Ⅱ　各部門における研究協力（第２回）

１　育種ならびに栽培部門

1－1　栽培部門における研究協力の概要

北　條　良　夫

（農業生物資源研究所）

(1) 研究課題設定の背景

① インドネシア国研究所での栽培研究の現況をみると、研究所に直轄された形での研究用圃場がなく、試験地制度となっている。試験地は全国にある８つの食用作物研究所ごとに、それぞれ附置された格好となっており、研究者は試験地主任をとおして、研究者の立案した設計の研究を依頼し、実施している。作物の播種から収穫に至る作業は、全て試験地主任の責任において行われ、研究者は、播種とか収穫の時に立ちあう程度であって、材料の養成については全く関与していない。材料の養成ばかりでなく、生育経過についての調査あるいは収穫物の調査についても試験地に任かせており、遠隔の試験地を使用した場合には、研究者の関与する余地は、ほとんどなくなっている。特にジャワ島に所在する研究所の研究者が、スマトラ、カリマンタン、の試験地を使用した場合、上述した傾向はさらに強まってくる。

所属する研究所に近接した位置の試験地を何故用いず、遠隔地での研究を行うのかという疑問が生じるが、所謂地域差あるいは品種普及上の適応性の検討、といった意味をもつものと考えられる。この他にも、出張を必要とする試験地での研究を、無理をしてまで実施する理由はあるようだが、ここではふれないこととする。

したがって、研究者が直接作物を観察せず、ふれることもない実験が行われることとなり現象からの問題の発見ならびに解析は、極めて行いにくい状況となっている。現象から遊離した思考は、非現実的な発想、あるいは量的に生物現象を把握せず、質的にのみ現象をとりあげようとする傾向をつくりだし、たとえば、作物の色沢、すなわち、葉色の変化に関連した研究を行う傾向をうみだしている。生産に関連した研究課題は、考えられにくいのが現況である。

② インドネシア国研究所での栽培研究には、播種と収穫とがあり、中間の生育過程についての研究は極めて少ない。換言すれば、収量の結果のみがあり、生長、発育、生産過程、についての研究は行われていない。このことは前述した試験地制度とも関連しているわけであるが、もう一つの理由として、研究者の階層制度があげられる。この階層制度の基本は、階層ごとに仕事の中味が分化しており、実験操作とか観察とかにたずさわる階層は、研究をとりまとめたり、設計をつくる階層と異っている点にある。各階層ごとに学歴が異るので、研究上必要とされる智識や研究手法上の能力も格段と異っており、研究の最前線で最も鋭敏に現

「インドネシア農業研究事情」は日本作物学会紀事５３(2)に１９８４年６月発表した。

象を観察、問題点をとらえるべきところに、インドネシア国でいう所謂研究者がいないこととなる。たとえば、物質生産の研究に必要な乾物重の測定に際して、生体試料の扱いに慣れていない助手層に仕事が任かされているため、本来、緑色であるべき作物葉身の乾物が、腐敗のため茶褐色に変色し、極めて異常な状態にある試料の重量を測定していたこともある。計測器の扱いは、助手層の仕事となっているので、原理（機構）にもとづかない測器操作も行われ、測定値の信頼性はうすいこととなる。研究所内の研究者の階層制度は、前述した試験地制度と共に、最初と終のある研究のみが実施される原因をつくっているといえる。

この傾向は、作物の生長あるいは発育を定量的にとらえることを不可能としており、したがって、品種あるいは栽培法の改善について具体的提案をなし得ない研究状況をつくりだしている。また、研究手法の発達も望めず、積極的に作物現象にせまる研究態度を失わせているといえる。

③ インドネシア研究所で研究者と討議を行うと、議論が先へ進まなくなることがある。たとえば、作物の葉色の判定を品種ごとに行う時、全個体の葉数と各葉身の葉色とから、葉色の判定をすべきだとの主張がなされる。1,000 m^2 あるいは500 m^2 の圃場の数千個体の作物の全体について、そのような調査を行うことは、不可能であるから、2～3段階に分けた葉色の濃淡程度から、品種の類別を行うことをすすめても、受け入れられないことがある。10日間も要して調査しているうちに、調査開始日の材料と調査終了日の材料とでは、比較し得ないほど作物の状態が変ってしまうことを説明しても、判ってもらえないことがある。現況にあわせて調査なり測定の方法を組みこむというより、どのような場合にでも一定の規準で、同じように臨む傾向が強い。長さをはかる、重さをはかる、色沢を比較する、形をきめる、これらの操作の時に、事が先へ進まなくなることが多い、出来ない方法を指示してくる場合が多いのである。助手層や作業員層が、具体的には仕事を行うので、研究者は一向に困らないのかもしれない。しかし、結果は極めて悪いのである。このことは、研究上の具体的操作、観察の仕方をきめても、守られていないことを意味しており、研究結果の上で、正確さで失わさせる原因となっている。

(2) 研究課題の立案と経過

前述したインドネシア国研究所の現況と、その背景を考慮し、研究協力実施のための試験地は、地域性の解析あるいは特定地域のための研究を除いて、ボゴール内の試験地によることとした。すなわち、チクムおよびチタヤム試験地を使用し、水稲の研究に限って、クニンガン、シンガマルタ試験地を用いた。

研究内容は、生育経過、生産過程の解析に重点をおき、生産形質の把握がし得るよう設計を行った。

研究実施に当っては、所謂研究者層をも圃場にて観察、測定にたずさわってもらうこととし、

助手層のみによって研究が実施されぬよう、配慮、指導を行った。研究手法については、具体的にインドネシア国研究者によっても行いうるよう助言すると共に、計測器の保守と管理の仕方についても指導を行った。

研究課題の立案、説明、研究手法の解説に際しては、日本人専門家の手により作成したマニアルを用いて行った。その結果、特に生産過程の解析に必要な手法については、かなりの理解が得られた。

試験地での研究協力と共に、栽培現地の調査も実施し、農家圃場での作物調査についても、必要な手法を助言、指導した。ジャワ島をはじめ、スマトラ、カリマンタン、スラウエシの作物栽培現況について、現地事情がインドネシア国研究者により、とらえられていないことがある。試験地が全国に配置されている反面、農村における研究者活動が行われていないわけであって、現地調査の必要性について、問題点の摘出と問題解決のための必要な指導を行った。

(3) 研究協力の成果

各研究協力課題ごとの詳細な成果は、当報告書の別章にて述べた。これらの研究協力成果は、国立中央食用作物研究所、国立ボゴール食用作物研究所の研究集会、ゼミナールの席上で公表し討議を行った。大豆育種については、別に調査基準ハンドブックを公刊し、インドネシア国内の研究者、技術者に配布した。また、国立中央食用作物研究所にて公表した研究協力成果は、同研究所の研究報告誌に、投稿、印刷中となっている。研究成果の発表については、第1表に示した。

(4) 研究協力についての問題点

① インドネシア国研究所・図書室には、文献と資料とが、極端に不足しており、かつ、研究予算の面から今後整備されうる見通しはたっていない。購読する雑誌、単行本の類は国立機関として必要な資料が、全くといって良いほど配置されていない。また、国外研究機関からの寄贈誌も、ほとんど送付されてきていない。研究所の研究報告の出版と寄贈が円滑に行われていないことにもよるが、まことに情報源は貧困である。これからの研究協力の上で支障を来すといえる。購読誌の予算化を行うと共に、日本国内の研究機関へ呼びかけ、ボゴール研究所への資料の寄贈運動を行う必要がある。

② インドネシア国研究者のＪＩＣＡによる研修に関連して、日本国内で研修することも一方法であるが、熱帯圏のうちのインドネシア、フイリピン、タイ、マレーシア等のいずれかの国にて研修させることも有効な方法と考えられる。現在、日本政府によって技術協力あるいは研究協力の行われている発展途上国のうちから１～２国をきめ、日本国からの協力によって設備された施設、機械を用いて、研修を実施することにより、気候、風土、風俗等の違いも極端に研修者に影響を与えることなく、研修が行い得るものと考えられる。場合により、拠点となる研究所をきめ、重点的に機械等の整備を行うことも必要といえる。

第１表　研究協力成果の発表

発表者氏名	発表課題名	発表方法等	成果の取扱い
中村茂樹、サディキン、北條良夫	Standard of Soybean Survey	BORIF, DEPT. of AGRONOMY SEMINAR. 1983 Apr.4. ＊	調査基準書を印刷、配布、普及
中村茂樹、サディキン、北條良夫	Simple Selection for Al-Tolerance in Soybean Besed on Seedling Root Growth	BORIF, DEPT. of AGRONOMY SEMINAR. 1983 Apr.4.	品種育成に利用、大豆栽培指針として普及
中村茂樹、サディキン、北條良夫	Parent Selection for the Breeding of High Yielding Variety		品種育成に利用
北條良夫、メリナ、ワルギオノ	Plant Production of Soybean (Glycine max Merr.)	CRIFC, SEMINAR, 1983 Jun.6. ＊＊	品種育成、栽培指針として利用
北條良夫、メリナ、ワルギオノ	Growth and Production of Soybean (Glycine max Merr.) in Different Planting Densities.	CRIFC, SEMINAR, 1983 Jun.6. ＊＊	栽培指針として普及
北條良夫、メリナ、ワルギオノ	Plant Production and Potential Productivity of Sweet Potato (Ipomoea batatas Lam.)	CRIFC, SEMINAR, 1983 Jun.4. ＊＊	品種育成、栽培指針として利用
北條良夫、メリナ、ワルギオノ	Plant Production and Potential Productivity of Cassava (Manihot esculenta, Crantz)	CRIFC, SEMINAR, 1983 Jun.4. ＊＊	品種育成、栽培指針として普及
			栽培上の問題としてさらに検討
			栽培指針として普及

＊　「Standard of Soybean Survey」を出版、配布。

＊＊　「Penelitian Pertanian」、「Contributions」に印刷中。

1－2　大豆育種に関する研究成果

中村茂樹*　北條良夫**

大豆育種に関する助言及び指導を必要に応じて行なうかたわら、以下の3項を実施してきた。

(1)「大豆調査基準」の作成

1) 育種試験は変異の拡大、選抜の継続、特性の固定などの試験の繰り返しが基本となる。いずれも個体（系統・品種）の調査による評価に基いて相対的に判断される。特性を評価するには、調査の方法やその表記（現）方法が一定の基準に基くとともに、基準化し易いものでなければあまり意味をもたない。インドネシア国（以下、イ国とする）の育種現場には基準化されたものがなく、大豆の個体（系統、品種）の特性評価が普遍性に欠ける場合がある。したがって、調査基準の作成は、これにより評価された特性が普遍性をもつとともに、合理的な育種を進める上で大きく寄与するものと考える。

2) この調査基準は、日本の大豆調査基準（大豆調査基準検討委員会・農技研・1974）をもととして、イ国大豆の形質も考慮し、英語とイ国語にて記述したものである。しかし、なお、いくつかの基準については、イ国の育種現場における実情と若干異なる場合がある。例えば、早晩性に関する形質は緯度（日長）との関係から、日本と比べて変異幅が少なく、また、粒の大きさも、生育日数との関連から変異幅が少ない。これらについては日本の基準をそのままあてはめるには無理がある。このような場合は、今後のデータの集積を待って、改めて基準をつくることとし、当面は、基準の原則的な考え方の記載にとどめ、具体的な基準値は除いた。

なお、この基準は、イ国の大豆育種関係者のみならず広く大豆に関係する研究者にも役立つために、携帯用ポケット型（たて18cm×横11cm、55頁）の本に作られている（写真No.1）。

3) この調査基準は、調査方法と調査形質の2元表から成る。調査方法は7項目からなり、I）形質番号、II）形質名、III）調査の方法、IV）調査の留意事項、V）調査の具体的方法（観察・測定・計算）、VI）調査単位（月・日・cm・gなど）、VII）調査の記録単位（調査時及び表記時）である。

調査形質は、A、B、Cの3群、127形質からなる。A群は、生育中の調査で、出芽期、開花期など33形質があり、観察による調査が主体となる。B群は、収穫物調査で、全重、

本研究成果は、1983年4月4日国立ボゴール食用作物研究所・セミナールで発表した。「大豆調査基準」は、ハンドブックとして印刷、配布した。

*九州農業試験場　**農業生物資源研究所

粒重など収量関連形質を中心に３４形質があり、重さ、長さなどの測定及び計算が主体となる。Ｃ群は、粒大、莢色、葉形など形や色など６０形質があり、観察形質と測定形質が半数づつある。以上のほかに、大豆体各部位、草型など形や名称を７枚の図で示してある。調査表の具体例を第１表に示した。

(2) アルミニウム耐性大豆品種育成のための簡易選抜法の検討及びその耐性の品種検索

1) ジャワ島周辺の新しく耕地化されたところは一般に酸性土壌で、多くの場合、作物がアルミニウム（以下Alとする）過剰による害を被っている。大豆もまた例外でなく、しばしば根の成長や水分の利用が制限されて減収する。酸性土壌は石灰施与により改善されるが、下層土の改善は操作上困難であり、また大面積への投与は経済的にも実際的でない。したがって、その対応作として、有効Al過剰による酸性に対して耐性をもつ品種の育成が有益である。本試験は、Al耐性程度が知られている品種を用いて、Al溶液を用いた簡易検定法の有効性を検討し、その有効性を確認した（試験Ｉ）。更に、多数品種をこの簡易法で検定し、Al耐性品種育成のための母本を数品種選定した（試験Ⅱ）。

2) 試験Ｉ：すでにAl耐性程度が知られている６品種（第２表参照）を２日間暗所で出芽（幼根約２０㎜）させた後、その幼苗を５ℓのAl水溶液の入った容器内の床で生育させた。Al水溶液は０～０.８㎜の５処理とし、根長の測定は幼苗置床後２日目と４日目行ない、根長を比較することにより、検定のための最適Al濃度と測定期（日）を知ろうとした。なお、出来るだけ簡易を期する目的から、Al水溶液中に栄養分を加えず、液中への酸素注入もせず、１日１回数秒間、床ごと幼根を液中から取り出し空気にふれさせ、その間に容器中をかく伴して、Al濃度の均一に努めた。なお、Al耐性程度の評価は、幼根の相対伸長率（Al溶液中で伸長した根長を無処理水中で伸長した根長で除して１０を乗じたもの。以下ＲＲＬとする）で示した。すなわち、Al耐性品種はＲＲＬが高く、Al感受性品種はＲＲＬが低い。

試験Ⅱ：試験Ｉで確立された簡易検定法により、イ国、日本を中心とした実用品種合計８０品種のAl耐性程度を検定し、Al耐性品種育成のための交配母本を検索した。

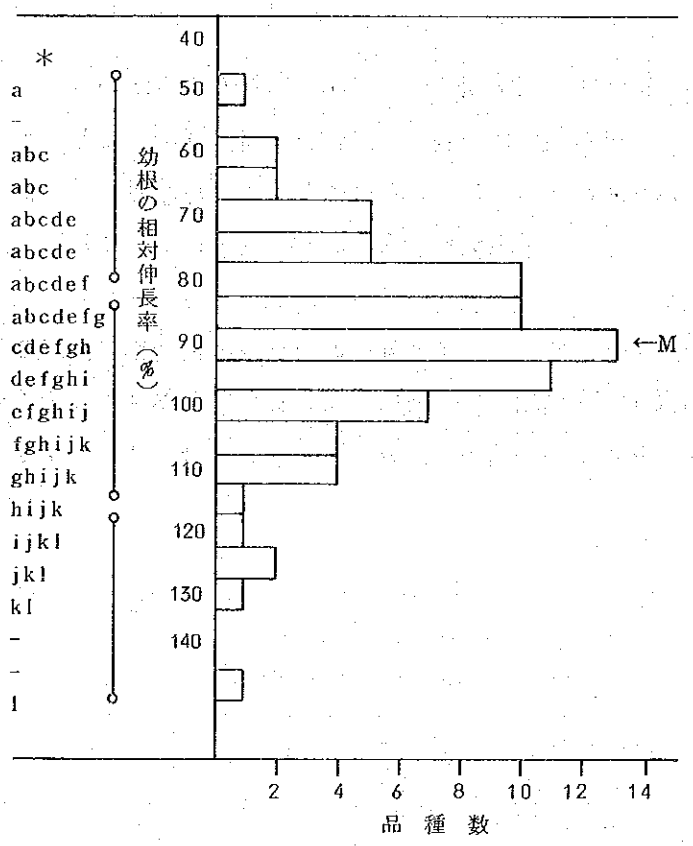
3) 耐性品種と感受性品種の差が最も顕著なAl濃度は０.４ｍＭ（第１表）であった０.１～０.２ｍＭまではあまり差が見られず、０.８ｍＭではどの品種もＲＲＬが著しく低く、幼根はわずかの伸長で停止し、全体に淡褐色に変色し、枯死直前の様子を呈した。一方、根長の測定は、幼苗置床後２日目と４日目に行なったが、耐性品種と感受性品種のＲＲＬの傾向は略同じで、４日目がやや両者の差が開いた。しかし、幼苗生育のための管理日数はできるだけ少ない方が好ましいので、測定は２日目で十分と思われた。

以上の結果から、①種子吸水開始（播種）後２日目の幼苗（根長約２０㎜に伸長）を０.４ｍＭAlの水溶液中で、②２日間生育させた後、その幼根長を測定することが有効な簡易検定

法と認められた。

８０品種の検定結果（第１図は、ＲＲＬの最高が Merapi の１４５％、最低が Dare ５２％、平均が９２％であった。ＲＲＬの分散分析の結果（第３表）、品種間に有意差が認められたので、Duncan の多重検定法により有意差の範囲を求め第１図に付した。Merapi、新４号、Sumbing、Kedele Kucir のグループはＲＲＬが高く（ＲＲＬが１２０％以上）、Dare、Davis、中鉄砲、Sakti のグループはＲＲＬが低かった（ＲＲＬが８０％以下）。前者はAℓ耐性品種、後者は感受性品種と判断される。なお、イ国品種と日本品種のAℓ耐性程度をそれらの平均値で比較したが、前者は９６.３％、後者は８８.８％となり、イ国の品種がやや耐性の傾向を示した。これはイ国品種の多くが、長い間高Aℓを含む酸性土壌で栽培が繰返えされた結果と推察される。

以上、Aℓ耐性が比較的高いと判断された Merapi、Kedele Kucir などはAℓ耐性品種育成のための母本になると思われる。



第１図　幼根の相対伸長率の品種頻度

＊：Duncan の多重検定結果

―参考文献―

1 Armiger, W.H., C.D.Foy, A.L.Fleming and B.E.Caldwell, 1968. Differencial tolerance of soybean cultivars to an acid soil high in exchangeable Aluminum. Agron.J.60:67-70.

2 Hanson, W.D. and E.J.Kamprath. 1979. Selection for Aluminum tolerance in soybean based on seedling-root growth. Agron.J.71: 581-586.

3 Sapra, V.T.,T.Mebrahtu and L.M.Muguira. 1982. Soybean germplasm and cultivar Aluminum tolerance in nutrient solution and bladen clay loam soil. Agron. J.74:687-690.

