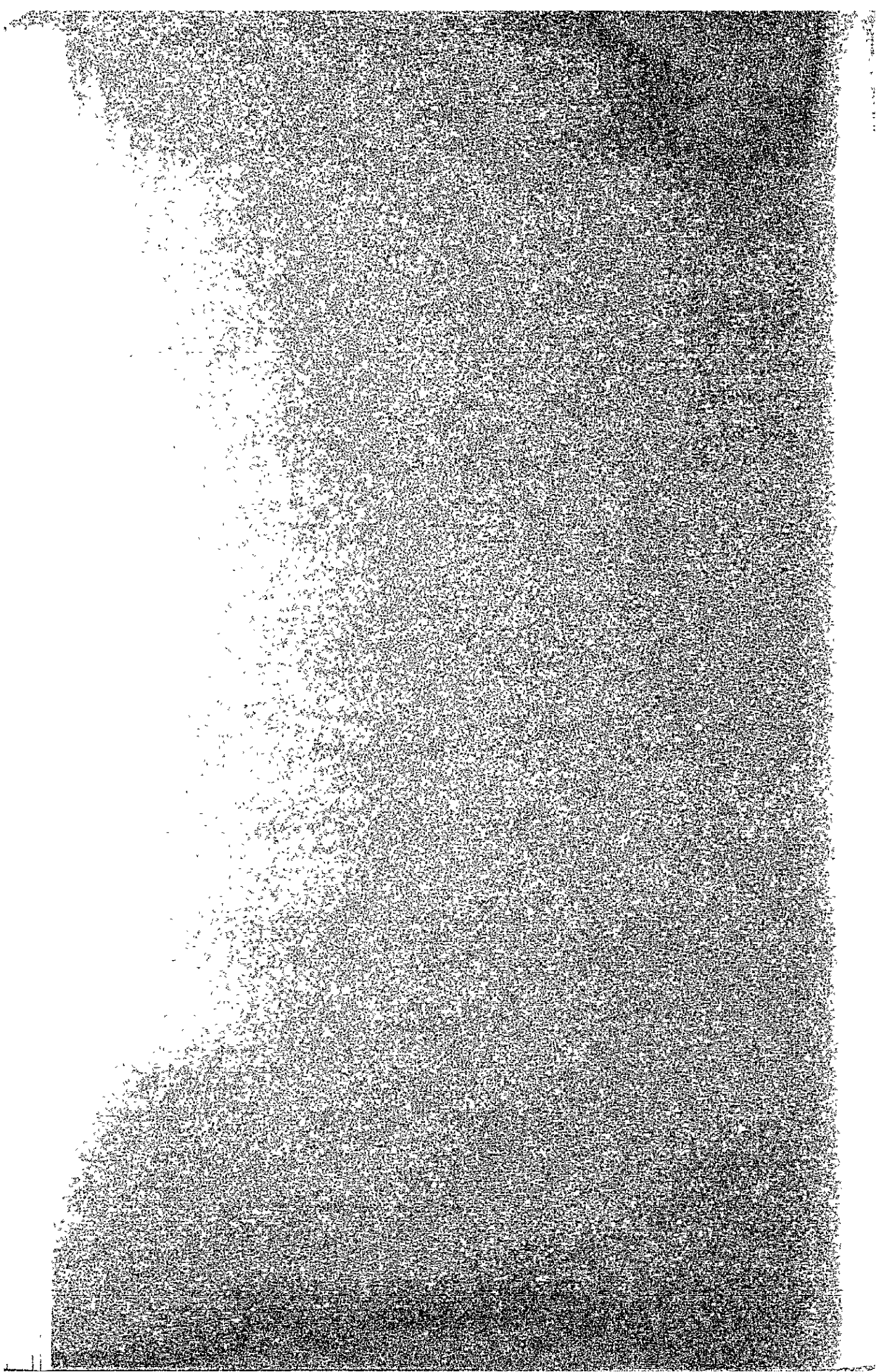


セラードにおける耕耘と播種方式がダイズ
の生産並びに土壤に及ぼす影響

池 盛 重 (作物栽培)



