 6 Change in magnesium uptake in sugar beets and maize.

体内保有量(地上部)は減少している。この減少分は枯死部とともに一部が脱落したものと考えられる。一方、テンサイでは最後まで吸収がおこなわれている。これは塊根生産作物の一般的特性であろう (Fig. 4)。Ca については、トウモロコシでは 9 月 3 日に最高値に達し、以

後若干ながら減少している。テンサイでは 8 月 15 日に最高値に達し、それ以後は吸収されていないと推測できる (Fig. 5)。Mg は両作物とも 8 月 15 日で吸収が終り、以後の吸収はない (Fig. 6)。

Table 2 Nutrient uptake in sugar beets.

Date	N (g/plant)	P (mg/plant)	K (g/plant)	Ca (mg/plant)	Mg (mg/plant)
6/22	0.08	7	0.09	11	7
7/9	0.65	53	1.00	105	61
7/25	2.21	251	3.94	340	294
8/15	2.51	515	5.33	738	412
9/3	2.53	569	5.15	772	424
10/4	2.50	563	4.92	721	422

Table 3 Nutrient uptake in maize.

Date	N (g/plant)	P (mg/plant)	K (g/plant)	Ca (mg/plant)	Mg (mg/plant)
6/22	0.22	21	0.33	52	46
7/9	0.53	59	1.21	191	188
7/26	1.03	119	2.03	401	305
8/15	1.70	318	2.99	600	451
9/3	1.85	345	3.43	573	436
10/4	1.90	370	3.55	570	427

Table 4 The contents of nutrients in sugar beets.

Date	Part	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
6/22	Leaf	4.85	0.42	5.63	1.17	1.09
	Stem	3.08	0.34	8.75	0.75	0.40
	Root	2.05	0.29	3.71	0.22	0.26
	Dead part	2.35	0.14	6.25	2.53	1.83
7/9	Leaf	3.28	0.22	5.78	1.35	1.42
	Stem	1.63	0.18	6.88	0.63	0.40
	Root	0.85	0.18	1.99	0.15	0.16
	Dead part	1.88	0.09	5.55	2.20	2.13
7/26	Leaf	3.63	0.22	5.23	1.59	1.32
	Stem	1.63	0.25	6.33	0.74	0.35
	Root	0.90	0.16	1.72	0.24	0.18
	Dead part	1.53	0.11	5.16	2.33	2.36
8/15	Leaf	3.31	0.33	3.99	1.38	0.98
	Stem	1.82	0.30	4.10	0.69	0.28
	Root	0.87	0.23	1.69	0.19	0.17
	Dead part	2.08	0.20	4.53	1.87	1.55
9/3	Leaf	2.89	0.34	3.65	1.11	0.81
	Stem	1.79	0.30	3.88	0.68	0.25
	Root	0.85	0.21	1.78	0.16	0.17
	Dead part	2.24	0.22	4.00	1.38	0.94
10/4	Leaf	2.57	0.35	3.52	1.02	0.69
	Stem	1.80	0.32	3.66	0.59	0.17
	Root	0.83	0.20	1.69	0.15	0.18
	Dead part	2.15	0.24	3.70	1.30	0.75

Note. Root: Tuberous root only.

Table 5 The contents of nutrients in maize.

Date	Part	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
6/22	Leaf	4.28	0.31	3.64	0.56	0.30
	Stem	4.28	0.44	5.78	0.60	0.49
7/9	Leaf	3.06	0.24	3.61	0.59	0.21
	Stem	3.08	0.26	5.95	0.38	0.37
7/25	Leaf	2.15	0.22	3.40	0.33	0.22
	Stem	1.95	0.24	3.78	0.28	0.30
	Dead part	1.45	0.10	3.44	1.70	0.70
8/15	Leaf	1.43	0.15	2.85	0.70	0.20
	Stem	1.13	0.27	2.43	0.25	0.19
	Dead part	0.98	0.11	2.76	0.78	0.33
9/3	Leaf	1.18	0.09	2.79	0.81	0.19
	Stem	1.11	0.29	2.18	0.23	0.18
	Dead part	0.96	0.07	2.22	0.82	0.32
10/4	Leaf	1.16	0.08	2.70	0.85	0.17
	Stem	1.11	0.28	2.09	0.20	0.17
	Dead part	0.98	0.08	2.35	0.84	0.25