4 Sartain, J.B. and E.J.Kamprath. 1978. Aluminum tolerance of soybean cultivars based on root elongation in solution culture compared with growth in acid soil. Agron. J.70:17-20.

(3) 実用的多収性品種育成用母本選定のための品種比較栽培試験

品種による生態的・形態的特性の差異を大豆研究者に認識してもらうことは重要である。特に育種の場では品種育成のための母本選定には欠くことができない。日本の奨励品種および実用品種47品種を導入し、現地の実用品種3品種を比較に加えて栽培し、作成した大豆調査基準に基づいて、生育中および収穫後の諸特性を調査し、品種比較を行なった(写真2)。

①多数品種を同時に栽培して、生態的特性および形態的特性の品種間差異を認識、把握する。②大豆調査基準を具体的に活用し、調査の方法について習熟する。③実用性のある多収性品種育性のための交配母本の選定を行なう。など、育種における実際的・基本的対応は理解されたものと考える。

第２表　幼根長調査結果

調査日	品種群*	品種名	mM-Kℓ					
			0	・1	・2	・4	・8	
			A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	D/A 100 (%) **
3/20	A	Hill	54	49	49	45	34	83
		Chief	51	47	48	45	34	88
		Capital	38	38	32	33	32	87
			48	45	43	41	33	86
	B	Perry	48	61	60	57	26	119
		Lee	50	57	56	56	44	112
		Biloxi	134	135	119	119	80	89
			77	84	78	77	50	100
3/22	A	Hill	100	97	102	114	39	118
		Chief	121	118	121	87	51	72
		Capital	53	57	48	44	46	83
			91	91	90	68	52	74
	B	Perry	97	103	101	114	39	118
		Lee	88	85	88	100	55	114
		Biloxi	168	182	166	166	100	99
			118	123	118	127	65	108

*　A群；Aℓ－感受性、B群；Aℓ－耐性

**ＲＲＬ；幼根の相対伸長率

第３表　分　散　分　析

要　因	自由度	平均平方	F　値
ブロック	1	0.23	—
品　　種	79	526.77	4.54**
誤　　差	79	115.91	

Summary

The achievements about soybean breeding

Shigeki NAKAMURA* and Yoshio HOZYO**

We advised soybean breeders about soybean breeding as occasion demands and we carried out following cooperations.

I) Establishing standard of soybean survey

The basic problems in breeding are the expansion of variance and the selection and fixation of characters and so on, we can estimate the characters relatively according to the survey of plants (lines, varieties). In estimating characters, the method of survey or of expression must be founded on standardized bases, furthermore those bases should be standardized easily.

Since there is few standards of survey on soybean breeding in Indonesia, the estimated characters doesn't necessarily have universal validity. By establishing the standard of soybean survey, the estimated characters may have universal validity and that contributes to make progress in reasonable breeding. This standard of survey is written both in English and Indonesia which are based on Japanese standard.

II) Investigation of simple selection method and test cultivars by using it for Al-tolerance in soybean breeding

Newly opened farmland outside Java island generally has a low pH soil and in most cases, crops are exposed to aluminum toxicity. There is no exception to soybean plant, too.

High Al in acid subsoils often restricts the growth of root and water utilization. Low pH subsoil will be improved by liming. But the improvement of subsoil by liming is difficult operationally and costs much money. Therefore a practical approach may be to contribute and to develop soybean genotypes which have high tolerance to excessive Al in the soil.

Six soybean cultivars whose degree of Al-tolerance had been already known were used to evaluate the justice of the simple selection method. The cultivars which belonged to Al-tolerant group had high RRL (Relative Root Length), while the ones which belonged to Al-sensitive group had low RRL. And an obvious difference between Al-tolerant cultivars and Al-sensitive ones was recognized

*: Kyushu Natl. Agric. Exp. Stn.
**: National Institute of Agrobiological Resources.

at 0.4mM of Al-solution on the fourth day after sowing.

By using this method, the relative degree of Al-tolerance were tested of 80 cultivars. And several of them (Merapi, Kedele Kucir) were recognized to have high Al-tolerance.

III) Variety test for breeding of high yield soybean

In soybean breeding, it is very important for researchers to understand the varietal difference of ecological and morphological characters in cultivars.

So, we introduced 47 cultivars from Japan (registrated or commercial ones) and grew them (adding 3 local cultivars of Indonesia). We advised soybean breeders the selection method in characters of cultivars of crossing materials for breeding of high yield soybean. And also we guided them the method of survey of characters by using the standard of survey which we had prepared.

We are sure that they could confirm the difference of ecological and morphological characters of soybean cultivars, get the method of survey on the standard and understand how they promote soybean breeding basically.

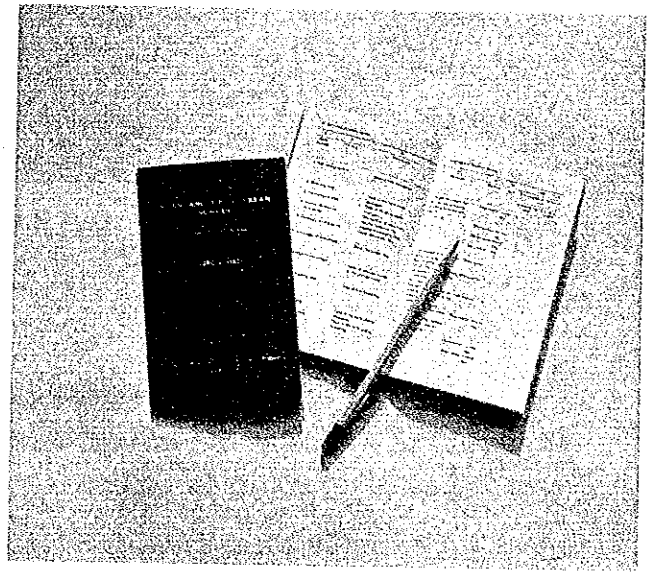
第１表　大豆調査基準の例

A. Growth characters survey

I	II	III	IV	V	VI	VII	
Code No.	Items	Procedures	Remarks	Method	Unit	Descrip. of min. unit surv. time	calculation
1.	First emerging time	Date of first emergence	Emergence means the appearance of young seedling from the soil.	Observation	month day	1	1
2.	Emerging time	Date of 40-50% seeds emerged.	A-(1)-IV.	Observation	month day	1	
3.	Full emerging time	Date of 80-90% seeds emerged.	A-(1)-IV.	Observation	month day	1	1
4.	Number of days to emergence	The number of days from the day following the sowing to emerging time		Calculation	day	1	1
*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*

A　Survay pertumbuhan

No. Kode	Hal yang disurvay	Standar survay	Keterengan	Metoda Survay	Sautan	Satuan Survay	Minimum Rata-rata
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Wakutu mulai berkecambah	Tanggal pemunculan Kecambah yang pertama	Pemunculan kecambah berarti bibit mulai tampak di permukaan tanah. Gambar 1.	Observasi	bulan hari	1	1
2.	Waktu berkecambah	Tanggal bila 40-50% benih telah berkecambah	A-(1)-IV	Observasi	bulan hari	1	1
3.	Waktu berkecambah penuh	Tanggal benih 80-90% telah berkecambah	A-(1)-IV	Observasi	bulam hari	1	1
4.	Jumlah hari sampai berkecambah	Jumlah hari dari mulai sebar (tanam) sampai berkecambah		Kaikulasi	hari	1	1
*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*



携帯用「大豆調査基準」

大豆品種比較試験

1－3　かんしょの生産形質

北條良夫、　Melina M.，Wargiono H.
（農業生物資源研究所）（インドネシア国立ボゴール食用作物研究所）

かんしょは、熱帯地域原産の作物とされており、地上部の茎葉部は、ほふく型の生育を示し、禾穀類の作物のように、風や降雨によって倒伏してしまうことも無い。収穫の対象となるいも（塊根）は、地下に生長、発育し、地上部に生育し繁る作物のように、光や温度の大きい変化にさらされることは無い。そのため、地上部に穂や莢をつける作物に比較すると、いもの育ち方、すなわち、肥大現象は、環境の変化の影響を受けにくい。

インドネシア国では、かんしょは、日本と同じように生食用およびデンプン工業原料用として栽培されており、塊根収量は生重にて２０ｔ～５０ｔ/haとなっている。栽培のための作付方式としては、水稲との輪作あるいは野菜との輪作が行われており、このような輪作方式は、病害あるいは虫害を回避する上で、極めて有効な栽培方法となっている。インドネシア国では雨季と乾季とで日射量はかなり異なるが、温帯圏の日本の日射量と比較すると、そのエネルギー量は、年間をとおして、また日変化をとりあげてみても高いものがある。上述した輪作方式、日射エネルギー量の面から考えると、インドネシア国でのかんしょの塊根収量は相対的に低く、かんしょの生育と収量について改善の余地があると考えられる。

上述した理由から、インドネシア国でのかんしょ栽培方法の改善ならびに新品種育成のための指針を得ようとして、かんしょの生産形質についての研究を計画した。

かんしょの生産形質についての研究では、まず生産形質の解析を行い、ついでその結果をもととして、温帯圏でのかんしょの生産過程との比較、インドネシア国におけるかんしょ栽培方法改善のための指針および新品種育成のための指針について提案を行った。

材料と方法

かんしょについての実験は、ボゴール市の国立食用作物ボゴール研究所のチクム試験地の圃場を用いて行った。供試材料としてはインドネシア国のかんしょ品種 Daya を用い、雨季における実験のため１９８１年１１月９日にかんしょ苗を挿苗、乾季での実験用としては１９８２年２月５日に挿苗を、それぞれ行った。挿苗のための材料は、圃場に立毛中の植物から採取し、苗の長さは約３０cmとした。

挿苗のための畦巾は１m、株間は２５cm、また基肥として窒素２０Kg／ha（尿素）、燐酸２５Kg／ha（過燐酸石灰）、加里３０Kg／ha（塩化加里）を施肥した。施肥は挿苗後に行い、

本研究成果は、１９８３年６月４日、国立中央食用作物研究所・ゼミナールで発表した。現在Contributions印刷中。

畦上に3.5cm深さの穴をつくり、3要素肥料を施し、覆土した。除草は4週間おきに3回行った。

かんしょの生産形質を調べるために、植物の生育過程で、植物体を採取し、葉身、葉柄、茎、塊根、に分けて、それぞれの乾物重を測定し、それらの測定値をもととして計算によって、植物の生育と生産についての指標を求めた。求めた指標を次にあげる。

個体群生長率（CGR、Crop Growth Rate）……単位期間内に増加した単位面積当りの乾物重を示す。この値から単位圃場面積当りの乾物の増加速度を知ることができる。

純同化率（NAR、Net Assimilation Rate）……単位葉面積当りの乾物増加速度を示す。光合成を行う葉身についての乾物増加速度を示しており、光合成能力に関する尺度としても使用できる。

相対生長率（RGR、Relative Growth Rate）……ある生育の時点における植物体乾物重当りの乾物生産能率を示す。乾物生産の能率は、生産を行う植物の大きさ（乾物重を基礎として）により異なるので、植物体の大きさが異っても相対生長率の値によって乾物生産能率を比較することができる。

葉面積指数（LAI、Leaf Area Index）……単位土地面積当りの葉面積を示す。

比葉面積（SLA、Specific Leaf Area）……葉身の片面葉面積のその部分の乾物重に対する比を示す。単位乾物重当りの葉身の展開面積を示しており、その値によって、葉身の厚みを推定することができる。

葉面積比（LAR、Leaf Area Ratio）……植物体・単位乾物重当りの葉面積を示す。この葉面積比を用いると、相対生長率は純同化率と葉面積比の積で表わすことができる。

葉積（LAD、Leaf Area Duration）……一定の生育期間内における葉面積の総和を示す。

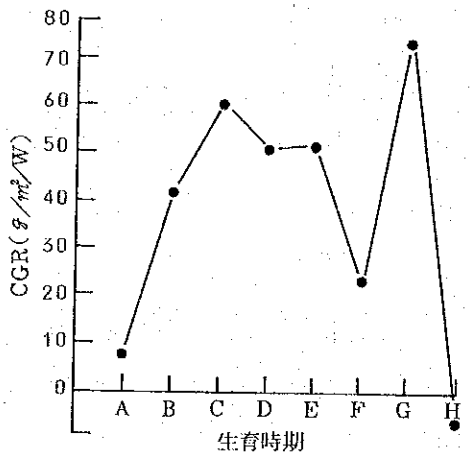
葉面積の測定は次の方法によった。圃場でかんしょの植物体を採取する時、同じ区の植物体より50枚の葉身を無作為に抽出し、それらの葉身面積を、葉面積計（林電工製）を用い測定し、測定後、それらの試料を乾燥機中で乾燥、乾物重を秤量する。これらの値より葉身の単位乾物重当りの葉身面積を求める。別に採取した植物体の葉身乾物重を測定し、先に得られた葉身面積と葉身乾物重との比の値を用いて、葉身面積を計算により求める。葉身面積と葉身乾物重との比は、植物体の採取の度にその都度求める。

次に、かんしょ塊根の肥大の継続性を知るために、長期間、圃場で栽培を行った。インドネシアでは、かんしょは約4ケ月の栽培によって塊根を得ているが、気温、地温、日射量、土壌水分の上で栽培に支障を来さない場合どれ位の大きさに生長するまで塊根の肥大は行われるものなのかを知るために、生育期間10ケ月～12ケ月の栽培を計画した。挿苗のためのかんしょ苗、材料養成のための畦巾、株間の距離は、前述した方法と同じである。栽培が長期間にわたるため、アリモドキゾウムシによる塊根の喰害がおきるので、アリモドキゾウムシ殺

虫の目的で、殺虫剤 Sevide 4／4G を、土壌に供与した。化学肥料のうち、窒素肥料については、１９８２年の３月、５月、７月、９月に追肥を行った。供試品種としては、Prambanan，Daya，Borobudur，および在来品種を用いた。

結　　果

個体群成長率（ＣＧＲ）を調べると、挿苗後１～４週間目の間では１０ｇ／m^2／Ｗ以下の値を示しているが、植物体の生長に伴い生長率は大きくなり、挿苗後７～１０週間目では６０ｇ／m^2／Ｗとなる。挿苗直後の生育時期に比較して約６倍の生長率となっている。



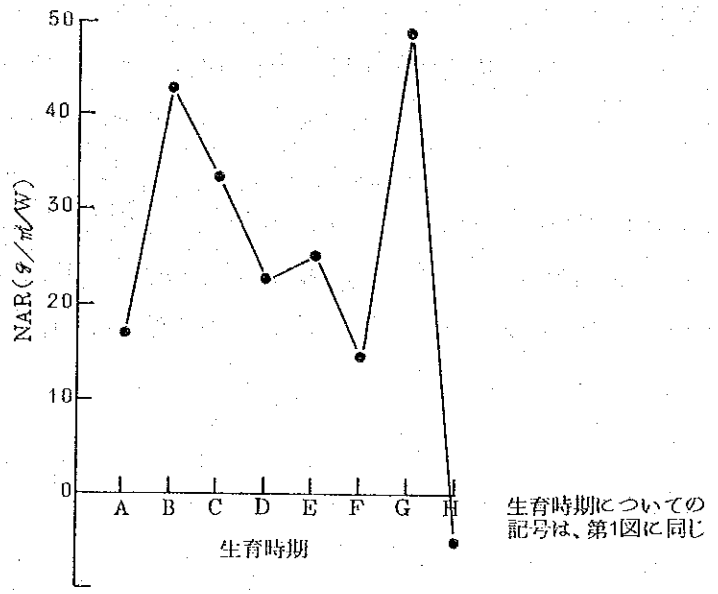
生育時期	生育期間
A	Feb. 14…Mar. 8
B	Mar. 9…Mar. 29
C	Mar. 30…Apr. 19
D	Apr. 20…May 10
E	May 11…May 31
F	Jun. 1…Jun. 21
G	Jun. 22…Jul. 5
H	Jul. 6…Aug. 9

第１図　かんしょの生育に伴うＣＧＲの指数

この時期には、葉面積指数は２以上の値となり、地上部は熱帯地域のかんしょとしては充分繁茂した状態に達する。生長率が高くなるのは、まず植物の地上部をつくることに関係していたことがわかる。ＣＧＲは、挿苗後１０～１６週間目にわたって５０ｇ／m^2／Ｗを示しており、この生育時期には植物体の地上部器官のうち、茎の生長がさかんに行われると共に、塊根の肥大も進み、新鮮重量にて約２ｔ／１０ａの収量に達する。

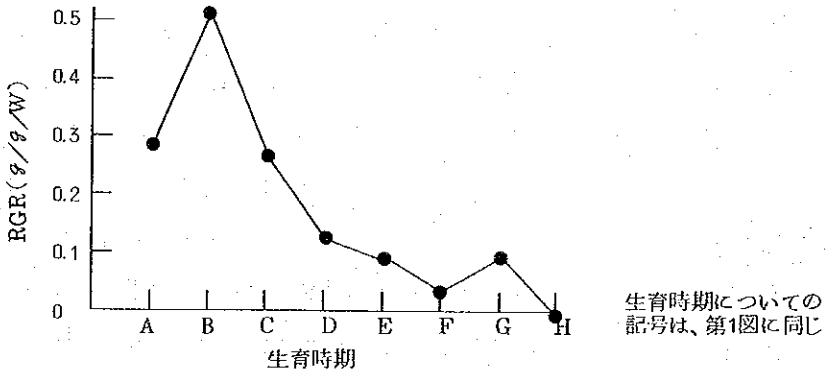
挿苗後１６週間目までのかんしょの生育を光合成能力の面からみると、純同化率（ＮＡＲ）は、ＣＧＲの最初の大きい値がみられる前の時期に、高い値がみられている。光合成能力が高まることに引き続いて、乾物の増加速度が増してくることがわかる。

ＣＧＲは挿苗後７～１０週間目に高い値を示して、その後次第に低下し、１６～１９週目には、約２０ｇ／m^2／Ｗとなる。この生育時期に入ると、既にかんしょの地上部器官は、ほゞ出来上がり、塊根の肥大が活発に行われているので、かんしょの生育は、塊根の生長を主とすることとなる。



第2図　かんしょの生育に伴うＮＡＲの推移

１９～２１週目には、ＣＧＲは７４ｇ／m^2／Ｗ、ＮＡＲ　49ｇ／m^2／Ｗとなり、双方の値とも全生育期間をとおして最も高くなる。後述するようにこの生育時期には塊根の乾物生長率は極めて高い値を示しているので、この生育時期に生産された乾物は、そのほとんどが塊根の肥大に寄与していることがわかる。