目 次

I 緒 言	2 2 5
II 試験方法	2 2 6
1 試験設計	2 2 6
(1) 試験実施の場所	2 2 6
(2) 試験区の構成及び配置	2 2 6
(3) 施肥設計	2 2 6
(4) 栽培管理	2 2 8
(5) 補足試験	2 2 9
2 試料の採取及び調査分析方法	2 2 9
(1) 作物の生育収量	2 2 9
(2) 作物体の化学組成	2 2 9
(3) 根量分布	2 2 9
(4) 根粒調査	2 3 0
(5) 土壌水分	2 3 0
(6) 土壌の物理性	2 3 0
(7) 土壌の化学性	2 3 0
III 試験結果	2 3 1
1 作物の生育、収量	2 3 1
(1) 第 3 作目	2 3 1
(2) 第 4 作目	2 3 2
(3) 第 5 作目	2 3 4
2 作物の生育過程における乾物生産量	2 3 6
3 作物養分の含有率と吸収量	2 3 7
4 根量分布及び根粒調査	2 4 0
5 Veranico 時における土壌水分の変動	2 4 2
6 補足実験 — 乾燥期における土壌水分の移行 —	2 4 6
7 収穫跡地土壌の物理性	2 4 8
8 収穫跡地における土壌硬度の垂直分布	2 5 2
9 土壌の化学性	2 5 4
IV 総合考察	2 5 6
V 結 論	2 6 3
VI 要 約	2 6 4

Ⅶ 文 献	2 6 5
Ⅷ 谢 辞	2 6 5

1 緒 言

セラード地帯における農業の安定的発展のためには、経営の低コスト化と土壌浸蝕の防止は必須条件の一つと思われる。経営面積の広大なセラードにおける農業では、圃場管理に大型の農業機械の利用は不可欠なものであるが、その作業能率を高め、利用回数を節減することは、経営の低コスト化、作付の合理化及び土壌の浸蝕防止の重要な手段となる。

作物種子の不耕起まきは、このような観点から重要な技術である。既に各種作物に対しいろいろの試験がなされ、実用技術も確立されてきた。³⁾ フランスにおいては、主にパラナ州の急傾斜地における土壌浸蝕防止技術としてつとに検討が加えられているが、ダイズの不耕起まきについても既に若干の研究が実施されている²⁾。

本研究は、ブラジル農業研究協力事業に派遣された第1次チームの岩田ら¹⁾によって開始された。すなわち、ダイズ-コムギの作付体系改良を目的として、不耕起まきによる作業の能率化と土壌の浸蝕防止を狙い、同時に開こん時の深耕とりん酸、加里の多量施用による深層までの土壌改良を実施し、作物根系の拡大を図り、雨季中の干ばつ(Veranico)による被害の軽減と、開こん初期よりの多収獲を目指した。

試験区はこれらの処理を組合わせて、対照区としての耕起まき、普通耕、慣行施肥の処理と比較した。岩田らは第2作までの試験を行ったあと帰国し、第2次チーム員として派遣された著者がこれを引継ぎ、第3作より第5作までの栽培試験を担当した。著者が担当した第3作からは、供試ダイズの品種は2種類とし、品種間差についても検討した。

本報告は第3作より第5作に至る結果をまとめたものであるが、本研究は担当者の帰国に伴い第5作をもって終了することになったので、考察には全試験期間の結果を踏まえて検討した。

II 試験方法

1. 試験設計

(1) 試験実施場所

セラード農牧研究センター内台地の原野を1978年10月開こんして試験圃場を造成し、11月からダイズを作付して、第1年目として試験を開始した。土壌は黄赤色ラトソル (Latossolo Vermelho Amarelo) である。