以上でわかるとおり、テンサイにおけるKを除けば、他の要素の吸収は8月15日ではほとんど吸収が終り、以後の吸収がない点を特徴としてあげることができる。これは、乾物生産が気象的にみて好適しているとみなせる9月において衰えていることと関連があると考えられる。

生育後期における養分吸収の停止は、根の衰弱によるものか、あるいは土壤中に有効態の無機養分がなくなったという点に原因があるかは確かめられていないが、後期に養分吸収がおこなわれ、体内における無機栄養分の濃度の低下が光合成活動を制限しなければ、乾物生産速度の低下を防ぐことは可能であろう。このことに関して、全量を基肥として与える施用法にも問題があり、肥料の分施肥の研究も推進しなければならない課題である。

次に、体内養分濃度の推移を Table 4, 5 でみよう。まず、葉身における各成分に着目すると、次のことがわかる。テンサイでは日時の経過とともに濃度が顕著に低下する成分はNとKであり、これ以外は生育後期でも濃度低下が著しくない。しかし、Pは乾物生産の盛んな7月9日と26日に濃度低下を示し、この要素の吸収が乾物増加に追従していない。トウモロコシでは、Ca以外の無機成分の濃度は生育初期にたかく、生育がすすむにつれて低下している。とりわけ、PとNの濃度低下が顕著である。NとPはトウモロコシの葉身の光合成能力と関係の深い要素⁸⁾であって、Table 5, 4 でみられるとおり

Table 6 Growth analysis of sugar beets and maize.

Crop	Period	Days	ΔW g/plant/day	F dm ² /plant	RGR g/g/day	NAR g/m ² /day	LAR m ² /g	CGR g/m ² /day	LAI m ² /m ²	Period No.
Sugar beets (5.53 plants/m ²)	6.23-7.9	17	1.506	7.69	0.101	19.6	51.5	8.33	0.43	1
	7.10-7.20	17	1.959	12.99	0.043	15.1	28.5	10.83	0.72	2
	7.27-8.15	20	3.205	16.67	0.035	19.2	18.2	17.72	0.92	3
	8.16-9.3	19	1.011	17.54	0.007	5.8	12.1	5.59	0.97	4
	9.4-10.5	32	0.447	15.38	0.003	2.9	10.3	2.47	0.85	5
Maize (4.29 plants/m ²)	6.23-7.9	17	1.135	8.62	0.139	13.2	105.3	4.87	0.37	1
	7.10-7.25	16	5.475	34.48	0.102	15.9	64.2	23.49	1.48	2
	7.26-8.15	21	4.890	50.00	0.032	9.8	32.7	20.98	2.14	3
	8.16-9.3	19	0.789	41.67	0.004	1.9	21.1	3.39	1.79	4
	9.4-10.4	31	0.113	11.36	0.0005	1.0	5.0	0.49	0.49	5

 ΔW : Increased amount of dry weight per day.

F : Leaf area per plant.

RGR : Relative Growth Rate.

NAR : Net Assimilation Rate.

LAR : Leaf Area Ratio.

CGR : Crop Growth Rate.

LAI : Leaf Area Index.

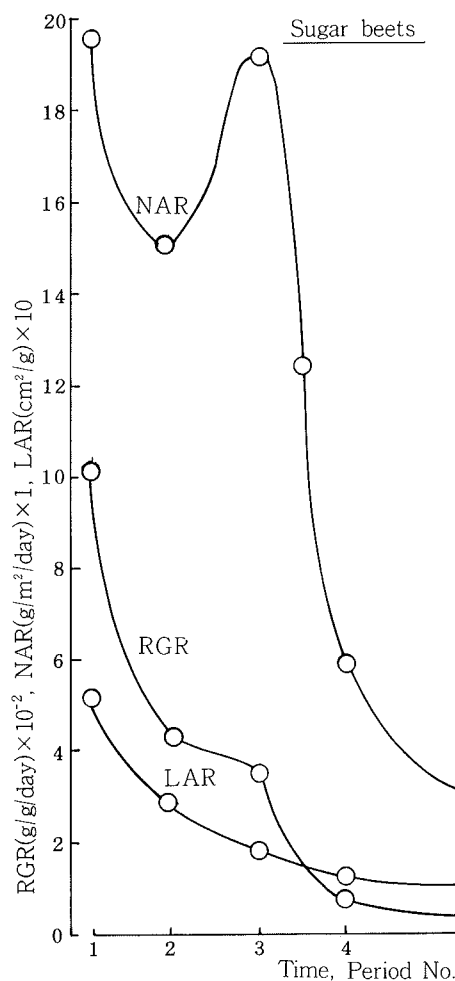


Fig. 7 Changes of relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR) and leaf area ratio (LAR) of sugar beets with the time indicated.