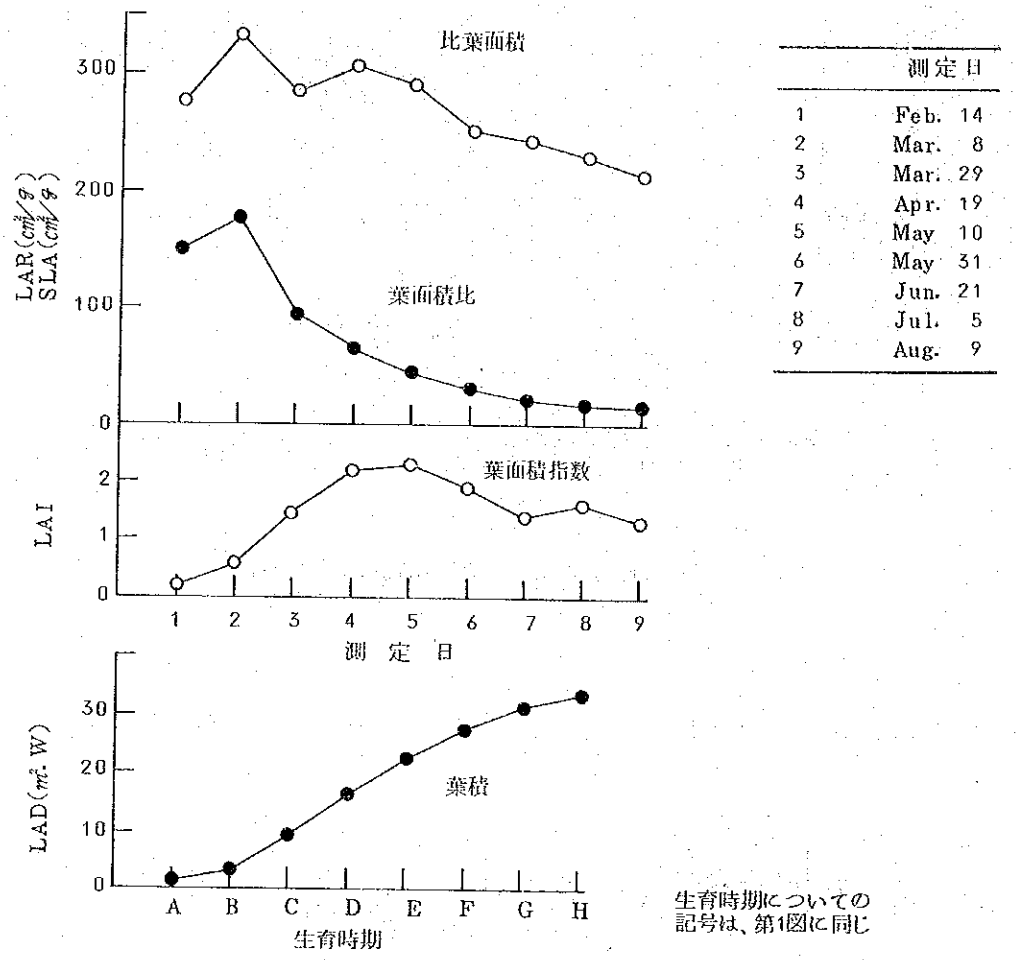


第3図　かんしょの生育に伴うＲＧＲの推移

ＲＧＲの値は、挿苗後４～７週目に最高値を示し、以後の生育時期では低下しており、地上部器官のつくられる時期に、乾物生産能率の高まることが指摘できる。

光合成器官としての葉身の生長をみると、葉面積指数（ＬＡＩ）は、挿苗後１３週目に 2.2

に達する。比葉面積（ＳＬＡ）の値は、挿苗後１３週目までは約３００㎠／ｇであるが、その後の生育時期では低下して葉身の厚くなっていることがわかる。

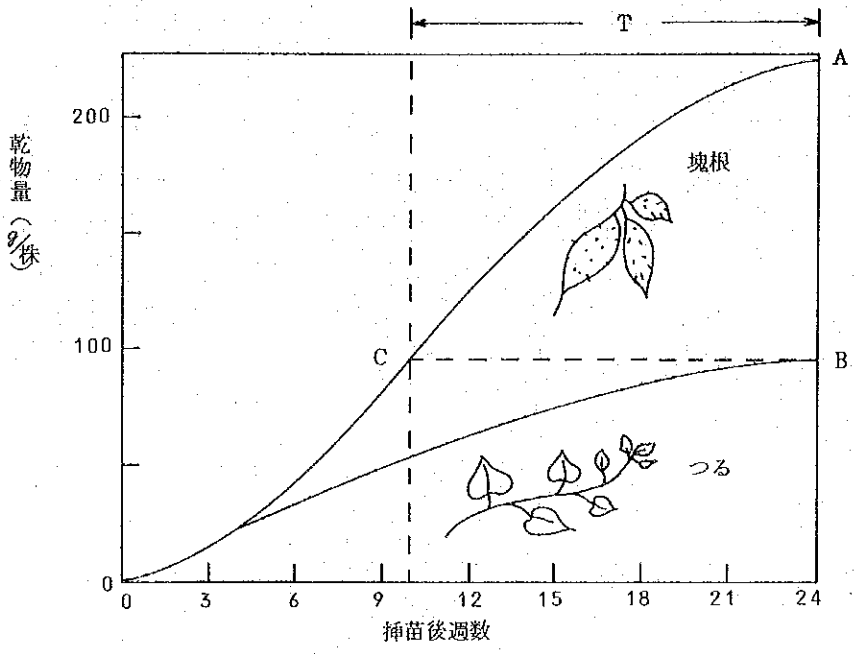


第４図　かんしょの生育に伴う葉形質の推移

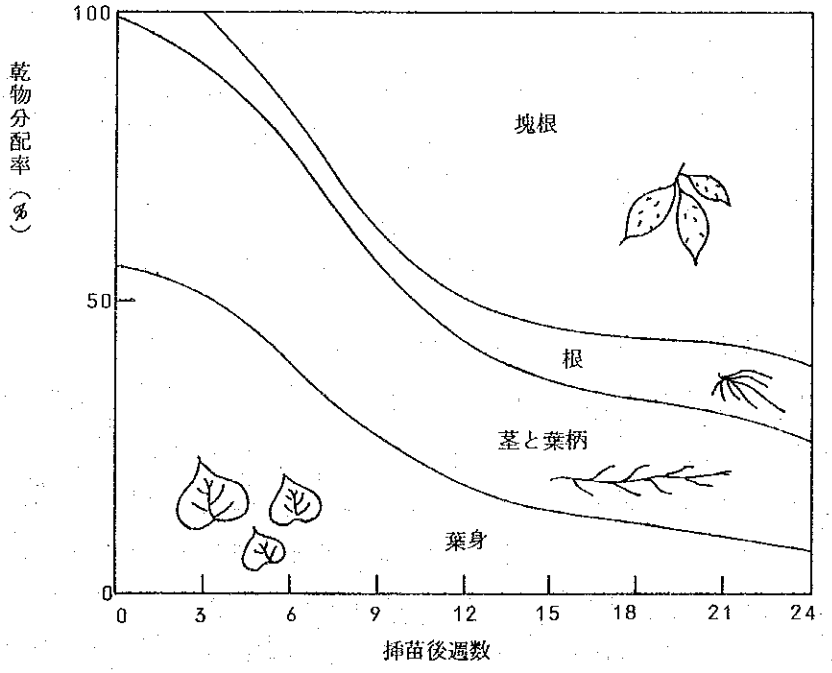
ＬＡＩは、生育が進むに伴って低下すると共に、葉面積比（ＬＡＲ）は、挿苗後４週目以降低下し、葉身の発達は物質生産速度の昂進程度に及ばないことを指摘できる。葉積（ＬＡＤ）は、最終的に約３４m^2・Ｗを示した。

物質生産過程を第５図からみると、収穫時の塊根乾物重と同じ量の乾物を生産する期間の長さ（Ｔ）は、１４週間となる。全生育期間は２７週間であったから、その約$\frac{1}{2}$の期間が塊根の肥大にあてられた期間に相当していたこととなる。乾物の各器官への分配の割合は、当初、葉身、茎、葉柄で高く、生育の後半に入ると塊根で高い値を示した。

全体をとおして、茎と葉柄への乾物分配の割合は、あまり、変っていない。

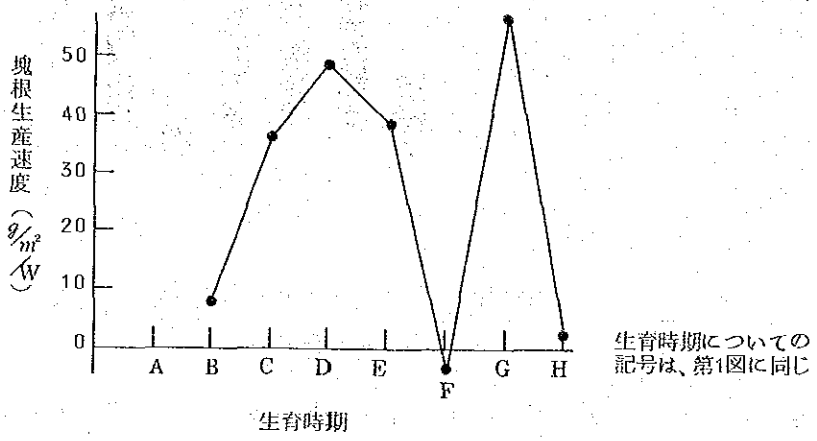


第5図　かんしょにおける乾物生産過程



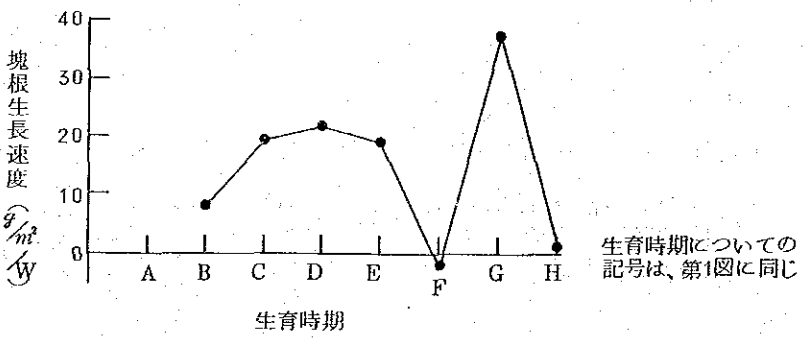
第6図　かんしょにおける乾物分配率

全乾物生産量が増加する過程で、塊根への分配率のみが増加し続けることは、塊根の肥大が継続的にかなり活発に行われていることを示している。この様な塊根の肥大の様子を、塊根生産速度の面から調べると、第７図にみられるとおり、高い値は挿苗後１０～１３週目と１９～２１週目とに認められた。塊根の肥大は単調な生産速度をもととして行われるのではなく、２つのピークをもつ肥大過程であるといえる。

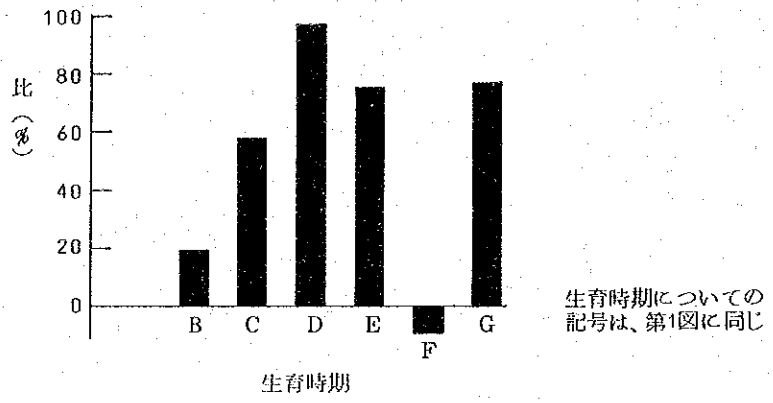


第７図　かんしょにおける塊根の生産速度

挿苗後１９～２１週目にみられた塊根生産速度の高い値は、ＣＧＲならびにＮＡＲの高い値と、一致した関係で認められている。この時期には、ＬＡＩは約１５となり、ＳＬＡおよびＬＡＲの値は、全生育期間のうちでは低くなっている。また、地上部器官の生長は、ほゞ止まっているので、この時期での乾物生産は、塊根の肥大が中心となっていると考えられる。各時期ごとに、生産された乾物が、塊根の肥大にどの程度関係しているかを、第８図からみてみると挿苗後４～７週目には約２０％の寄与率が認められるが、その程度は次第に高くなり、１０～１３週目には約９７％の値が得られた。１６～１９週目を除くと、各時期に生産された乾物の平均５０％以上が、塊根の肥大に寄与していることとなる。

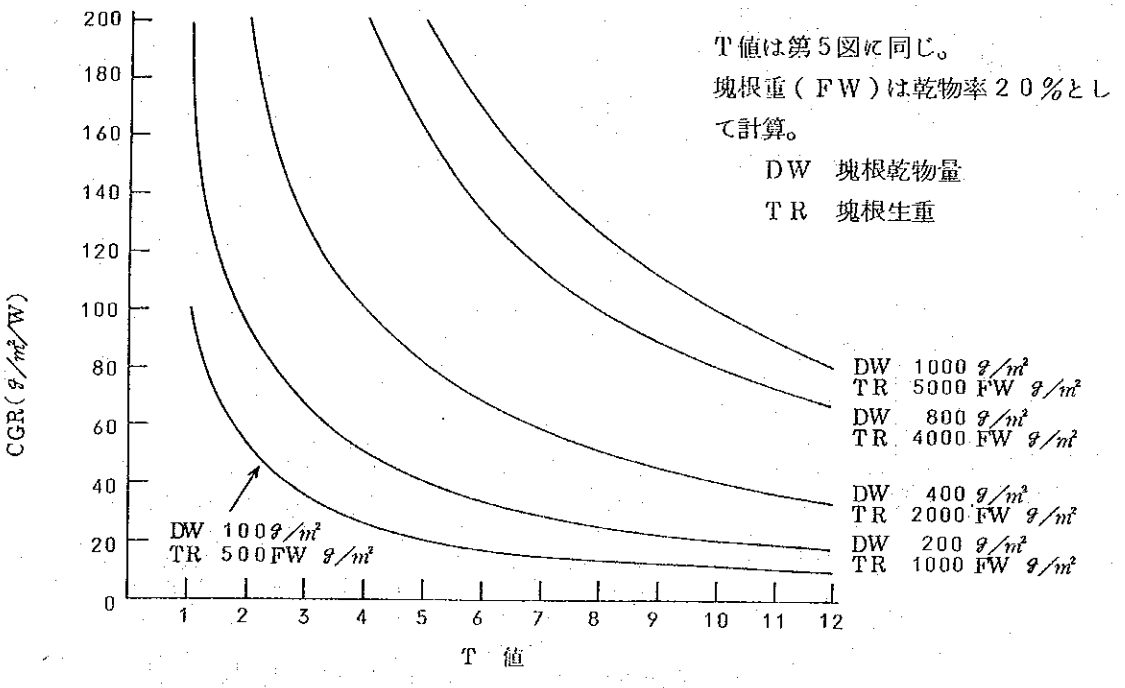


第８図　かんしょにおける塊根の生長速度



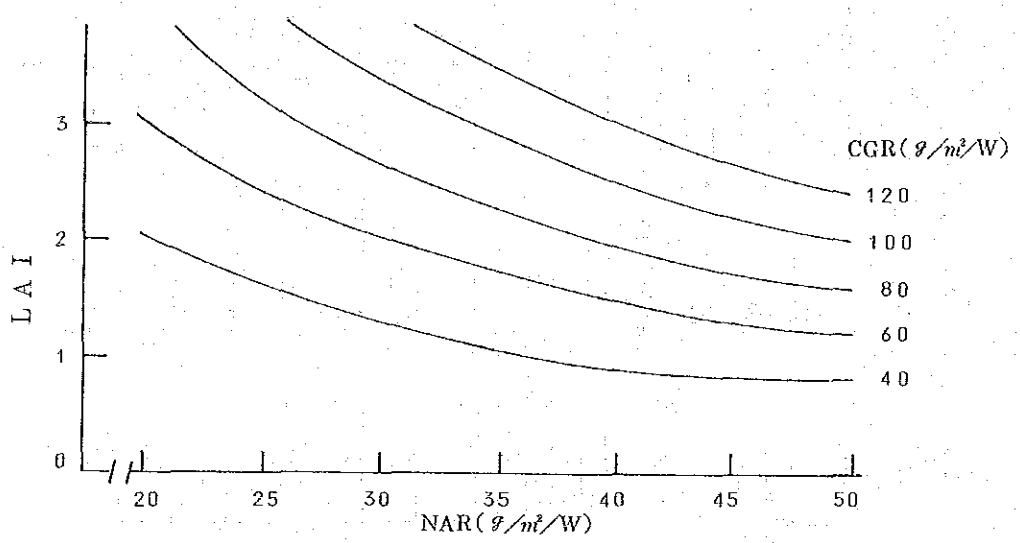
第9図　かんしょにおける個体群生長速度と
塊根生産速度との比

上述したかんしょの生育と塊根の肥大の経過から、ＬＡＩ、ＣＧＲ、ＮＡＲの値が、温帯地域の場合と比較して低いことを指摘できる。特にＬＡＩの最高値は、３に達せず、圃場での観察によっても葉身の繁っている層をとおして地表が充分みえる状態であった。ＳＬＡの値から形成された葉身の厚さを推定すると、温帯地域の値と比較して低くはないので、葉身１枚当りの葉面積の小さいことがわかる。



第１０図　かんしょにおけるＣＧＲ、塊根収量、および
Ｔ値間の相互関係

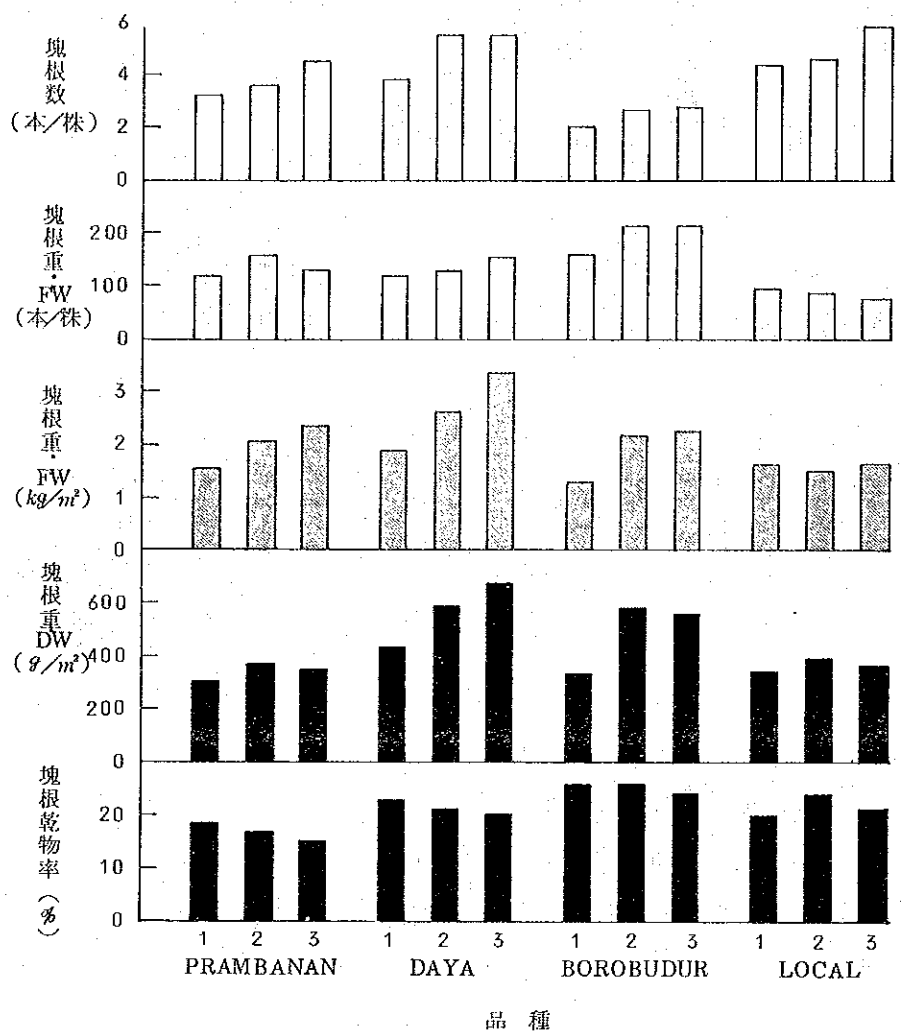
第５図に示したＴ値とＣＧＲ値との関係から塊根収量の等収量曲線を作図すると、例えば塊根収量４ｔ／１０ａを得るには、ＣＧＲ値はＴ値１２週の場合、約７０ｇ／m^2／Ｗ以上であることが必要となる。Ｔ値が低い場合には、ＣＧＲ値は、さらに高い必要がある。本実験の結果では、塊根収量は、２.４ｔ／１０ａ（挿苗後５ケ月）である。この収量の低い理由を第９図からみると、ＣＧＲ値の低いことがあげられる。