(2) 試験区の構成及び配置

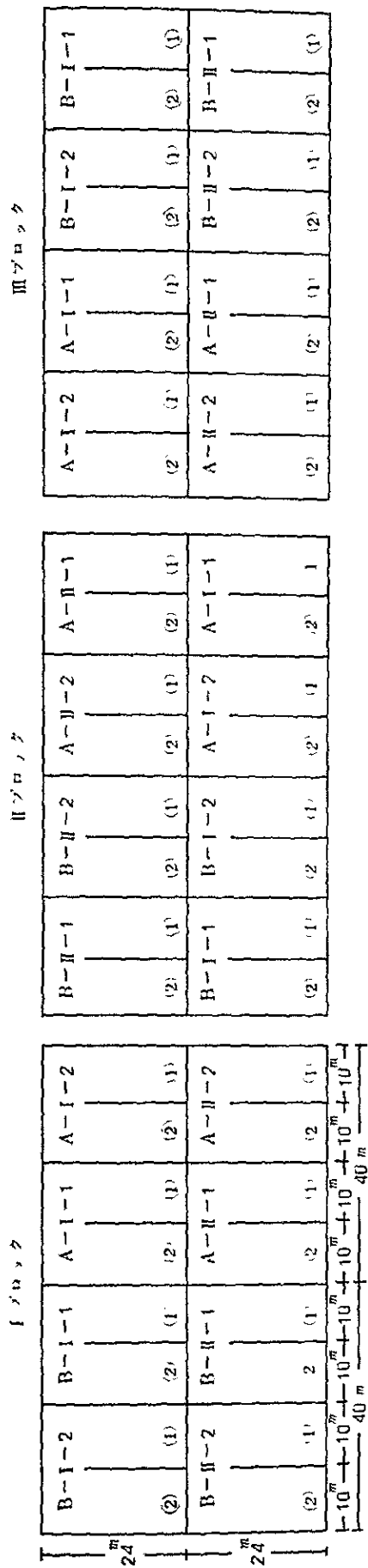
試験区の構成及び配置図は表-1、図-1に示した。

表-1 試験区の構成

P, K肥料 の施用法	耕耘方法	播種法	供試ダイズの品種		
			1980年	1981年	1982年
開こん時 多施系列	普通耕 (耕深 20cm)	耕起まき	① DoKo	① Numbaira	① Numbaira
			② Cristalina	② Cristalina	② Cristalina
"	" (")	不耕起まき	① DoKo	① Numbaira	① Numbaira
			② Cristalina	② Cristalina	② Cristalina
"	深耕 (耕深 30cm)	耕起まき	① DoKo	① Numbaira	① Numbaira
			② Cristalina	② Cristalina	② Cristalina
"	" "	不耕起まき	① DoKo	① Numbaira	① Numbaira
			② Cristalina	② Cristalina	② Cristalina
慣行 施用系列	普通耕 (耕深 20cm)	耕起まき	① DoKo	① Numbaira	① Numbaira
			② Cristalina	② Cristalina	② Cristalina
"	" "	不耕起まき	① DoKo	① Numbaira	① Numbaira
			② Cristalina	② Cristalina	② Cristalina
"	深耕 (耕深 30cm)	耕起まき	① DoKo	① Numbaira	① Numbaira
			② Cristalina	② Cristalina	② Cristalina
"	" "	不耕起まき	① DoKo	① Numbaira	① Numbaira
			② Cristalina	② Cristalina	② Cristalina

(3) 施肥設計

施肥設計は表-2に示した。すなわち、開こん時の土壌改良用にりん酸(P)加里(K)は多量に施用し、あと肥料として少量づつ補うA.(開こん時多施)系列と、開こん時の土壌改良用資材としてのP, Kの施用は行なわず、毎年の施肥をA系列よりも多くしたB.(慣行施用)系列を設けた。



配区図の記号
説明

P, K 肥料の施用法 (A, B)

耕耘方法 (I, II)

品種 (1, 2)

I. 普通耕 (耕深 20 cm)

II. 深 耕 (耕深 30 cm)

I. 普通耕 (耕深 20 cm)

II. 深 耕 (耕深 30 cm)

A. 開とん時多施系列

B. 慣行施用系列

- 1 耕起まき (1)
- 2 不耕起まき (2)
- 1 耕起まき (1)
- 2 不耕起まき (2)
- 1 耕起まき (1)
- 2 不耕起まき (2)
- 1 耕起まき (1)
- 2 不耕起まき (2)
- 1 耕起まき (1)
- 2 不耕起まき (2)
- 1 耕起まき (1)
- 2 不耕起まき (2)

図 1 試験区の配置図

A, B 兩系列ともりん酸、加里の5ヶ年間に投入される施用量は同じで、 P_2O_5 で700kg/ha, K_2O で350kg/ha である。これ以外に全処理区共通として開こん時に苦土石灰2.5 ton/ha を全処理区に全面散布施用し、また毎年播種時は尿素10kgN/ha とFTE-BR-12を50kg/ha を条肥した。