Note. Time was shown with period No. of table 6.

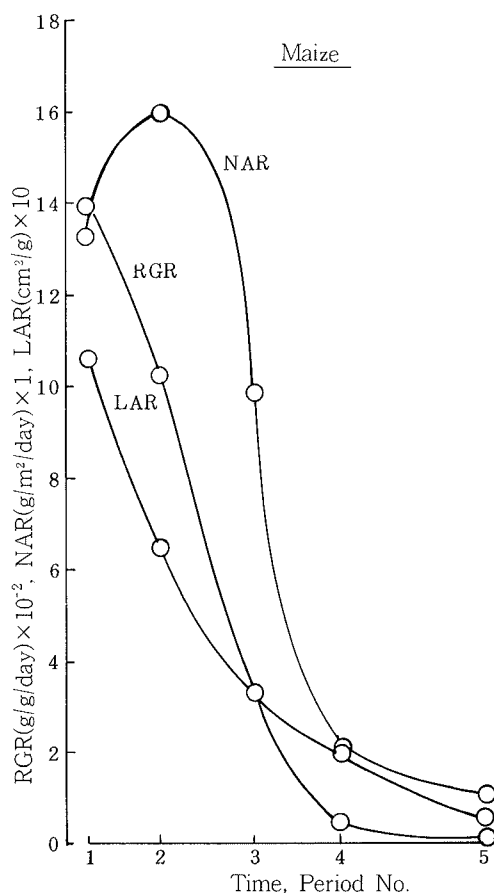


Fig. 8 Changes of relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR) and leaf area ratio (LAR) of maize with the time indicated.

Note. Time was shown with period No. of table 6.

テンサイにおけるN, トウモロコシにおけるPの濃度低下は後述する純同化率の推移とも関連が深いと考えられる。

c. 相対生長率 (RGR), 純同化率 (NAR) および葉面積指数 (LAI) の推移

テンサイとトウモロコシの乾物生産を生長解析の手法に従って, RGR とその構成要素である NAR および LAR を算出し, Table 6 に示した。さらに, 検討するうえでの便宜をはかって, それらを Fig 7, 8 のごとく作図した。

NAR の最高値はテンサイ $19.2\text{g/m}^2\text{-葉面積/day}$, トウモロコシ $15.9\text{g/m}^2\text{-葉面積/day}$ であり, 前者が高い値を示した。しかし, 両者ともに生育後期では急速に低下する。他方, LAR は生育初期から後期にかけて急速に減少した。NAR と LAR の積で得られる RGR は, 生育初期に高く, 両作物とも 8月16日以後は極めて低い値となった。RGR の最高値はテンサイで 0.101 , トウモロコシで 0.139 を示した。この値は一般の高等植物が示す最高値 0.2 よりも低い。これは, 第1回の調査時期が播種後38日から46日の期間であり, この時期以前においては一段と高い値であったと推定できる。

d. 乾物生産速度 (CGR) の解析

本試験での主目的である乾物生産速度 (CGR) の解析をおこなうこととする。まず, Table 6 で CGR をみると, テンサイでは第3期すなわち, 7月25日から8月15日にかけて最高値 $17.72\text{g/m}^2\text{-圃場/day}$ が得られ, トウモロコシでは第2期, すなわち7月10日から7月25日にかけて最高値 $23.49\text{g/m}^2\text{-圃場/day}$ が得られた。これらの時期を中心としてその前後では低い値となっている。CGR は NAR と LAI とに分割される。NAR, LAI はすでに検討したとおりであるが, CGR が第1期で低い

のは LAI の不足である。

このことを明確にするために, LAI と CGR との関係を図 9 にかかげた。テンサイは第3期まで LAI の増加と CGR の増加は比例的であり, トウモロコシは第2期まで両者は比例する。特に注目されるのは, 生育初期では両作物とも同じ回帰直線で示すことができ, 生育初期の葉面積拡大がただちに CGR を引き上げることを物