第１１図　かんしょにおけるＬＡＩ、ＣＧＲ、およびＮＡＲ値の相互関係

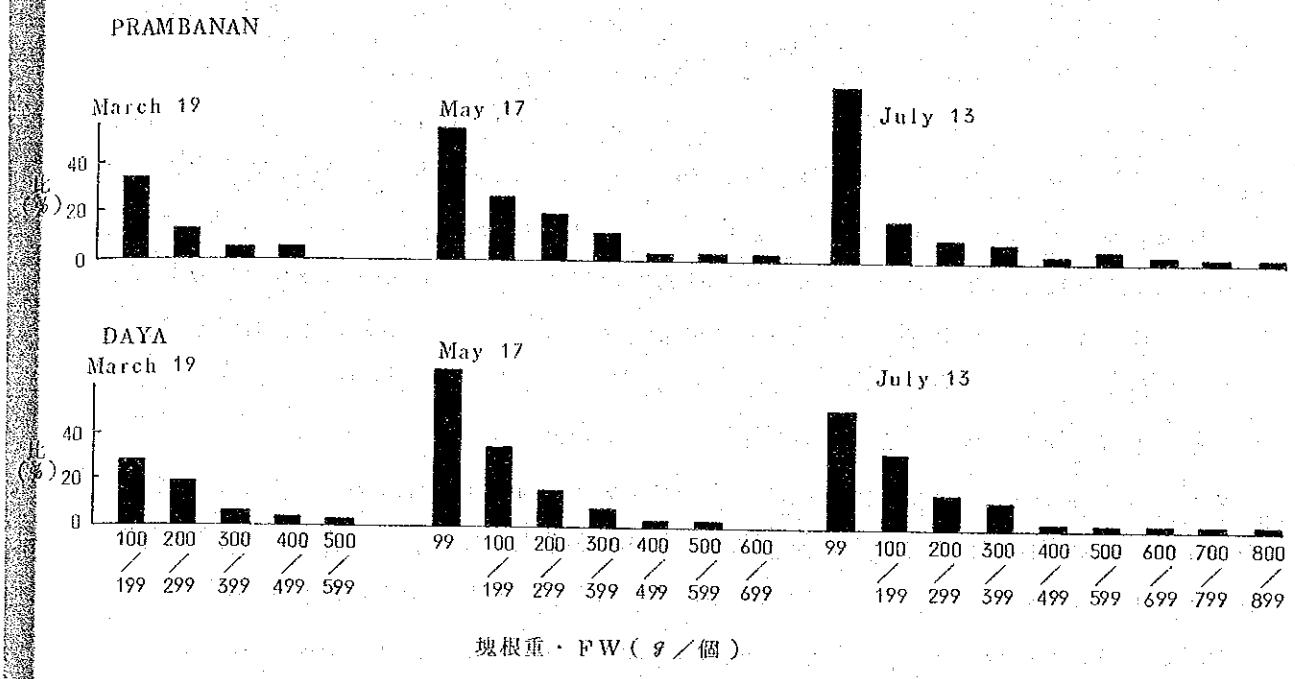
ＣＧＲ値に関連して、第１１図からＬＡＩ－ＮＡＲ－ＣＧＲの関係を調べると、ＣＧＲ値はＬＡＩの値によって大きく変ることが指摘でき、ＬＡＩ値が２以下を示した本実験では、ＬＡＩ値がＣＧＲ値を低下させた要因であるといえる。

第１２図、第１３図、第１４図には、塊根肥大を長期間行わせた場合の結果を示す。供試した４品種のうちDayaが最も多収であり、ついでPrambanan および Borobudur であった。株当りの塊根数は、Daya で多く、塊根当りの生重は、Borobudur で大きい値となっている。Daya の高収量は、株当りの塊根数の多いことにより、Borobudur の高収量は塊根当りの生重の大きいことおよび塊根乾物率の高いことにもとづくといえる。第１２図および第１３図から、長期間の栽培を行った場合の塊根肥大の経過を塊根生重の分布からみてみる。Borobudur および Daya では生育の進むに伴い、塊根当りの生重の大きいいもが増加するが、在来種では、その様な傾向はみられず、生重の小さいいもの多いことがわかる。上述した結果から、Daya は塊根数型のかんしょであり、Borobudurは塊根重型のかんしょといえる。

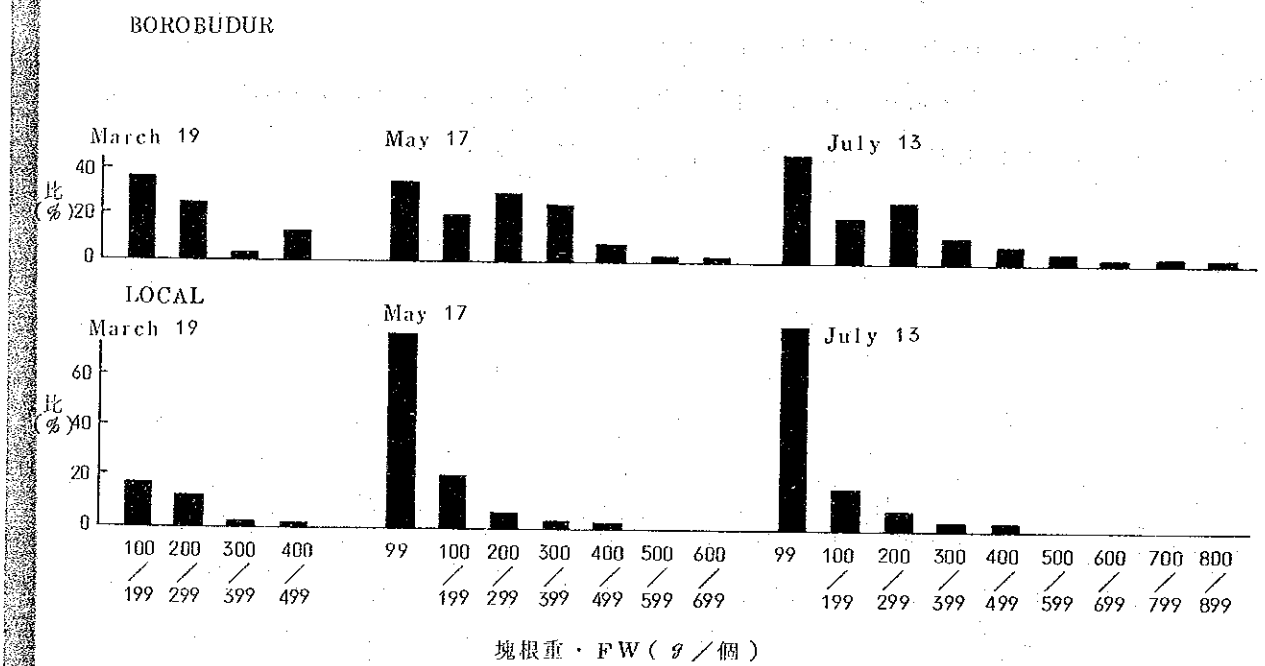


第１２図　かんしょ品種間における塊根生産特性の比較

横軸の数字は測定月日を示す。
1…March 19，2…May 17，3…July 13



第１３図　かんしょにおける塊根肥大の経過



第１４図　かんしょにおける塊根肥大の経過

考　　察

かんしょは熱帯原産の食用作物とされているが、本実験結果からは、温帯圏のかんしょ栽培と比較して、高い収量は得られなかった。かんしょの生育を調べると、葉面積指数は低く、かつ個体群生長率も低い値を示した。日射量ならびに気温、地温の上でかんしょの生育が保障されているが、地上部器官のうち葉面積の展開、葉身生長の充分でないこと、ひき続く物質生産過程の上での生産量の低いことが、塊根収量の低かった理由になったといえる。物質生産量のうち、塊根への物質分配率は収穫期で約６０％に達しており、塊根の肥大も早期に開始されているから、塊根収量の低かった理由は、総物質生産量の低いことによると考えられる。

供試した４品種のうち、Daya は最も高い乾物塊根収量を示した。Borobudur より高い塊根収量（乾物）となっており、塊根数型の品種で高い収量を示すことがわかる。栽培種では、分化した塊根は、肥大が充分に行われているから、温帯圏のかんしょと比較すると、塊根重型よりも塊根数型の品種で、高い収量の得易いことを指摘できる。

かんしょの高い収量を得るには、栽培的には葉面積の確保が必要である。そのためには、作物栄養的に窒素ならびに加里の供給が充分なされる必要がある。インドネシア国では加里の施肥は、あまりされていないので、窒素とのバランスを保ちながら、加里肥料を供給していくことが重要である。かんしょ栽培に当り、窒素施肥が主となっており、加里施肥についての注意が払われていないので、今後、研究上ジャワ島内での品種の地域適応性試験も含めて、３要素施用と生育、収量との関係を検討していくことが必要である。

かんしょ品種改良に関連しては、塊根数型の品種の育成が、収量を高めるためには効果があるといえる。温帯圏の場合の如く、降霜や低温にあうこともなく生育は継続できるので、塊根重型の品種より塊根数型の品種の方が貯蔵物質・蓄積の面からも適していると考えられる。アリモドモゾウムシによる喰害、葉面積指数の低いこと、からも塊根数型の品種によって一定の生育期間内に、充分な塊根の肥大を図ることが適切な増収方法といえる。

Productive characters of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.)

by Yoshio Hozoyo[1], Melina Megawati[2], and Wargiono Hadi[2]

Abstract

Plant production process and potential productivity of sweet potato were investigated during the 1981 and 1982 growing seasons at Cikeumeuth station of Bogor Research Institute for Food Crops. Parameters of plant production associated with dry matter production and tuberous root growth were measured. High crop growth rates and net assimilation rates preceded active tuberous root thickening. Leaf area index and crop growth rate had lower values in the dry season than in the wet season, and also these values were also lower than in moderate climates. Daya and Borobudur varieties showed high potential productivity of tuberous roots becuase of a large number of tuberous roots per plant or a greater weight per tuberous root. It is suggested that sweet potato plants may be classified as tuberous root weight type, tuberous root number type, and regrowth type, based on their property of growth and development of tuberous roots.

---

1) Plant Physiologist, JICA Colombo Plan Expert, Japan-Indonesia Joint Research Program, CRIFC.
Present address; National Institute of Agrobiological Resources, Kannondai, Yatabe, Tsukuba, Ibaraki, Japan.

2) Agronomist, BORIF.

1－4　大豆の生産形質

北條　良夫　　Djubel, P.
（農業生物資源研究所）　（インドネシア国立ボゴール食用作物研究所）

大豆は蛋白質食糧資源として、インドネシア国では重要視されており、醗酵食品をはじめ大豆加工食品の種類も多い。インドネシア国内の栽培大豆の平均収量は６００Kg／haと低く、１００粒重も７～１０gの品種が多く、小粒である。蛋白質食糧としての需要はこれからも増加すると共に、窒素固定の果す役割りも土壌への窒素還元の上で大切であり、大豆の生産形質についての研究は重要な意味をもっている。

上述したような大豆に対する需要が多いこととは対照的に研究によって解決されている問題は少ない。その理由の１つとして、大豆の生育ならびに生産過程について研究がなされていないことがあげられる。著者らは研究協力計画の中で、大豆収量向上に資するため大豆生産過程の解析を行うと共に、生産をあげるための方法として、栽植密度と生育・収量との関係をとりあげ研究を実施した。

材料と方法

供試した品種は Orba であり、物質生産過程解析のための材料養成のため、１９８１年１０月２８日（雨季）および１９８２年３月１２日（乾季）にそれぞれ播種した。畦巾４０cm、株間１５cm、１区は６×１０m（プロットの大きさ）とし、３回反覆によって実施した。肥料としては、石灰５００Kg／ha、窒素４０Kg／ha、燐酸６０Kg／ha、加里５０Kg／haを施用した。

供試した材料は、物質生産過程解析のため、乾季の実験では３月３０日、４月１３日、4月27日、５月１１日、５月２８日、６月８日にそれぞれ採取し、各器官別に乾物重量を測定した。各採取時には葉面積の測定も合わせて行った。登熟が開始された以降の採取に際しては、粒の長さ・厚み、１００粒重、莢の長さ、粒の巾を測定し、登熟過程をも解析した。雨季の実験では１１月１７日、１２月１日、１２月１５日、１２月２９日、１月１４日、１月２６日、２月９日にそれぞれ材料を採取し、前述した乾季の実験の場合と同じ要領によって物質生産過程の解析を行った。

栽植密度についての実験は、国立食用作物ボゴール研究所のチタヤム試験地において主として実施し、茎の強度についての実験はチクム試験地において行った。チタヤム試験地の実験では、１９８１年１０月１２日播種（雨季）、１９８２年１月２８日収穫、１９８２年３月６日播種（乾季）、１９８２年６月７日収穫とした。栽植条件は次の通り。

脚注　本研究成果は、１９８３年６月６日　国立中央食用作物研究所・ゼミナールで発表した。
現在Peneltian Pertanian 印刷中。

畦巾（cm）	株間（cm）	個体数（株／ha）
50	20	100,000
	15	103,300
	10	200,000
	5	400,000
40	20	125,000
	15	166,600
	10	250,000
	5	500,000
30	20	166,600
	15	222,200
	10	333,300
	5	666,600

（チタヤム試験地）

1プロットの大きさは、6×5 m、3回反覆により実施した。

チクム試験地では、1982年10月14日播種、1983年1月5日収穫とした。

畦巾（cm）	株間（cm）	個体数（株／ha）
40	25	100,000
	20	125,000
	15	166,600
	10	250,000
	5	500,000

（チクム試験地）

1プロットの大きさは6×20 m、3回反覆により実験を行った。

チクム試験地での実験においては、11月27日より経時的に8回にわたり植物体を採取し、茎の強度の測定を行った。測定には挫折試験器を用い、測定値をもとに茎挫折時の最大曲げモーメントを計算により求めた。採取した茎について強度を知ると共に、立毛中の状態での植物体としての曲げモーメント量を知るため、植物体の新鮮重、草高を測定し、それらの値から株としての曲げモーメント量を計算により求めた。茎横断面についての断面2次モーメントは、茎直経を厚み計で測定し、次式により求めた。$I_x = \pi / 4\ a^3 b$ …… 短軸方向での断面2次モーメント。

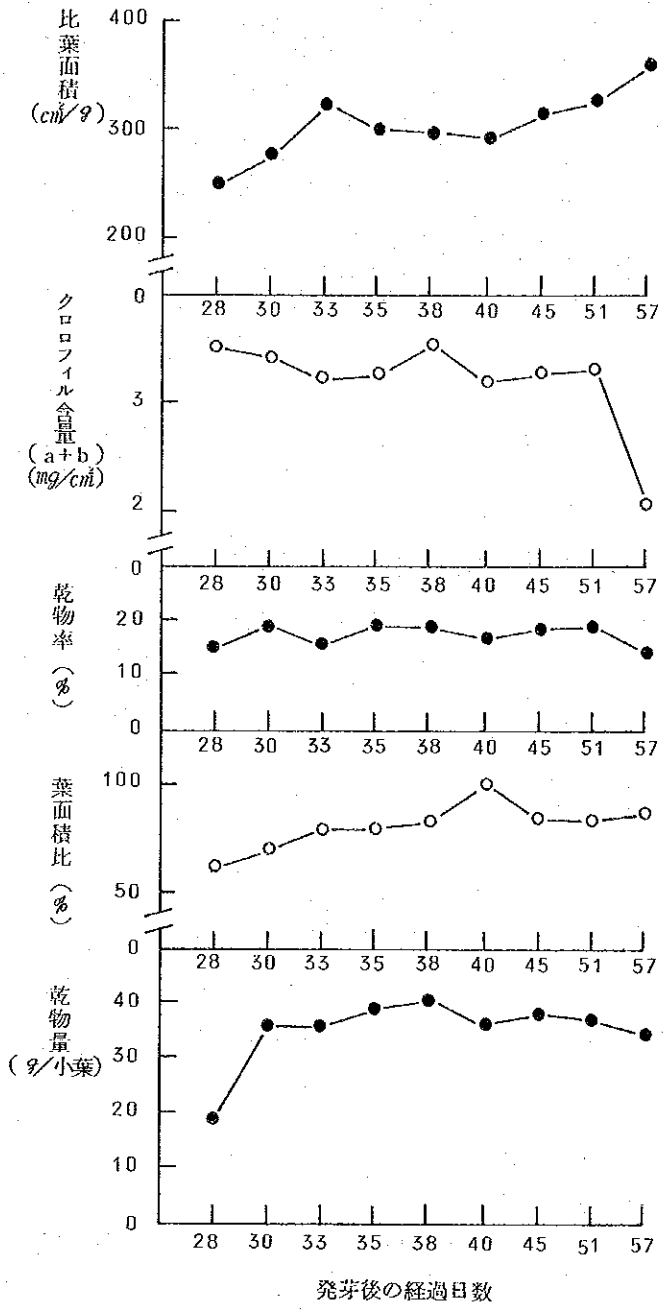
$I_y = \pi / 4\ a\ b^3$ …… 長軸方向での断面2次モーメント。