表-2 施肥設計 kg/ha ※

施用法	肥料成分	開こん時	年次					計
			1 (1978年)	2 (1979年)	3 (1980年)	4 (1981年)	5 (1982年)	
A. 開こん時 多施系列	P_2O_5	400kg	60	60	60	60	60	700
"	K_2O	100kg	50	50	50	50	50	350
B. 慣行 施用系列	P_2O_5	0kg	140	140	140	140	140	700
"	K_2O	0kg	70	70	70	70	70	350

※成分量 窒素は各区共通で、毎年10kgN/ha を施用した。

表-3 各年次の播種期、発芽期

年次	農業年	播種期	発芽期	収穫期
3年目 1980年	11/80~05/81	28/11/80	03/12/80	06/05/81
4年目 1981年	11/81~05/82	01/12/81	06/12/81	08/05/82
5年目 1982年	11/82~05/83	26/11/82	04/12/82	27/04/83

(4) 栽培管理

各年次における播種時期、発芽期、収穫期は表-3に示したが、播種期の約10日程前に不耕起まき区は除草剤(グラモキソン)を散布し、耕起まき区はすべて普通耕し、その後テスクハローで碎土整地を行った。

播種は施肥播種機を使用し、不耕起まき区は不耕起まき用のもの、耕起まき区は一般的ものを使用して行った。

畦巾は50cmとし、条播で品種の相違によって種子の粒径が異なるために播種量は1m当たりCristalinaで36粒、DoKoで30粒、Numbairaで28粒程度であった。

中耕除草は一般的に余り行なわれないようであるが試験圃場については1月中旬頃部分的

に目立った大草のみ人力によって抜取った。

害虫防除は2月下旬から3月上旬にかけてラカルタの発生を多少見た時点でスミチオン溶液を1～2回散布した程度である

(5) 補足試験

乾燥期における普通耕、深耕の作土層の土壌水分の動きを見るために試験圃場の隣接地に下記のような処理を施したモデル的な試験区を設置して、一定量の水を灌水し、地下10 cm 20 cmに埋設したテンションメーターで土壌水分の移行状況を調査した。

A. 地表5 cm攪拌処理区

B. 普通耕(20 cm耕起)処理区

C. 深耕(40 cm耕起)処理区

1区9 m²(3 m×3 m)、テンションメーターは3本ずつ埋設した。

調査時期は1981年8月中旬から9月上旬にかけての乾燥期に実施した。

2 試料の採取及び調査分析方法

(1) 作物の生育収量

草丈の伸長度は各区発芽状況を見て、ほぼ均一と見られる箇所を予め設定し、その部分から時期別に20個体測定して平均値をとった。収量は各区10 m²(2 m×5 m)収穫適期に人力で刈取り脱穀、調整後計量を行い、直ちに子実水分を測定して子実重量の補正を行った。

(2) 作物体の化学組成

タイズの生育過程における乾物生産量と養分吸収量を検討するために実施した。すなわち開こん時P、K多肥系列Iブロックの各処理区より草丈の伸長度を測定すべく予め設定した箇所から発芽後30日目より20日に毎に20個体を抜取り、水洗して土砂を除去し、水切り後送風乾燥機で乾燥後、乾物量を測定した。検用品種はNumbairaとCristalinaである。

植物体の養分含有率は風乾后粉砕してN、P、K、Ca、Mgの分析に供した。分析方法はNをケルダール法、P、K、Ca、MgはH₂SO₄及びH₂O₂処理后蛍光光度法並びに原子吸光光度法によって測定した。

(3) 根量分布

土層中におけるタイズの根量分布状況を知るために品種DoKoについて開こん時P、K多肥のA系列における各処理区についてのみ調査を行った。

調査法としてはモノリス根系調査板を利用して、タイズ収穫跡地において刈株が3株入るように選定し、巾50 cm×奥行20 cm×深さ10 cm毎に抜き取り、篩の上で水洗いして根系を取り出し、乾燥して乾物重として測定した。測定値は3ブロックの平均値を示した。

(4) 根粒調査

1983年2月、第5作目のダイズ根に付着している根粒の量を調べた。すなわち、第1ブロックの各処理区につき、各区当り1ヶ所、3株の個体を、土中の深さ30cmより掘取り、根部を篩上で水洗し土砂を除き、付着している根粒を採取、その数と乾物重を測定した。1区3ヶ所の平均値を示した。