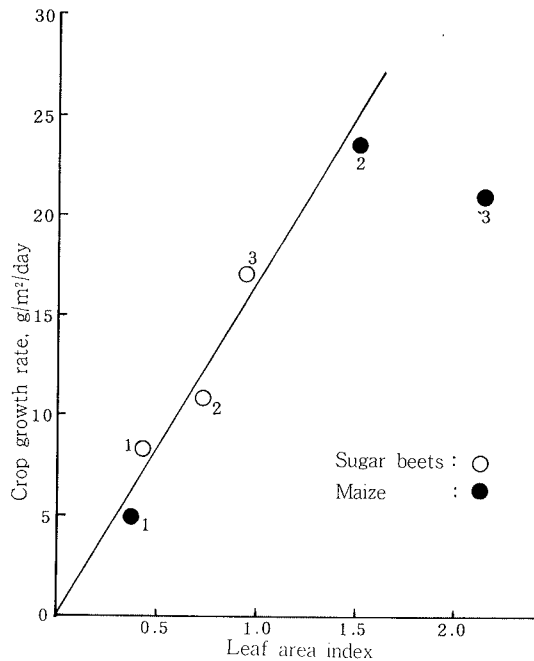


Fig. 9 The relationship between leaf area index and crop growth rate.

Note. Numbers in the figure shows period No. in table 6.

Table 7 Comparison of dry matter production of Iran and Japan.

	Maize				Sugar beet			
	JAPAN			IRAN	JAPAN			IRAN
	1967	1968	1969	1977	1967	1960	1969	1977
Maximum standing crop (ton/ha)	18.38	16.68	14.58	9.87	16.37	16.37	21.78	8.96
Maximum Leaf Area Index	4.61	4.35	4.13	2.44	3.83	3.83	7.79	1.04
Crop Growth Rate (g/m ² /day)	35.79	28.62	30.53	23.49	24.03	24.03	25.38	17.72
Maximum RGR (g/g/day)	0.138	0.158	0.167	0.139	0.121	0.121	0.128	0.101
Maximum NAR (g/m ² -Leaf Area/day)	16.66	13.35	19.50	15.9	9.67	9.67	12.20	19.2

Note. Data of Japan were obtained from the report of International Biological Programing (IBP) and its experimental places were shown with table 8.

語っている。

テンサイの第4・5期, トウモロコシの第3・4・5期における数値は Fig. 9 の回帰直線から外れるのであるが, この原因は NAR の低下に起因している。乾物生産速度を高く保つためには, LAI の増大と NAR を高く保つことの両面から方策を考えなければならない。そこで, わが国で得られた数値⁶⁾とイランのそれとを Table 7 で比較してみよう。

まずトウモロコシについてみると NAR の最高値は, わが国もイランも大差がない。しかし, 最大 LAI では大きな差があり, イランがわが国の約半分である。同様のことをテンサイでみると, NAR の最高値はイランが著しく高いが, LAI ではわが国のほうがイランの4~7倍の値を示している。したがって, CGR においても両作物ともわが国の方が高い。CGR を全生育期間について積分した値が Maximum Standing Crop であるが, これをみると, 両作物ともにわが国がイランよりも著しく大きく, 全乾物生産量において優っている。わが国でのこれらの作物の試験法は, 各地での慣行的な方法に準拠したものであって, 決して特別のものではない。全乾物生産量にこのような大差が生じるのは, 一にかかってイランの試験での LAI が少ない点に原因がある。

それは, Fig. 10 で最大 LAI と Maximum Standing Crop との関係を見ると明確に首肯できよう。すなわち, 図にみられるとおり, 最大乾物生産量は最大 LAI に比例しており, LAI が5に達するまでは両作物ともに, ほとんど直線的に増加するように見受けられる。また, Tanaka et al のトウモロコシの成績⁸⁾でも CGR と LAI の比例範囲はこれと同様である。イランにおいては葉面積指数を増大させる方向での栽培法の改善が, まず第一着手と考えられる。このことは, 一試験地における一栽培事例からの結論ではなくて, われわれがイラン国内を旅行して, 多くの圃場を観察した結果に基づいている。