a …茎断面の長経、 b …茎断面の短経。

結　果

本研究は乾季と雨季の両時期について、それぞれ同一設計で実施した。種子稔実ならびに種子

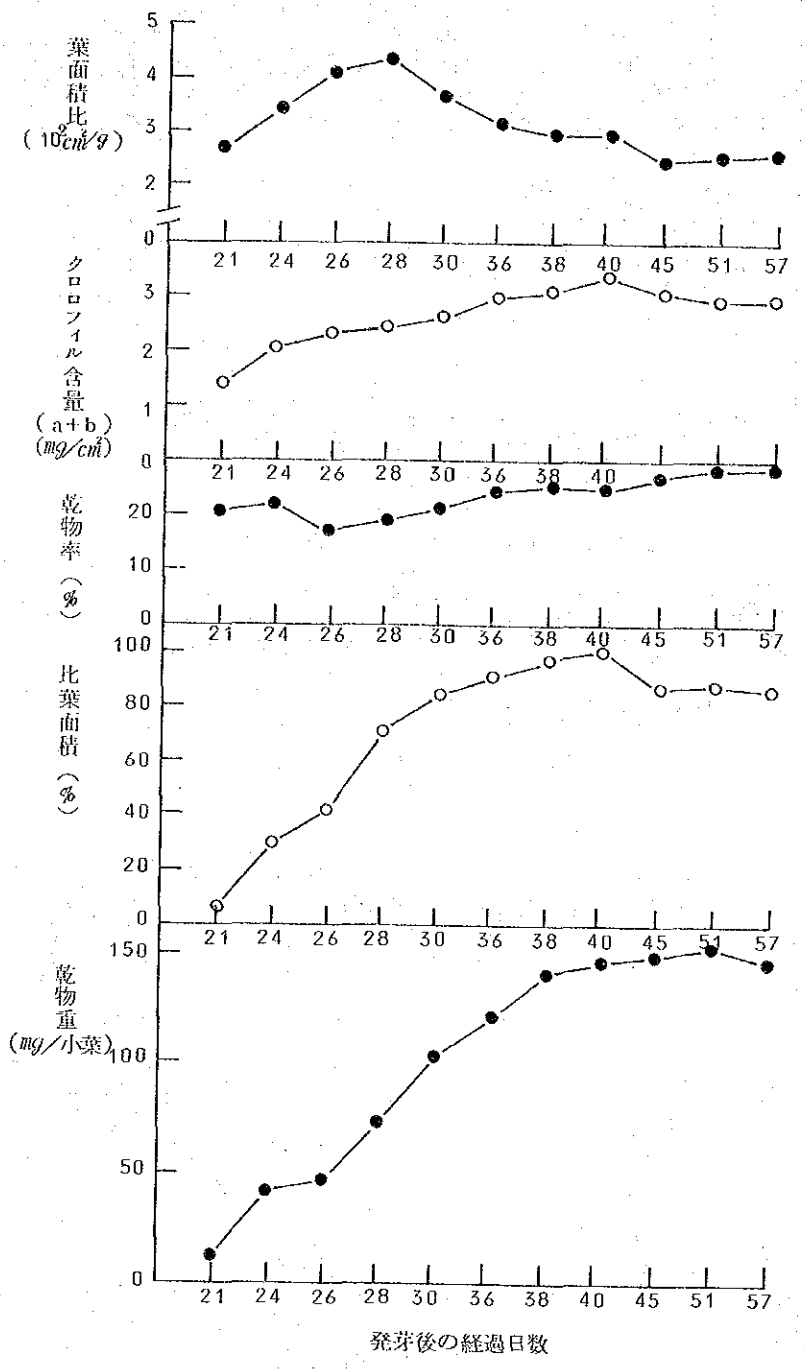
収量についてみると、雨季よりも乾季での結果の方がすぐれている。物質生産過程の解析については、主に乾季での結果をもとに行うこととする。



第１図　第１位葉の生長（1981）

物質生産に関連深い葉身の発達について述べると、第１図からわかるように、播種後２８日目にＳＬＡ値は最高に達し、この時期には葉身の厚みの最も薄くなったことがわかる。以後、ＳＬＡ値は低下して、形態的にみても葉身は粗剛となった。葉身１枚当たりの面積が最高値を示した時期での葉身面積（cm²／葉身）と、各採取時期での葉身面積との割合を調べると、播種後２８日

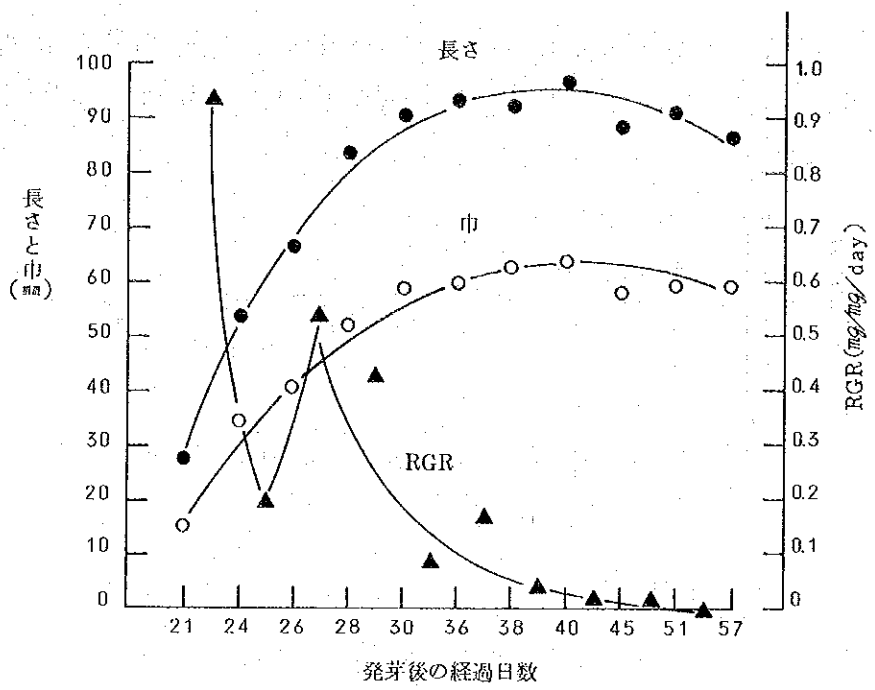
目に７０％を示し、４０日目には１００％に達し、以後低下した。この７０％を示す時期は、ＳＬＡ値が最高に達しており、かつ、葉身当たりの乾物重増加率も最も高くなっている。同じような傾向は、第２図の第８位葉についても認められた。



第２図　第６位葉の生長（１９８１）

第８位葉では播種後３３日目が、葉面積比７０％を示しており、この時期にＳＬＡ値は最高に達した。葉面積比７０％という葉身の発育時期は、葉身の機能上、特異の時期と考えられる。

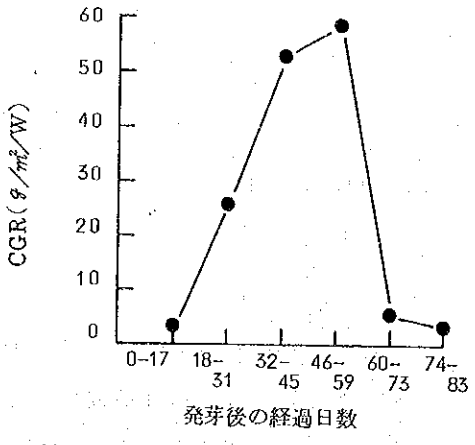
第３図には、第６位葉を対象として生長の経過を示した。長さと巾の双方が平行的に変化してい



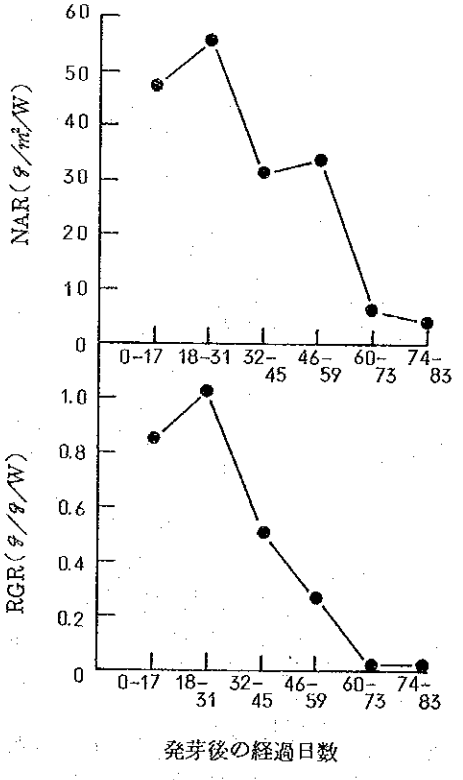
第３図　第６位葉の生長過程（１９８１）

ることがわかる。葉身の生長は、楕円状に整一に進められているといえる。

第４図、第５図には、ＣＧＲ、ＮＡＲおよびＲＧＲの値を示す。

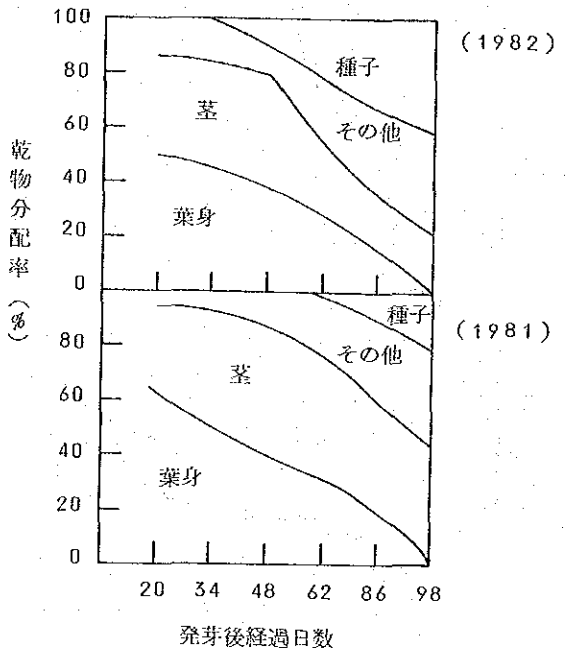


第４図　大豆におけるＣＧＲの推移（1981）



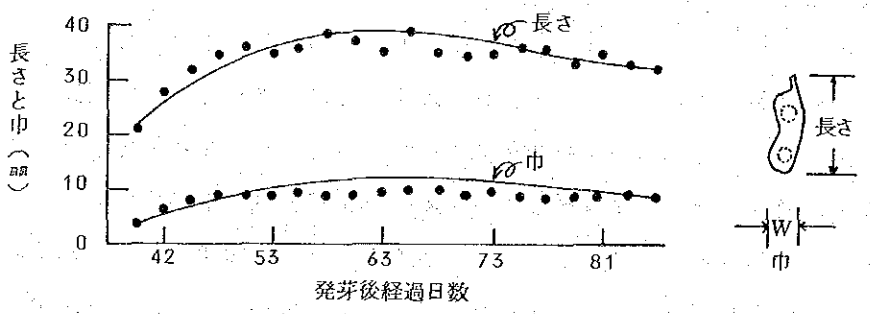
第５図　大豆におけるＮＡＲと
ＲＧＲの推移（１９８１）

ＣＧＲの最高値は５８.４ｇ／ｍ²／Ｗであり、全生育期間の平均は２４.９ｇ／ｍ²／Ｗであった。ＣＧＲの最高値は播種後４６～５９週目にみられ、莢および種子形成の急速に進んだ生育時期となっている。登熟期後半から成熟期にかけては、ＣＧＲ値は低下し、物質生産速度の低下したことがわかる。ＮＡＲ値は播種後１８～３１週目の時期に最も高い値がみられ、ＣＧＲ値の傾向とは一致しなかった。光合成能力の次第に低下する過程で登熟の進められたこと、および葉面積増加による総物質生産の高くなる過程で種子形成の行われたことを指摘できる。

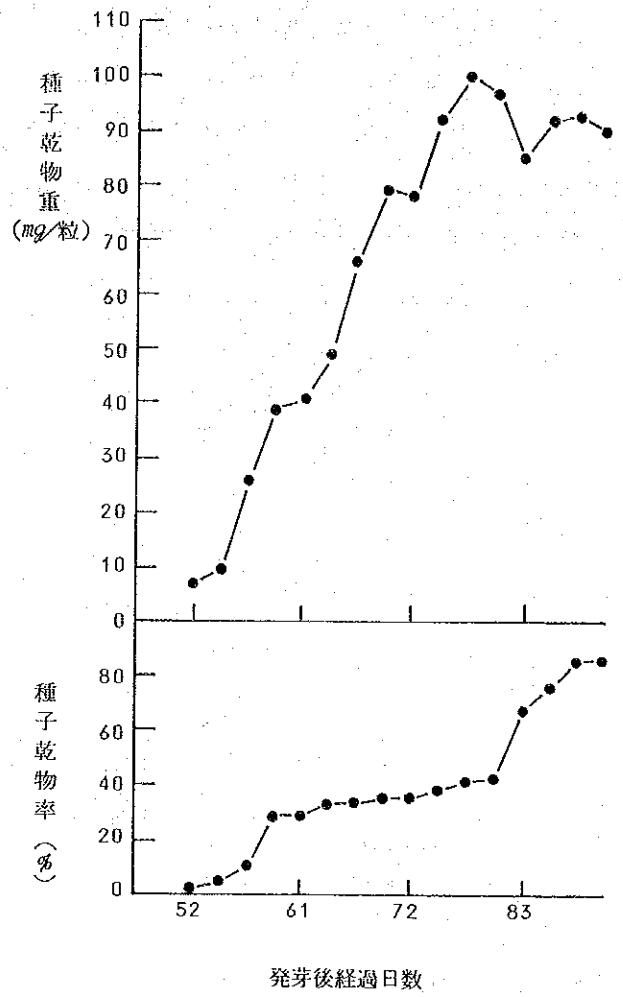


第６図　大豆の生長に伴う乾物分配（1981、1982）

第６図には物質分配率についての結果を示す。１９８１年の結果は雨季の値を、１９８２年の結果は乾季の値を、それぞれ示す。乾季作においては、雨季作に比較して、種子への物質分配が高いといえる。第７図には莢の生長経過を示す。播種後５３日目に形状的に莢生長の止まったことを示している。種子形成に伴う粒重の変化を第８図に示す。



第７図　莢の生長（１９８２）

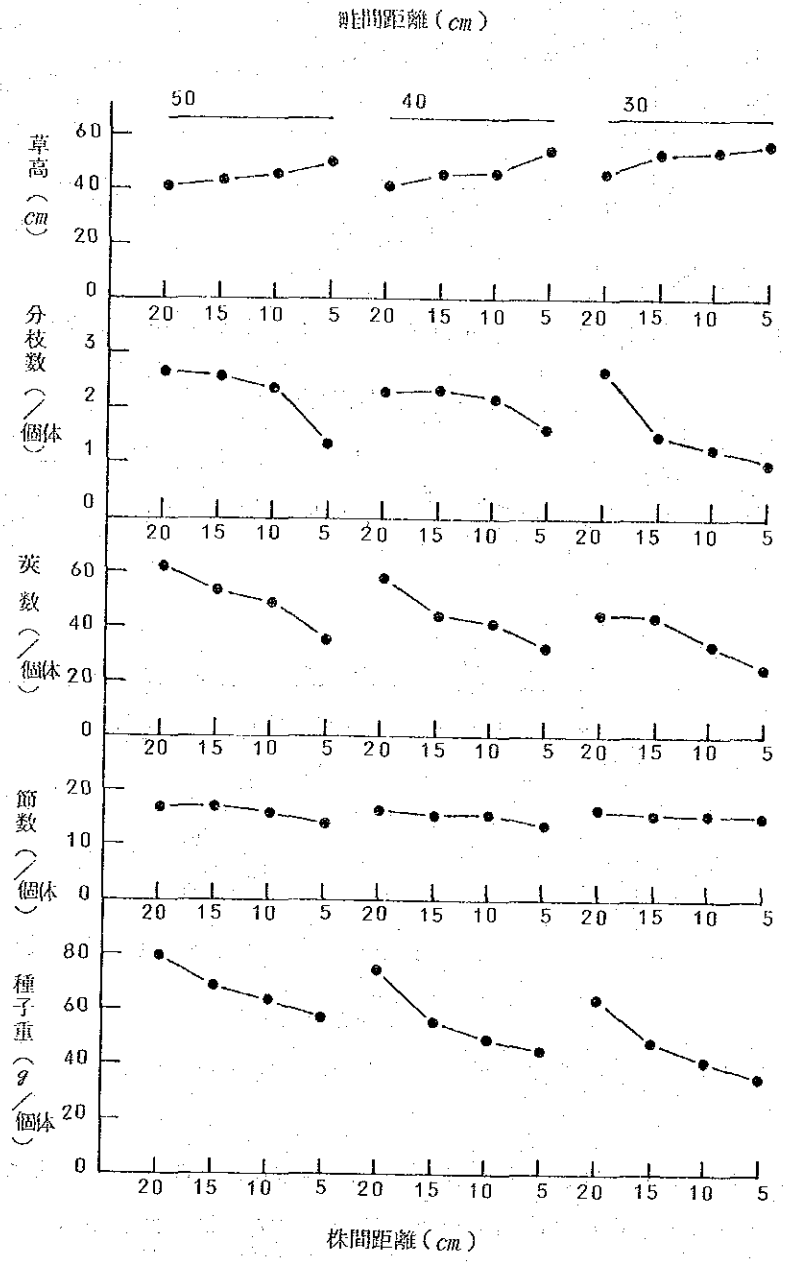


第８図　稔実経過（１９８２）

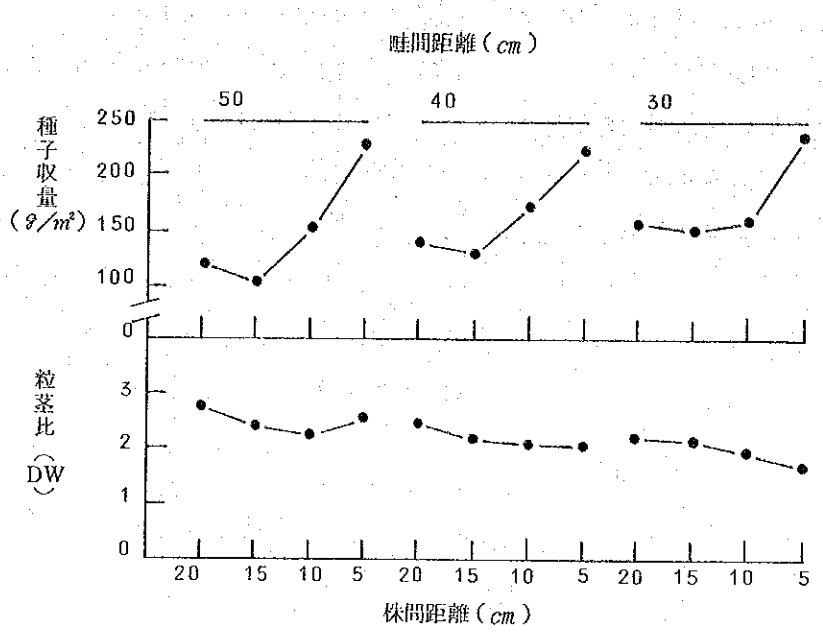
播種後７７日目に、平均１粒重は１００mg・DWを示し、以後粒重の乾物重は低下した。１００粒重は１０g・DWであり、極めて小粒といえる。１莢内粒数は平均２粒であったので、稔実過程からみると、光合成産物の転流ならびに蓄積の上で、特に支障を来しているとは考えられない。第８図から粒の乾物率をみると、播種後８０日目から急激に高い値を示しており、その時期は粒重が最高値を示した時期に極めて接近した結果となっている。莢の生長もほゞ同じ傾向を示しているので、粒の生長が１００粒重１０g・DW以上まで継続させることは困難なものといえる。