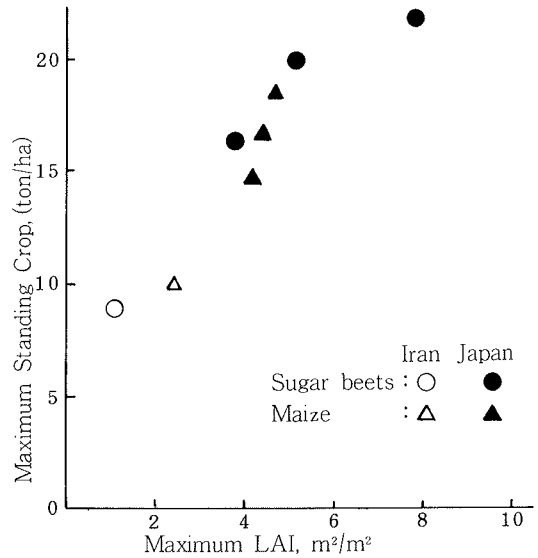


Fig. 10 The relationship between maximum leaf area index and maximum standing crop of sugar beets and maize.

具体的にいえば, 発芽の不揃いとか, 生育のむらをなくすることからまず始めなければならない。その次に考えられるのが, 施肥方法の改善である。

施肥法の改善に関して, 本試験の結果によって乾物生産と栄養生理の面から, さらに掘り下げて検討してみよう。手順として, 1日当たりの養分吸収速度を算出し (Table 9, 10) それと CGR との関係を検討した。このうちで明らかな傾向が得られたものを示すと Fig. 11, 12 のとおりである。

Fig. 11 は N の吸収速度と CGR との関係であって, トウモロコシでは両者の間で一定の傾向が認められないが, テンサイでは明らかに N 吸収速度と CGR は比例関係にある。一方, トウモロコシで CGR と直線的な比例関係

Table 8 Location of experimental place in Japan and Iran.

Crop	Location name	Latitude	Longitude	Elevation	Planting density (plants/m²)	Sowing date	Growth period (days)
Maize	Sapporo	43° 35' N	141° 20' E	17 m	4.44	May 15	141
	Morioka	39° 45' N	141° 08' E	178 m	6.67	May 10	130
	Kikyogahara	36° 07' N	137° 57' E	710 m	5.56	May 20	146
	Tanashi	35° 33' N	139° 33' E	57.7m	6.15	May 20	108
Sugar beets	Sapporo	43° 35' N	141° 20' E	40 m	8.80	April 30	176
	Karadj	35° 46' N	50° 56' E	1,321 m			

Table 9 The uptake rate (mg/plant/day) of nutrients in sugar beets.

Periods	Days	N	P	K	Ca	Mg
6/23-7/9	17	18.2	2.24	51.8	8.18	8.35
7/10-7/26	17	29.4	3.53	48.2	12.35	6.88
7/27-8/15	20	33.5	9.95	48.0	9.95	7.30
8/16-9/3	19	7.9	1.42	23.2	-	-
9/4-10/5	32	1.6	0.78	3.8	-	-

Table 10 The uptake rate (mg/plant/day) of nutrients in maize.

Periods	Days	N	P	K	Ca	Mg
6/23-7/9	17	33.5	2.7	54	5.5	3.18
7/10-7/25	16	97.5	12.4	184	14.7	14.56
7/26-8/15	21	14.3	12.6	66	19.0	5.62
8/16-9/3	19	1.1	2.8	-	1.8	0.63
9/4-10/4	31	-	-	-	-	-

が得られたのはP吸収速度である (Fig. 12)。テンサイのCGRはP吸収速度と曲線で示される比例関係が認められる。Fig. 11, 12を通覧していえることは、テンサイの乾物生産速度はN吸収速度と、トウモロコシのそれはP吸収速度に高い相関があり、それぞれの栄養生理面での特性の差が現われている点である。すでに述べたとおり、トウモロコシでは生育の中期に葉身のP濃度が低下する時期があり、乾物生産にP吸収が追従できないことを示しており、この要素が制限因子となって、乾物生産速度を律速する可能性が考えられる。

純同化率 (NAR) に関与する要因は光合成速度のほか、非同化器官と葉面積との比とか、葉層の受光状態の良否とかが考えられる。トウモロコシ群落内の照度分布を9月16日に調査した。この時期ではLAIが1.3の群落であるが、地面での相対照度は各時刻の平均値として35%であり、かなり日射が群落内へよく透入し、葉身間の相互遮へいが少ないことがわかった。また、テンサイはLAIの最高値が1.0以下であることから、本試験でNARに強く関与する要因は光合成速度であると推察できるので、NARと葉身中の3要素濃度との相関を求め、どの要素が光合成に最も関係が深いかを推定しようとした。

テンサイにおけるNARと各要素濃度との相関係数はN:0.973, P:-0.498, K:0.856, であってNとKが高い相関をもつ。同様にトウモロコシにおいてはN:

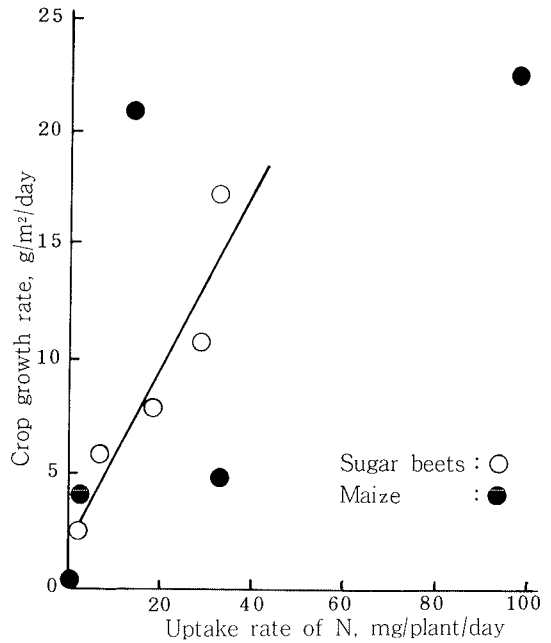


Fig. 11 The relationship between the uptake rate of nitrogen and the crop growth rate.

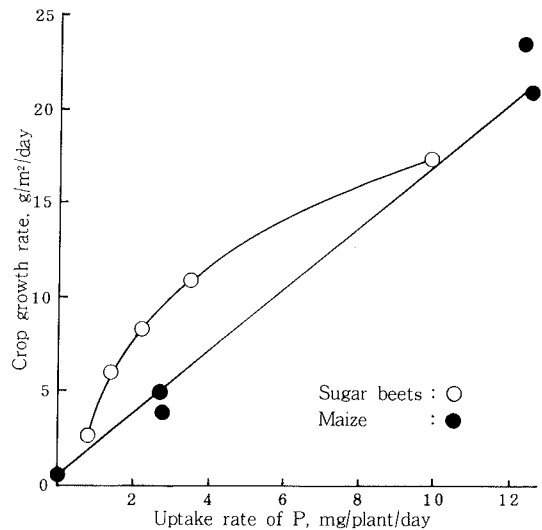


Fig. 12 The relationship between the uptake rate of phosphorus and the crop growth rate.

0.740, P:0.919, K:0.951であった。テンサイではNが最も相関が高く、さきの Fig. 11から導いた結論と合致した。また、一般に塊根肥大にはKが大きな役割を果たす⁹⁾ことが知られており、テンサイにおいてもKが重

要であることは当然予期できた。他方、トウモロコシでは NAR と高い正の相関を持つのは P、K そして N であって、Fig. 12 でみられた P の吸収速度と CGR との関係の他に、K もなんらかの重要な役割をはたしていることが推測される。これらの諸結果からみて、テンサイの NAR は N、K、トウモロコシのそれは P と K とが関係が深いと考えて差支えなからう。したがって、栽培にあたっては、上の結果にもとづいた施肥改善を考えることが望ましく、このことの実証をカラジ試験地の研究者に強く要望するものである。

具体的にその内容を示せば、栽培上の経験から推察できるとおり、生育初期から中期の葉面積指数は N 吸収量に比例しており、この時期の N 吸収を促進することが葉面積の確保に重大な影響をもつ。葉面積指数が 5 以下では、多くの場合、乾物生産は葉面積指数に強く依存する。^{10, 11)} この範囲内で葉面積指数が大きくなれば、乾物生産量は増大するので、体内の無機栄養の濃度低下がはげしくなる。とくに、本試験では、トウモロコシの葉身中の P 濃度の低下が著しく、また、K と NAR との高い相関からみて、生育中期以降、P と K の吸収をうながす措置が必要となる。したがって、上述の目的に合致した肥料の分施肥の研究が次の目標として浮かび上がってくるのである。さらに、乾燥地の施肥慣行として K を与えない場合が多いが、カラジ試験地のような水質がよくて、かんがい水による K の補給の少ない圃場では、K 肥料の増量も検討すべきであろう。

要約および結論

乾燥地域における作物の栽培法の改善方向をうちだすための基礎的な資料を得るため、イラン国立土壌研究所カラジ支所の圃場に栽培された、テンサイとトウモロコシの生長解析をおこない、無機養分の吸収経過と対比させて考察を加えた。得られた結果は次の通りである。