上述した結果から、Orva の生産形質についてみると、莢の成熟に先立って葉身の成熟と枯死がおきており、葉身に比較して莢後熟といえる。葉面積指数は登熟期に入り低下し、粒重は１００粒重についてみると１０gをこえることはなかった。小粒であることに関連して、NAR値は登熟期に入り低下し続けており、また莢生長も停滞しているから、粒重増加あるいは粒型の拡大は極めて困難なものと考えられる。

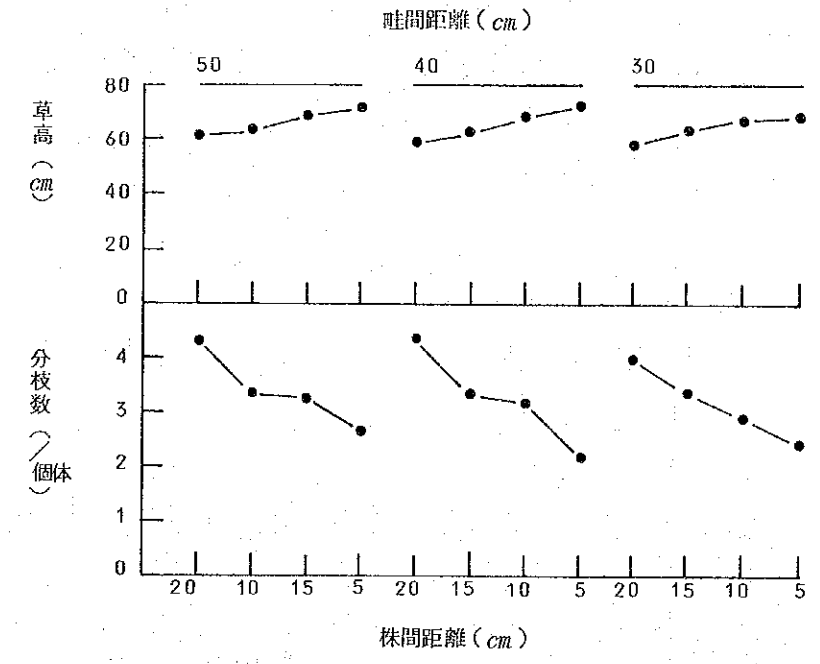
小粒であることから、収量増加のための方法として栽植密度を増すことが考えられ検討を行った。第９図、第１０図、第１１図には、１２段階にわけた各密度条件下での生産形質と収量を示す。密度は畦間距離と株間距離の双方によって調節した。畦間を変えたことによる影響は、株当たりの莢数にみられ、５０cm畦間にて、各株間の材料とも、大きい値が認められた。他の形質については、ほとんど差異はみられなかった。



第９図　各栽植密度条件下における形質の比較（１９８２）



第１０図　各栽植密度条件下における形質の比較（1982）



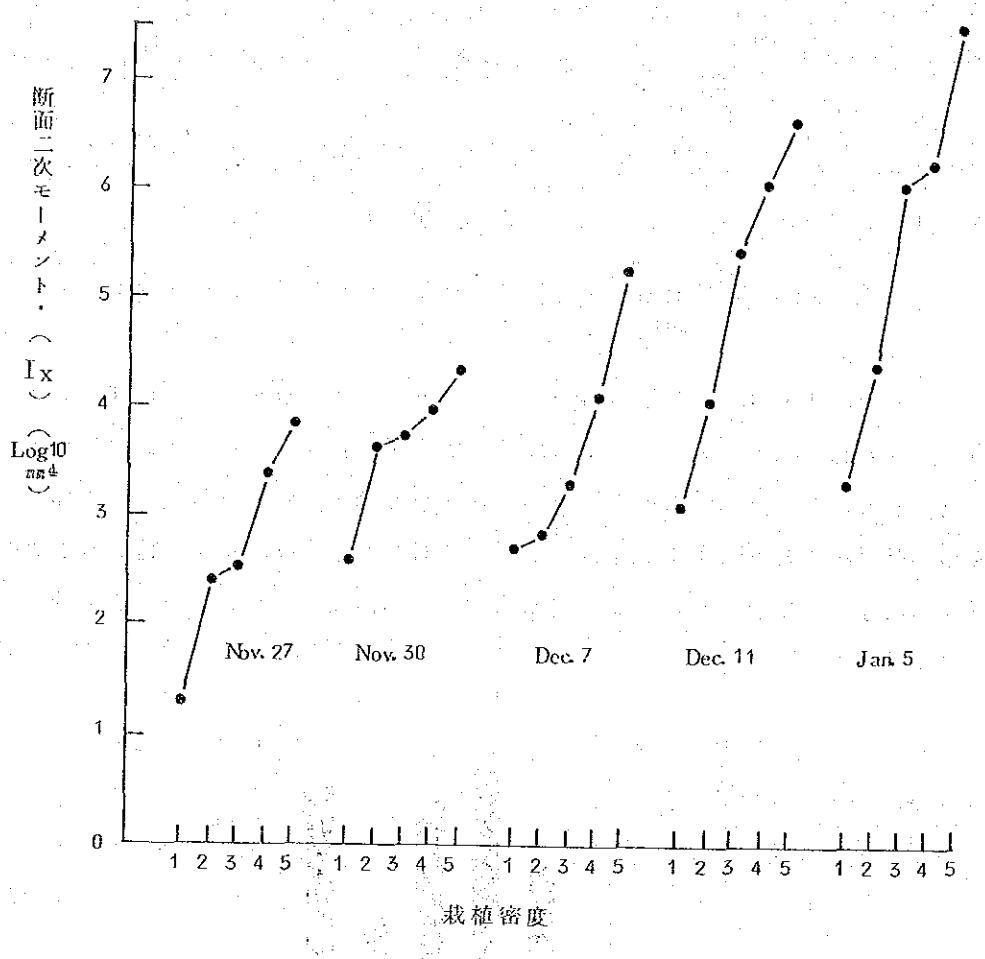
第１１図　各栽植密度条件下における形質の比較（１９８１）

株間を変えたことによる影響は、各形質について認められ、株間が狭くなることにより草高は増加した。一方、株当たり分枝数・節数・莢数・粒重（ＤＷ）は、株間が広くなることにより増加した。粒重（g／m²）は、株間５cm区において最も高い値を示した。また、畦間５０cm区において各栽植密度間の粒重（g／m²）の差異は大きく認められた。

栽植密度の増加によって、植物体の倒伏が発生した。スコールによる倒伏の発生は頻繁にみら

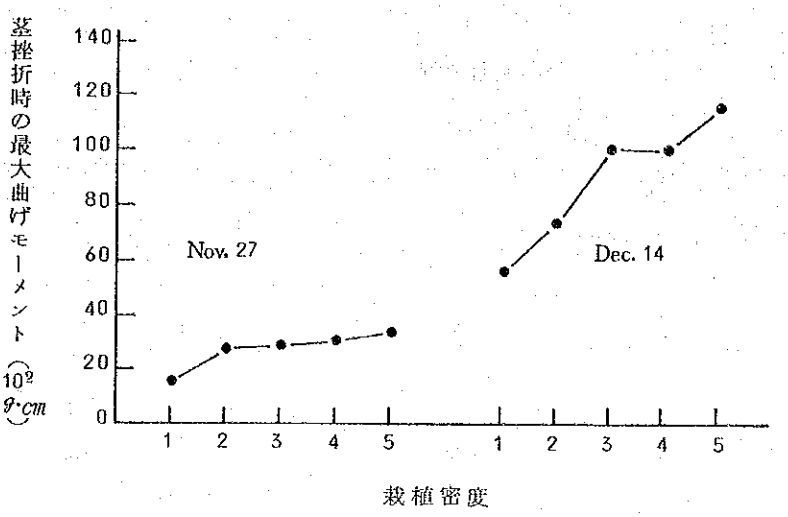
れると共に、雨季では日本の梅雨時の如き降雨の様相を呈したので、地上部器官への雨滴の蓄積と共に、植物体への荷重の増加がおき彎曲型あるいは挫折型の倒伏が発生した。

第１２図から、大豆の茎の断面２次モーメントの値をみると、密度が粗になるに伴い、モーメントは大きな値を示した。この傾向は、生育が進むに伴いさらに各栽植密度間で大きな差異が認められた。



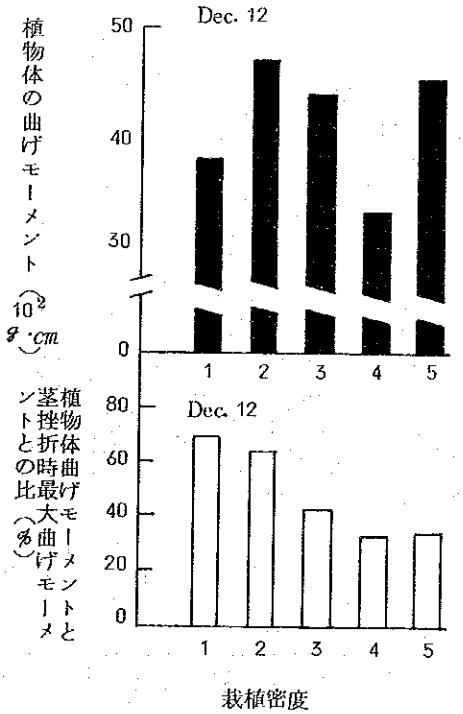
第１２図　各栽植密度条件下における茎の力学的均質の比較（1982～1983）

	畦間距離(cm)	株間距離(cm)
1	40	5
2	40	10
3	40	15
4	40	20
5	40	25



第１３図　各栽植密度条件下における茎の力学的性質の比較（1982）
栽植密度は第１２図に同じ。

第１３図には、大豆の茎についての挫折時の最大曲げモーメント量を示す。畦間距離４０cm、株間５cmの最も密度の高い場合、モーメント量は最小値を示し粗になるに伴い次第にモーメント量は大となった。最も密度の高い場合の曲げモーメント値の約２倍の曲げモーメント値が、最高密度の$\frac{1}{5}$密度の場合に得られた（１９８２年１２月１４日の測定値）。第１４図には、植物体の曲げモーメントの値ならびに曲げモーメントと茎の挫折時の最大曲げモーメントとの比を示す。



第１４図　各栽植密度条件下における力学的性質の比較（1982）栽植密度は第１２図に同じ。

植物体の曲げモーメントは、栽植密度５０００００株／haと１２５０００株／haにおいて、他の密度区よりやや低い値が得られた。最も粗な密度条件下では、４５g・cmの曲げモーメントが認められ、最も密な条件下では、３８g・cmの曲げモーメントが認められた。茎の挫折時の最大曲げモーメントの値にみられたような密度間の差異は認められなかった。植物体の曲げモーメントと茎の挫折時の最大曲げモーメントとの比をみると、栽植密度の高い条件で比の値は大きく、密度の低い条件下で比の値は低下した。この比の値は植物体にかかる外力の大きさと植物体を支えている茎抵抗力との関係を表わしている。比の値の大きいことは、両者の力が接近しており、外力への抵抗の少ないことを意味している。比の値の小さいことは、茎の外力への抵抗力の大きいことを示している。第１４図から、栽植密度の粗な条件下において倒伏の認められないことあるいは少ないことは、茎の強度の大きいことによるものであり、植物体にかかる外力の大きさ、換言すれば植物体のもつストレス要因の大きさによるものではないといえる。

考　察

大豆の生産形質についてみると、葉面積指数は小さく、かつ葉積も低い値を示した。草高の低いことと相まって、植物の体制は物質生産に対して小づくりであるといえる。植物体が小型であると共に、葉身寿命も短かく、発芽後９０日以前に落葉してしまう。ＮＡＲ値は登熟期に入っても増すことなく、生育の進むに伴い漸減している。したがって、光合成器官の量ならびに光合成能力ともに、種子の形成が行われる生育時期までには低下してしまっており、稔実期の物質生産能力は極めて低いことがわかる。莢の組織は成熟期に入っても緑色が淡緑色を呈しているが、葉身の色は黄色と変り、生理的活性は低いことが推察される。大豆が低収であると共に、小粒である理由として、物質生産能力の低いことをあげることができる。大豆の種子が小粒であることに関して、粒の生長は形および重量の双方の面において、登熟期後半には停止しており、粒の容積も増加し続けることなく、容積的にも限界を示している。種子内容の充実とは別に形としての種子の生長も潜在的に能力は低いものといえる。

次に栽植密度と大豆の収量との関係について述べる。大豆の粒型についてみると、小粒であるので栽植密度を増しても大豆の粒型には大きな変化はみられなかった。生育期間が播種後３ケ月未満と短かく、かつ粒形も小形であるので栽植密度を増すと単位面積当たりの粒数の増加をとおして収量増が認められた。雨季および乾季の２時期での実験結果から、栽植密度が２００００００株／haをこえると、倒伏の危険が生じ、倒伏の頻度も大きくなった。栽植密度の限界は２００００００株／haであることが指摘できる。ジャワ島における農家圃場での著者らの調査結果によると、一般に栽植密度が高く、その際、同一株数本仕立ての例もみられた。密度の高い条件であっても、一株一本仕立てが耐倒伏性の上で良く、株当たり数本の密植は生育、収量の上で問題の多い栽培方法であるといえる。

インドネシア国では、大豆消費の上で小粒であることは問題視されていない。小粒でありかつ

多収であるための栽培には、上述した栽植密度の調節をとりあげれば良いと考えられる。その際スコール等による倒伏の発生を防ぐために、本研究の結果から株間よりも畦間距離を調節して栽植株数を多数とする方法を採用する必要がある。その場合、株間距離の接近により株間１０㎝以下とすることは倒伏上、危険でありむしろ畦間距離を狭くすることにより密度を増した方が良いといえる。

また大豆育種の面では、葉身の寿命があまりにも短かすぎると考えられる。葉身の寿命、葉色に着目した育種素材選びが大切であると考えられる。

Productive characters of soybean (*Glycine max* Merr.)

by Yoshio Hozyo[1] and Djuber Pasaribu[2]

Abstract

Soybean plant production process and grain ripening were investigated during the 1981 and 1983 growing seasons at Cikeumeuh station of Bogor Research Institute for Food Crops. Dry matter production, leaf growth, and seed formation were investigated. The highest specific leaf area was attained, and the dry weight of the leaf blade increased rapidly, when the leaf reached 70% of its maximum size. Crop growth rates increased rapidly from the early growth stage to ripening. The maximum net assimilation rate was 55 $g/m^2/week$. The length and width of pod tissue increased quickly at the early ripening stage, and was associated with increased dry weight of the pod. Seed filling started when pod growth was nearly completed, and seed dry weight rose steeply as the weight reached its maximum value.

The relationships among planting density, plant growth, and production of soybean were investigated for the promotion of plant production.

Planting density affected the plant height, branching, node number, internode length, pod setting, leaf area, and dynamic properties of the stem. These plant characters were superior at sparser spacings; but dense planting gave higher grain yields per unit area. It is suggested that a practical population level is below 250.000 plants/ha with careful control of nutrition level at each growth stage.

---

1) Plant Physiologist, JICA Colombo Plan Expert, Japan-Indonesia Joint Research Program, CRIFC.
Present address; National Institute of Agrobiological Resources, Kannondai, Yatabe, Tsukuba, Ibaraki, Japan.

2) Agronomist, BORIF.

1－5　キャッサバの生産形質

北條　良夫　　Melina M., Wargiono H.
（農業生物資源研究所）　（インドネシア国立ボゴール食用作物研究所）

キャッサバは、トウダイグサ科（Euphorbiaceae）に属する多年生の低灌木である。世界的にみて熱帯地域で広く栽培されており、平均収量は10t／haとなっている。熱帯地域においては乾燥地でも生育、栽培が可能であり、また栽培時には茎を短かく切ったものを材料に増殖し得る利点がある。増殖用の茎は、挿苗後2～3日経過すると発芽し始め、種苗としての茎の貯蔵も可能である。栽培がし易いと共に収穫した塊根は食用、デンプン用、加工用と利用の途も広いことから、インドネシア国では平坦地、傾斜地と広く栽培されている。キャッサバの用途の多いことおよび栽培適地の広い割にはキャッサバの収量性、物質生産過程についての研究が少なく、そのため栽培ならびに育種上解決を要する問題が多く残されている。

農業研究協力計画においてはキャッサバの物質生産過程の解析を行うと共に、潜在的生産力を知るために、1982年～1983年にかけて研究を実施した。物質生産過程の解析に当たっては、生産形質としての葉の調位運動についても検討を行った。

材料および方法

研究協力の実施場所は、ボゴール市の国立食用作物ボゴール研究所栽培部および研究所附属のチクム試験地である。研究は1982年から1983年にわたり行い、用いた材料はインドネシア国の代表的品種のAdira－1，Adira－2、在来品種の3品種である。物質生産過程の解析および葉調位運動の測定には、Adira－1を用い、潜在的生産力の検討には3品種を使用した。

茎は約20cmに切り苗として用いた。畦巾1m、株間1mとして挿苗、1プロットは6×6mとし、3回反覆で実施した。基肥として窒素30Kg／ha、燐酸60Kg／ha、加里20Kg／haを施用、挿苗3ケ月後、窒素40Kg／ha、加里40Kg／haを追肥した。苗活着後、株元に覆土を行い高畦栽培とした。スコールによって倒伏がおき易いので、株元に覆土することにより倒伏を防止した。

挿苗は1982年4月28日、収穫は1983年2月15日、その間1982年6月、7月、8月、9月、10月、11月、12月に材料を採取し、物質生産の解析に供試した。

潜在的生産力の解析には、Adira－1、Adira－2、在来品種の3品種を用い、接穂と台木との関係から相互に9組合せの接木植物を作成し、実験に供した。

脚注　本研究成果は、1983年6月4日　国立中央食用作物研究所・ゼミナールで発表した。現在Contributions印刷中。

接木植物の挿苗時期は１９８２年５月１９日、収穫は１９８３年２月１５日、施肥量は窒素３０Kg／ha、燐酸６０Kg／ha、加里２０Kg／haとし、挿苗後３ケ月目に窒素４０Kg／ha、加里４０Kg／haを追肥した。

挿苗後３週間のうちに、全供試材料について苗活着の状態を調べ、生育不良株については健全苗による苗のさし替えを行った。

物質生産過程の解析は、かんしょの場合と同じ方法によった。すなわち、圃場より植物体を採取し、各器官ごとにわけ乾燥し、乾物重を測定した。葉面積の測定は自動葉面積計を用いて行った。

葉身の調位運動については生育中庸株を測定対象とした。葉面傾斜角は葉身と葉柄との接続部を基点として、中央に位置する小葉の主脈の方向にそって葉が水平面となす角度を分度器を用い測定した。葉の展開方向は、葉身と葉柄との接続部を基点として、中央小葉の主脈の先端方向の方位を、磁針盤を用い測定した。葉面の照度は照度計の受感部を葉面に平行にあてて測定した。

上述の如くして得られた値から、次式によって葉面法線の方位角、葉面法線の高度を求めた。

$$x = -\sin\theta \quad \cos\phi\cos\phi + \sin\phi\sin\phi$$

$$y = -\sin\theta \quad \cos\phi\sin\phi - \sin\phi\cos\phi$$

$$z = \cos\theta\cos\phi$$

$$\theta' = \sin^{-1} z$$

$$\phi = \tan^{-1}\frac{y}{x}$$

θ ＝主傾斜角　ϕ' ＝葉面法線方位角

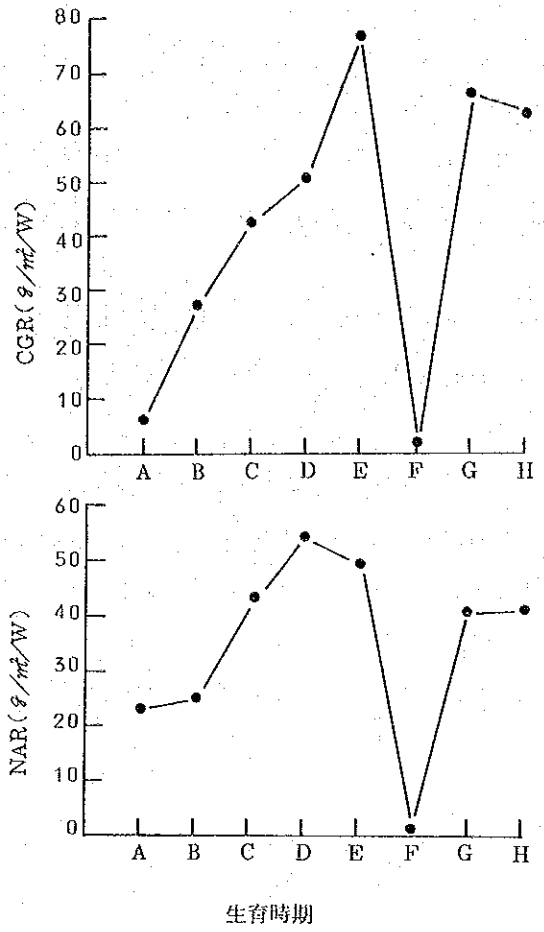
ϕ ＝副傾斜角　θ' ＝葉面法線高度

ϕ ＝方位角

結　果

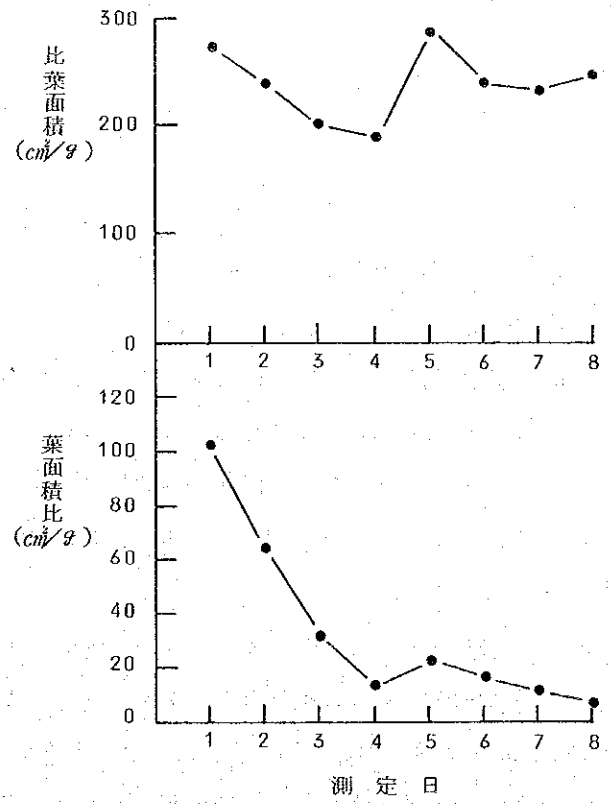
第１図にＣＧＲ値を示す。最高値７７.５ g／m²／W、全生育期間の平均値４１.９ g／m²／Wが得られた。最高値は挿苗後５ケ月目に認められた。第１図にＮＡＲ値を示す。最高値５５.１ g／m²／W、平均値３４.９ g／m²／Wが得られた。ＣＧＲ値とＮＡＲ値の生育に伴う変化の傾向は、類似しており、挿苗後２１～２６週目に最低値を示した。第２図にはＳＬＡ値、ＬＡＲ値を示す。ＳＬＡ値は、挿苗後２１週目を除いて２００cm²／g を示し、葉身の生長は生育時期によっても変化の少ないことがわかる。ＬＡＲ値は挿苗後２１週目以降、２０cm²／g 以下となり、葉面積展開量の少ない割に、植物体の大きさの増してきていることがわかる。

第３図には、塊根重（生重）と塊根乾物率を示す。最終的には塊根収量は３６ t／ha、塊根乾物率は３６.５％であった。乾物率は、挿苗後２１週目以降ほゞ同じ値であり、塊根生重が増加し続けていることとは対照的に一定値を示す傾向が認められた。塊根収量に関連して塊根生産速度を調べると、生育の前半と後半とにそれぞれ高い値を示す時期が認められ、挿苗後１４～２６週目



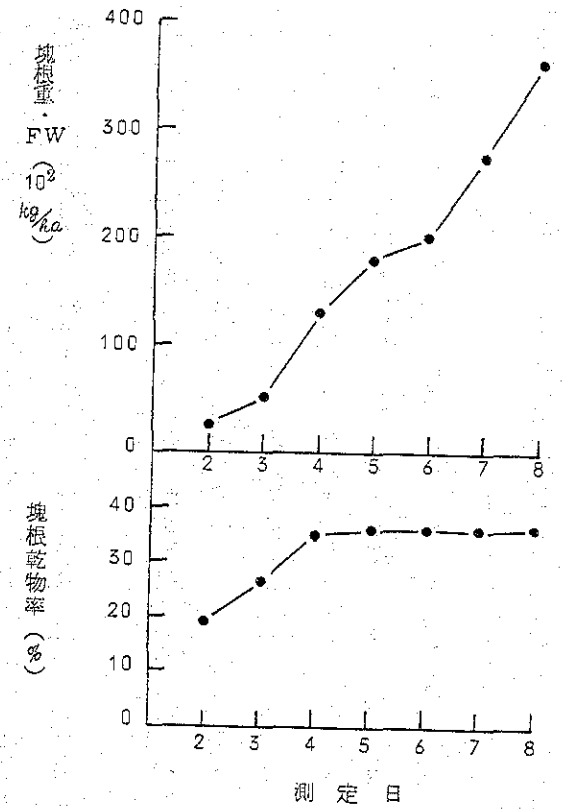
生育時期	生育期間
A	1982 Apr. 28 … Jun. 12
B	1982 Jun. 13 … Jul. 12
C	1982 Jul. 13 … Aug。 2
D	1982 Aug. 3 … Sep. 22
E	1982 Sep. 23 … Oct. 26
F	1982 Oct. 27 … Nov. 23
G	1982 Nov. 24 … Dec. 21
H	1982 Dec。22 … 1983 Feb。15.

第１図　キャッサバの生育に伴うＣＧＲ、ＮＡＲの推移

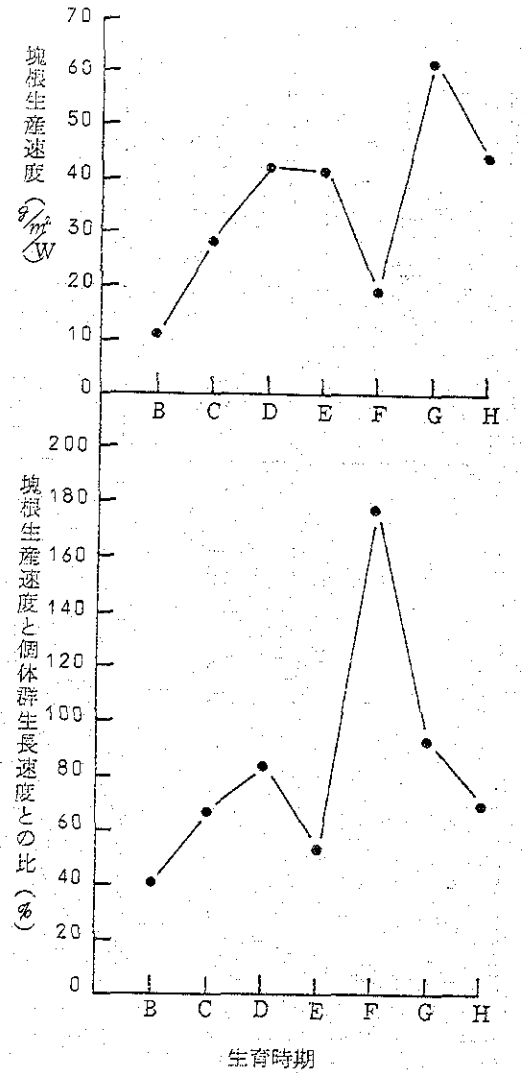


	測定日
1	1982 Jun. 12
2	Jul. 12
3	Aug. 2
4	Sep. 22
5	Oct. 26
6	Nov. 23
7	1982 Dec。21
8	1983 Feb. 15

第２図　キャッサバの生育に伴う葉身の形質の変化

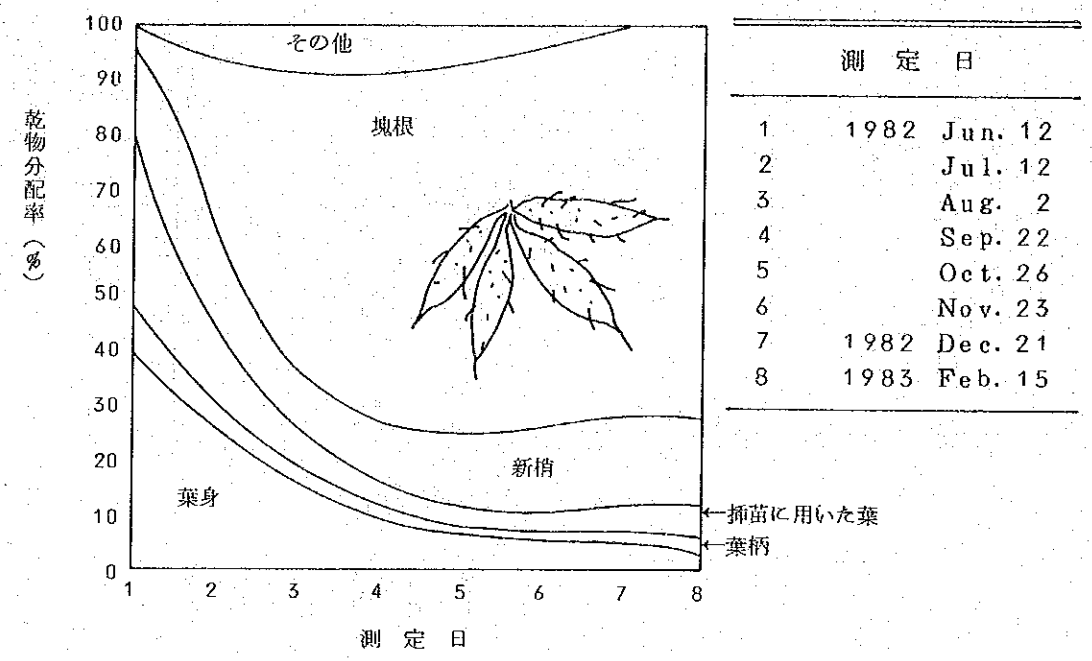


第３図　キャッサバ塊根の肥大
測定日は第２図に同じ



第４図　キャッサバ塊根の生産速度
生育時期は第１図に同じ

には４２９／㎡／W、挿苗後３０～３４週目には６１９／㎡／Wが認められ、生育後半の時期において前半より高い値が認められた。塊根の発達に伴い、各生育期間に生産された物質が塊根の生長に用いられる割合を調べると、全塊根生長期間の平均値として６７.７％が得られた。最高値は１７７％であり、他の器官からの転流の多いことがわかる。



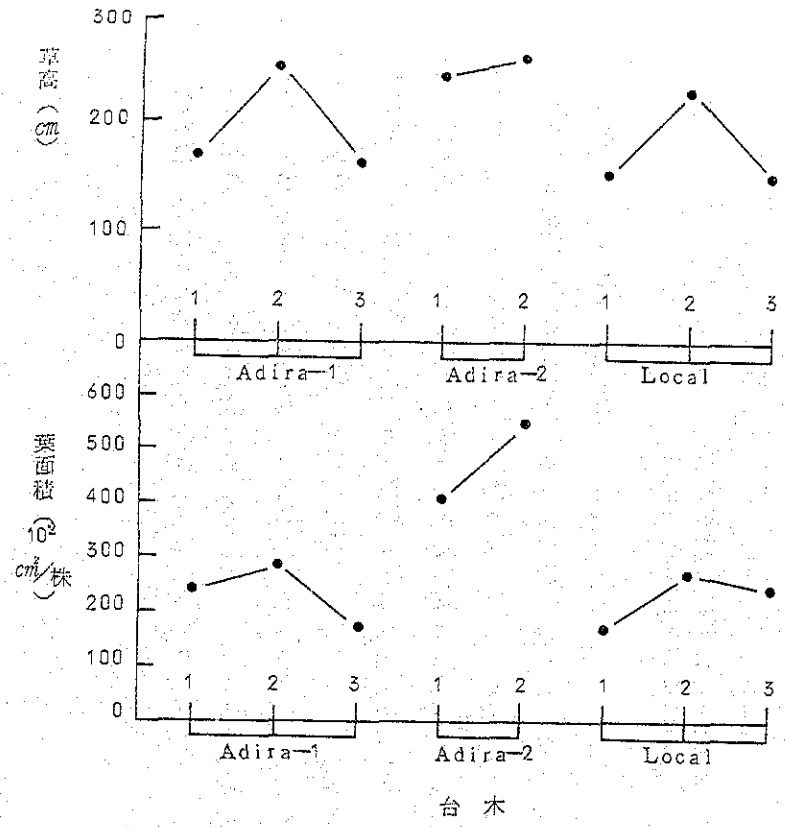
第５図　キャッサバにおける乾物分配率の推移

第５図には、各器官への物質分配率を示す。塊根の生長が進んだ時期に入ると、塊根への分配率は約７０％を示し、茎、葉身と比較して塊根の占める割合は極めて高い。茎の生長は草高の増加を伴っているが、茎組織の内部の柔組織は海綿状を呈しており、そのため茎重は低い値を示し全値物体重のうちで塊根の占める割合が極めて高い結果となった。茎のうちでも、新梢の占める割合の方が挿苗時の茎の占める割合よりも高かった。

第６図～第８図には、接木植物の生育と収量を示す。供試した３品種のうち Adira －２は草高が高く、地上部の生長量は多くなる性質をもっている。在来品種は改良品種に比較すると草高は低く、茎の直経も小さく、全体として小型な草状であった。草高および葉面積ともに、接穂を同じとしてみると、 Adira －１と在来品種を台木とした接木植物において、小さい値を示し、 Adira －２を台木とした場合に、大きい値を示した。また、 Adira －２接穂の接木植物では、いずれも葉面積、草高ともに大きい値を示しており、地上部器官の生長の旺盛な品種であることを指摘できる。

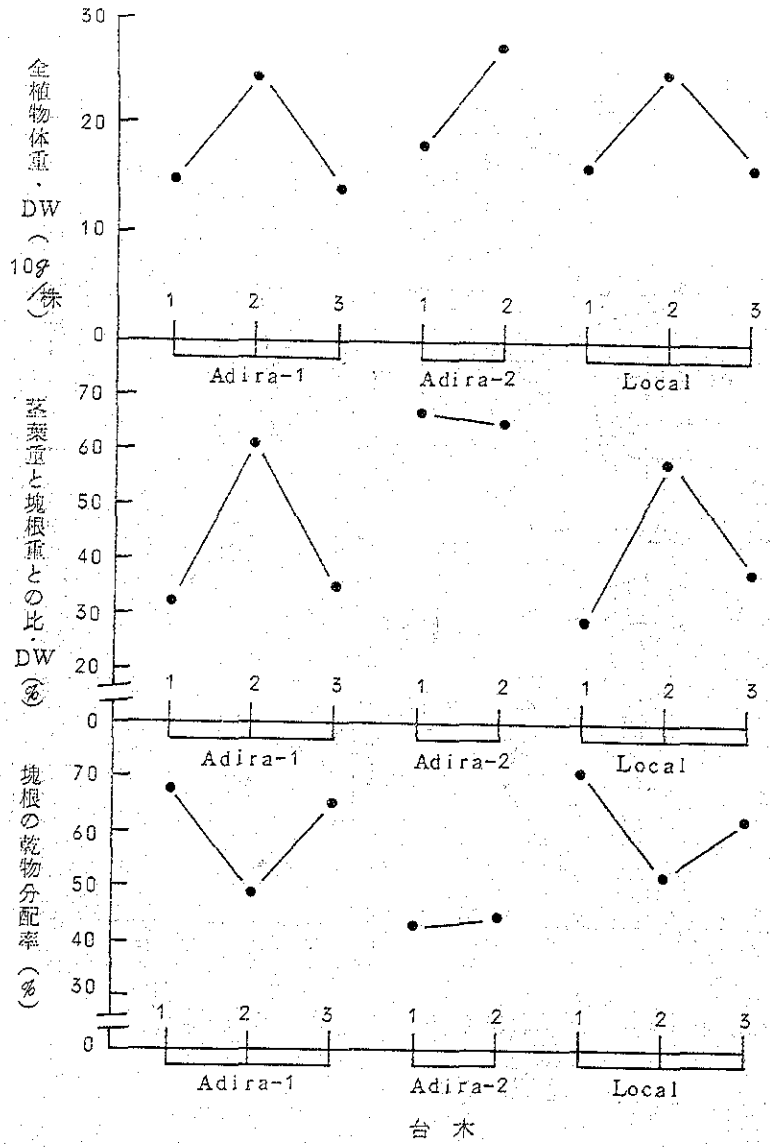
第７図から、全植物体重をみるといずれも Adira －２が接穂の接木植物で、他の品種・接穂の接木植物よりも大きい値を示した。地上部／塊根（重量比）は、 Adira －２接穂の接木植物で大きい値が認められ、地上部器官の生長は Adira －２で著しいことがわかる。