(1) 両作物とも乾物重の増加曲線は S 字状で示すことができた (Fig. 1)。無機養分の吸収経過も乾物重の増加経過と一致するものと考えられる (Fig. 2~6)。また両作物ともに 7 月 9 日~8 月 15 日の期間で、旺盛な乾物生産をおこない、以後の生産はわずかであった。

(2) 相対生長率の最高値はテンサイで 0.101g/g/day、トウモロコシで、0.139g/g/day であり、純同化率の最高値は、テンサイ 19.2g/m²-葉面積、トウモロコシで 15.9g/m²-葉面積/day であった (Table 6)。RGR の最高値は高等植物が一般に示す 0.2 に達していないが、第 1 回の調査時期以前にこの値に達したものと推定され

る。トウモロコシの NAR の最高値は、わが国で得られた数値とほぼ等しいが、テンサイのそれは、わが国の数値よりも著しく高い (Table 7)。

(3) 各調査時期の乾物増加速度 (CGR) と養分吸収速度との関係を調査した結果、テンサイは N の吸収速度、トウモロコシは P の吸収速度と直線的な比例関係を示した。また、NAR と葉身内の 3 要素濃度との相関係数を計算すれば、テンサイは N と K、トウモロコシは P と K に高い相関を示した。これらの要素を生育後期において吸収させることが、純同化率を高く維持するうえで必要である。

(4) 圃場面積当たりの最大乾物生産量は、両作物とも、わが国の場合がイランよりも 1.5~2 倍も多い。この原因は、イランで栽培した両作物の葉面積指数が不足している点にある。葉面積指数を多くするためには、生育中期までの N 吸収量を多くすることが有効であり、また、生育後期の純同化率の低下を防ぐためには、生育の中期以後に 3 要素を多く吸収させる必要がある。上述の事項を実証するために、今後、肥料の分施肥の研究、また、根の活力維持に関する研究の展開が要望される。

(5) 本試験ならびにイランにおける両作物の栽培状況を観察した結果にもとづいて、栽培法の改善点を述べれば、次にあげた事項が指摘できる。(a) 発芽を均一にして欠株をなくし、耕地を有効に利用する。(b) かんがいを適切におこない、水分不足による萎凋、または、部分的な湿害をなくする。(c) 化学肥料を圃場に均一に施用して生育むらをなくする。

以上のことを完全に実施するだけで、収量水準は相当程度に向上するであろう。

文 献

- 1) Blackman, V. H.: The compound interest law and plant growth. *Ann. Bot.*, **33** 353~360 (1919)
- 2) Briggs, G. E., Kidd, F. and West, C.: A quantitative analysis of plant growth. *Ann. Appl. Biol.* **7** 41~76 (1921)
- 3) Monsi, M. und Saeki, T.: Über den Lichtfaktor in den pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jap. Jour. Bot.*, **14** 22~52 (1953)
- 4) Moss, D. N. and Peaslee, D. E.: Photosynthesis of maize leaves as affected by age and nutrient status. *Crop Sci.*, **5** 280~281 (1965)
- 5) 村田吉男: 水稻の光合成とその栽培学的意義に関する

- る研究. 農技研報, **D9** 1~169 (1961)
- 5) Murata, Y. and Togari, Y. : Crop productivity and solar energy utilization in various climates in Japan. *JIBP Synthesis* 11, pp. 1~20 (1975)
- 7) 武田友四郎・玖村敦彦 : 水稻に於ける収量成立過程の解析. I. 窒素条件が葉面積, 同化能率及び呼吸能率に及ぼす影響, II. 受光態勢並に物質生産過程に及ぼす窒素条件の影響について, 日作紀, **26** 165~175 (1957)
- 8) Tanaka, A. and Yamaguchi, J. : Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant. *Jour. Fac. Agri. Hokkaido Univ.* **57** 71~132 (1972)
- 9) 津野幸人・藤瀬一馬 : 甘藷の乾物生産に関する作物学的研究, 農技研報, **D13** 1~131 (1965)
- 10) Watson, D.J. : Comparative physiological studies on the growth of field crops. 1. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Ann. Bot. N. S.*, 11 41~76 (1947)
- 11) Watson, D.G. : The physiological basis of variation in yield. *Advances in agronomy*, **4** 101~145 (1952)