第８図から、植物体当たりの塊根数をみると Adira －１および在来品種で大きい値を示し

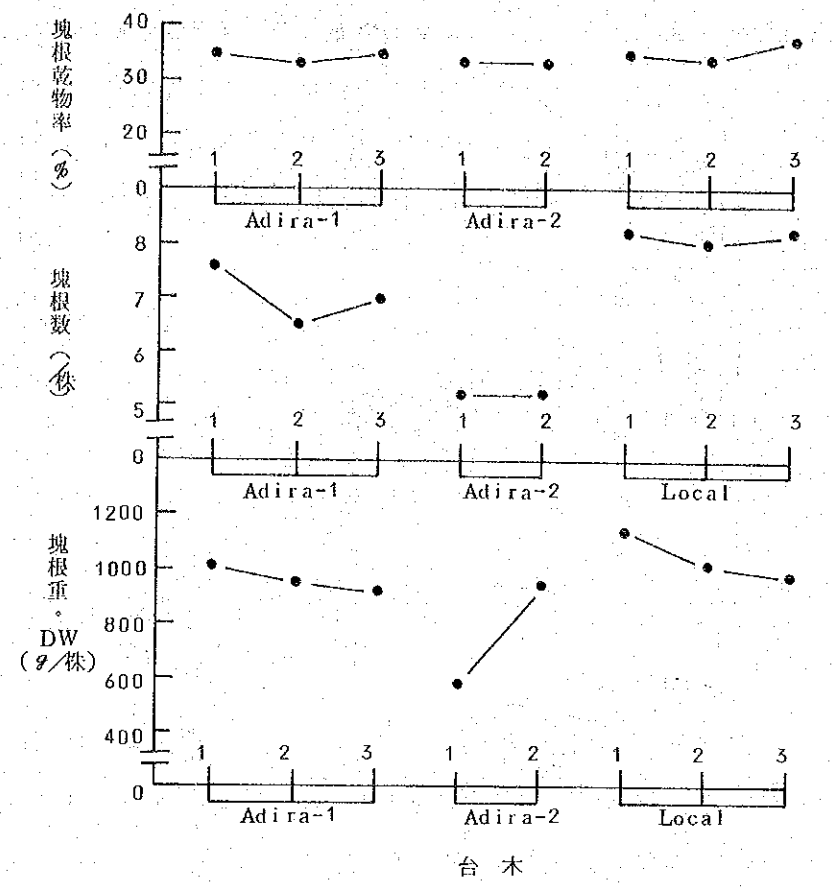


第６図　接木植物における草高と葉面積の比較

接	接　穂
1	Adira−1
2	Adira−2
3	Local



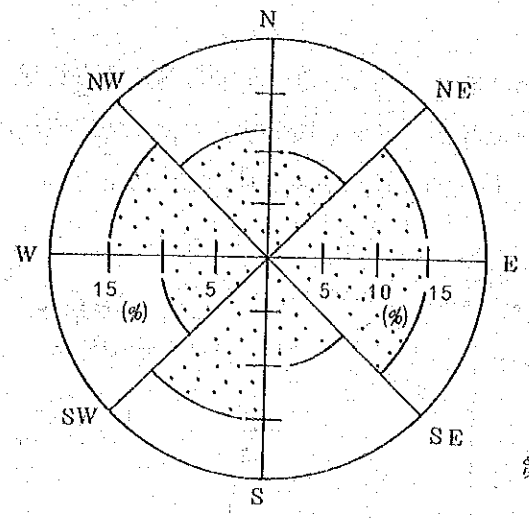
第７図　接木植物における乾物生産の比較
接穂の種類は第６図に同じ



第８図　接木植物における塊根の肥大
接穂の種類は第６図に同じ

ており、Adira －２では極めて少なかった。また塊根の乾物重は、Adira －１および在来品種台木の接木植物で Adira －２台木の接木植物よりまさっていた。塊根乾物率には接木植物間で大きな差異はみられないので塊根数によって塊根重に違いの生じていることがわかる。

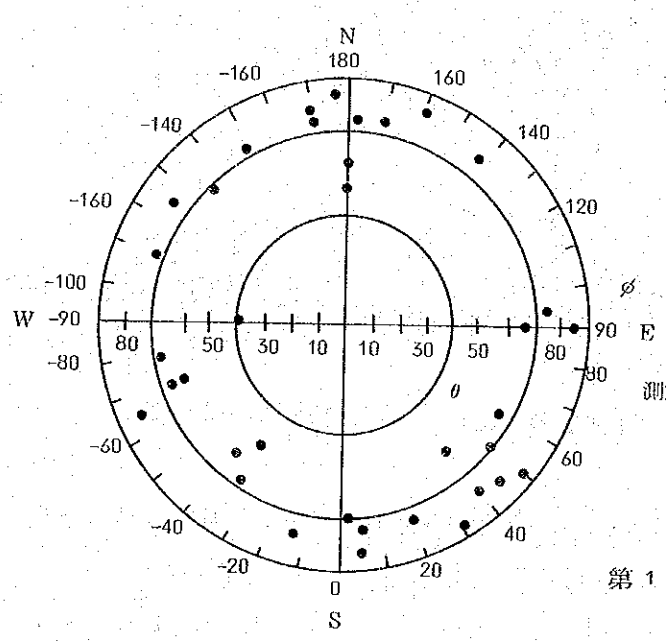
次に葉の調位運動についてふれる。第９図には葉身の展開を各方位別に示した。各方位ともほゞ等しい割合で葉身が伸長し展開していることがわかる。第１０図には、葉柄の伸長方位角と葉柄傾斜角を示した。葉柄の伸長展開している方位は、葉身の場合と同じく全方位にわたっている。葉柄傾斜角は、５０°以上の場合が多く、５０°以下の傾斜角の例は少なかった。第１１図には朝方を基点として時刻が経過した場合の葉柄の方位角および傾斜角を示した。傾斜角は、08:40～09:10 am の測定時よりも、さらに増している。太陽の高度の増加に伴い傾斜角は増加していることがわかる。



各値は全測定葉数に対する
方位別の展開割合を示す。
畦は東西方向に作成。

測定日：1983年3月5日

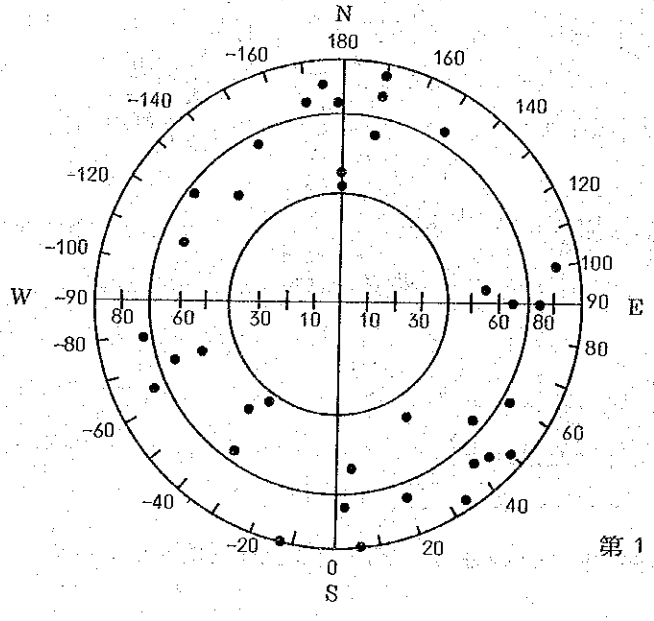
第9図　方位別にみた展開状態



φ：方位角
θ：傾斜角

測定日：1983年3月26日
08:40～09:10 am

第１０図　葉柄の方位角と傾斜角

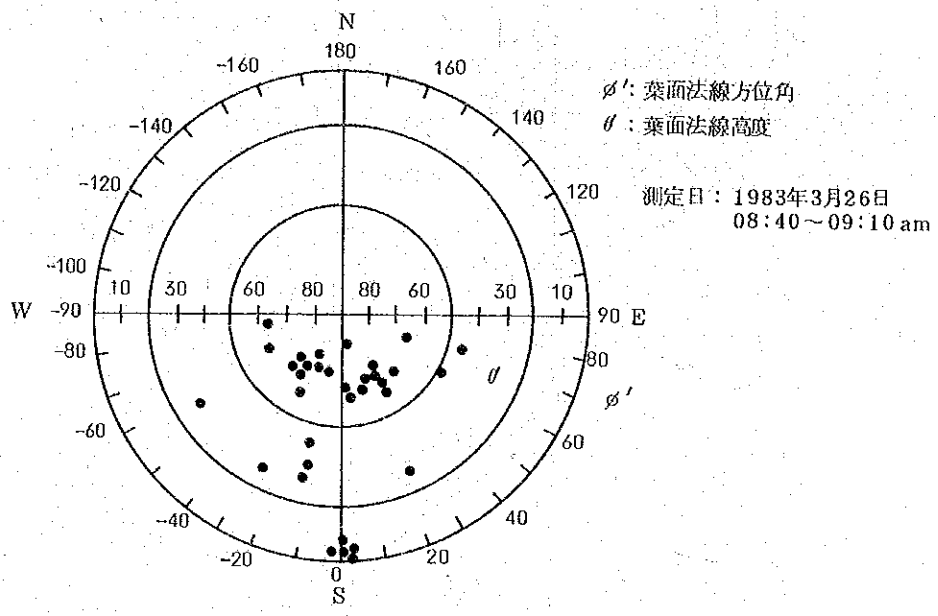


φ：方位角
θ：傾斜角

測定日：1983年3月26日
11:20～11:50 am

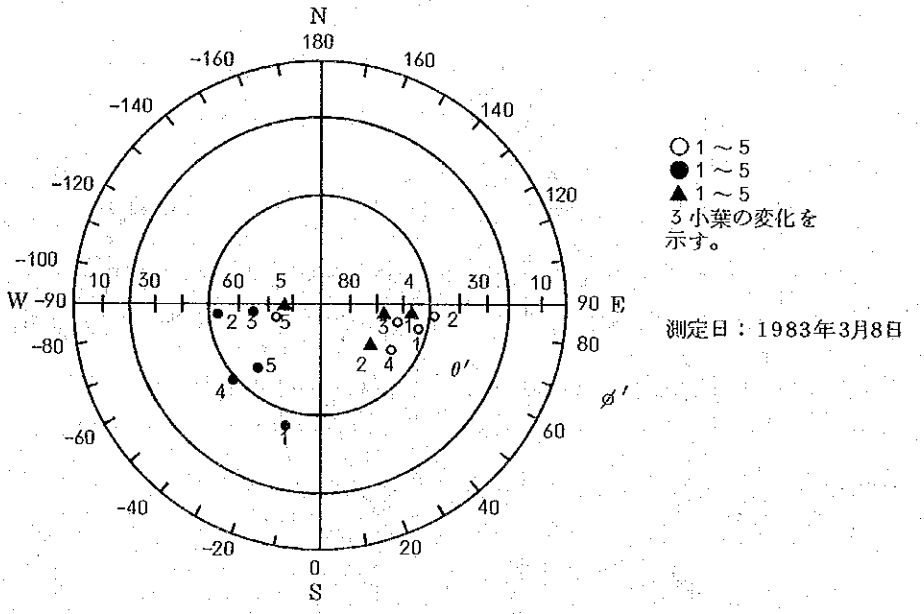
第１１図　葉柄の方位角と傾斜角

第１２図には、葉面法線の方位角と高度を示す。方位角は全て南側に集中しており、南側に関して東から西までに分布している。高度は５０°以上の場合が多く、葉面法線は南むきで、かつ傾斜は大きいことがわかる。



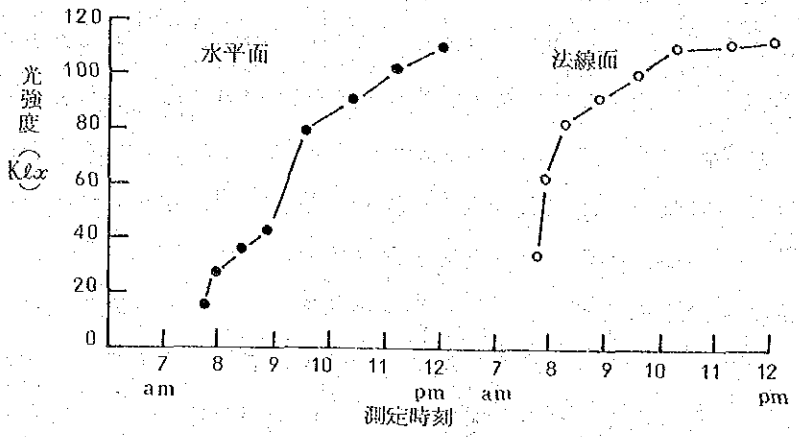
第１２図　葉面法線の方位角と高度

第１３図には、葉身のうち特定小葉法線の方位角ならびに高度の時刻による変り方を示した。各小葉とも時刻によって方位角ならびに高度とも変化しており、午後になると、方位角は南東から南西へ変る傾向がみられた。高度は、５０°以上の例が多く一定の傾向は認められなかった。



第１３図　小葉面法線の方位角と高度の経時的変化

葉の調位運動は、葉柄および小葉についてみられ、運動は方位角と高度の双方についておきている。太陽の動きは、東から西へおきているから、小葉の測定結果にみられるように調位は太陽の動きに同調していることがわかる。葉面法線は南面について認められるので太陽光の直射方向とは反対の法線方位であるといえる。



第１４図　太陽の光強度の日変化

第１４図には、照度の測定結果を示した。午前８時には、８０Klx（法線照度）に達しており、午前１０時には１００Klx（法線照度）を示した。

考　察

キャッサバの物質生産過程についてみると、葉身の生長ならびに茎の伸長の占める期間は短かく、塊根の肥大が進行している期間の長いことが認められた。葉面積の増加を伴いながら新梢の生長による草高の増加が認められたが、しかしＳＬＡ値はかんしょに比較すると低く、かつ草高の高いわりに葉面積指数は少なかった。茎の構造は、その中心柱は柔組織を主体として構成されており、灌木状の形態を示すが茎重量は低い値を示した。塊根の肥大が開始されると、茎葉からの物質の再転流も含めて塊根への物質分配率は高い値を示した。キャッサバにおいてはかんしょと比較すると、草高の高いわりに地上部重量の少ないことが一つの特徴といえる。そのため塊根生産速度は高く、かつ生産される乾物は、その６８％が継続的に塊根の肥大に用いられたこととなり、かんしょに比較すると、物質分配の上での効率は良いものと考えられる。またかんしょに比較すると、巨大な塊根が得易くなっているが、継続的に塊根へ光合成産物の転流し蓄積していること、ならびに茎への物質分配の少ないということが関係しているといえる。

接木植物による結果から、塊根の肥大性は台木品種の性質を示した。したがって塊根の肥大性は塊根固有の性質にもとづくといえる。また塊根乾物率および株当たりの塊根数は台木品種の性質として認められ、接穂品種の影響はうけなかった。塊根収量に関係する要因のうち、株当たり塊根数、乾物率、肥大性は品種の性質として改善の際とり扱うことができるといえる。塊根収量（株当たり）は、葉面積によって異ることが、　Adira　－２接穂／　Adira　－２台木の接木

植物で認められた。Adira－2は、晩期肥大性の品種であるので、葉面積指数の高いAdira－2の物質生産能力によって、Adira－1に比較するとより高い収量が得られたものと考えられる。早期肥大性の品種では、塊根収量は接穂の性質の影響をうけにくいが、晩期肥大性の品種では、肥大時期がおそくなるので接穂の影響をうけ易いものといえる。したがって晩期肥大型の品種では、地上部の葉面積、葉の寿命の影響が塊根収量に及び易いと考えられる。

葉の調位運動は、葉柄および小葉の双方の動きによって行われることがわかった。葉柄は葉身との接点、茎との接点の双方について短かい部分の組織が彎曲変形を起している。この彎曲変形は葉柄の水平および垂直の両立体方向に関する運動の起因になっていることが認められた。調位運動によって、下位葉身であっても上位葉身と受光態勢の上で、重なり合わないようになっており、受光態勢の面からみて、各葉身の受光量は調位運動によって調節されていると考えられる。

調位運動を葉面法線の方位角についてみると、南面を主としており北面はみられなかった。測定圃場は、南緯6°40'、東経106　45'の位置にあり、太陽の黄道は北側となっている。キャッサバ葉身は、太陽直達光を葉の表面に垂直に受けない恰好を呈していた。日本における大豆、ヒマワリ等の測定結果によると、いずれも葉面法線は南面を主としており、受光量を増す方向での調位となっている。今回測定のキャッサバでは直達光を葉身表面はさける態勢をとっていると考えられる。照度計による太陽光線の照度は、午前10時には、100klxを上まわっており、かなり太陽光線の光強度は高かったので、北半球・温帯圏において葉身調位運動の光合成作用に果す役割りと、南半球・熱帯圏での調位運動の果す役割りとは異るものと推察される。

前述した研究結果から、キャッサバの育種において物質生産的にみると葉身の寿命の長い品種を計画する必要がある。熱帯圏での日射エネルギーの強さ、葉身の調位運動、ならびに気温、地温と植物の生育とを考え合わすと、環境要因の面からは生育や塊根の肥大を抑制する要因は少ないといえる。耐旱性が強い作物とされているが、土壌水分の不足を来すと、落葉が著しく葉面積指数は低下し、物質生産は阻害されている。したがって、キャッサバ生存のための耐旱性なのであって、収量上は決して耐旱性をもちあわせている訳ではない。塊根への物質の分配率は高い作物であるから、少なくとも葉面積指数が2以上に維持されうるよう、耐旱性の面から改善することが望ましい。

栽培的には、インドネシアではムキバット・システムによって、接木植物利用は行われているので、長期間栽培を意図するなら、晩期肥大の台木と常緑型の接穂との組み合せによって多収をはかることが大切である。この栽培の場合、疎植とし、かつ養分の継続的供給上、株元へ堆肥を施用することが必要である。

Productive characters of cassava (*Manihot esculenta* Crantz)

by Yoshio Hozyo[1], Melina Megawati[2], and Wargiono Hadi[2]

Abstract

Plant production and potential productivity of cassava were investigated during the 1981 and 1982 growing seasons at Cikeumeuth station of Bogor Research Institute for Food Crops. Dry matter production and tuberous root growth were measured, and indices of plant production analyzed. The crop growth rate and net assimilation rate had high values in the active thickening and maturation growth stages. The orientation adjustment of the leaf blade was observed. This movement adjusted the reception of incident solar radiation throughout the day. Variations in the angle were described by the inclination, sub-inclination and direction angles. The potential productivity of cassava was analyzed using grafts combining scion and stock of two cultivars and one local variety. The potential productivity of the tuberous root was found to be independent of scion character. However, the scion was a secondary influence on tuber thickening if the stock was of a late tuber thickening type.

---

1) Plant Physiologist, JICA Colombo Plan Expert, Japan-Indonesia Joint Research Program, CRIFC.
Present address; National Institute of Agrobiological Resources, Kannondai, Yatabe, Tsukuba, Ibaraki, Japan.

2) Agronomist, BORIF.