(5) 土壌水分

土壌水分の調査については、タイズの生育期間中に1ブロックのA系列において普通耕の耕起まき、不耕起まき並びに深耕の耕起まき、不耕起まき各処理区に寺田式テンションメーターを深さ10cm、30cm、50cmの中に各2〜3本ずつ埋設設置して測定した。また必要に応じて100ccの管にて採土し、重量法によって土壌水分の測定も行った。

(6) 土壌の物理性

土壌の物理性については試験圃場のタイズ畦間から土壌中の深さ50cmまで10cmごとに5層の試料を重量法による土壌水分及び実容積測定装置で土壌の3相をまた土壌水分のPFは遠心法により測定した。

(7) 土壌の化学性

土壌の化学性についてはタイズ収獲跡地において、畦を中心にした50cm幅の土壌を0〜10cm、10〜20cm、20〜30cmの深度別に採土し、風乾后PHは容積比1:1の割合で水浸したものについて測定し、置換性AlはN-Kel溶液で浸出した浸出液をブロムチモールフルを指示薬としてNaOH溶液で滴定した。

置換性のCa、Mgは炎光光度法で、可給態Pはメーリソヒ法により、全窒素はケールダール法でそれぞれ測定した。

Ⅲ 試 験 結 果

1. 作物の生育、収量

ii) 第3作目(1980年11月～1981年5月)

播種時期、発芽期及びその後の初期生育等は天候に恵まれ順調に経過した。発芽状況は各処理区を通じ耕起まきが不耕起まきに比して優っており、品種間ではCristalinaよりもDoKoの方が良好であった。

生育状況は発芽後の初期生育では各処理間の差は少ないが全般的に土壤改良用として、開こん時にP, K肥料を多施したA系列が、慣行施用したB系列よりも両品種共草丈の伸長が良好な傾向が見られた。発芽後50日目頃から各処理間に差が認められたが、両品種共普通耕と深耕の違いによる影響は余り明らかでなく、播種方式の差は著しく、耕起まきの方が草丈の伸長で10cm～15cm程度良好であった。しかし今年はタイズの開花開始前の2月上旬から3月上旬まで約1ヶ月間降雨は殆んどなく、雨季の中の小乾季いわゆる“ベラニコ”(Veranico)の到来があった。このためタイズは開花期に干ばつの影響を強く受け、生育も殆んど停滞気味であった。

さらに3月中旬頃になって害虫(ラカルタ)の被害も見られ、全般的に生産量は著しく低かった。

表-4 タイズの生育、収量 (1981年5月)

品 種	DoKo			Cristalina			
	処 理	草 丈	最1着莢高	子実収量	草 丈	最下着莢高	子実収量
		cm	cm	kg/ha	cm	cm	kg/ha
A. 開こん時多施系列							
1	普通耕 耕起まき	79	30	1750	70	21	1213
2	“ 不耕起まき	63	23	1510	54	16	1497
3	深耕 耕起まき	83	35	1837	66	18	1490
4	“ 不耕起まき	68	26	1663	60	14	1487
B. 慣行施用系列							
5	普通耕 耕起まき	88	38	1633	71	20	1363
6	“ 不耕起まき	67	30	1454	60	16	1440
7	深耕 耕起まき	83	38	1847	70	17	1503
8	“ 不耕起まき	67	29	1657	59	16	1580

表-5 子実収量(1981)分散分析表

要 因	自由度	分 散	F 値	PR > F
反 覆 (R)	2	11592508	219	0.31
改良資材(開こん時多施、慣行)(A)	1	16875	0.00	0.96
A × R	2	5295625		
耕耘方式(普通耕、深耕)(B)	1	27150204	289	0.16
A × B	1	676875	0.07	0.80
A × B × R	4	9407917		
耕起有無、耕起、不耕起(C)	1	2296875	0.61	0.45
A × C	1	130208	0.03	0.86
B × C	1	991875	0.26	0.62
A × B × C	1	826875	0.22	0.65
A × S × C × R	8	3787083		
品種 DoKo, Cristalina (D)	1	59185208	20.32	0.0004**
A × D	1	2566875	0.88	0.36
B × D	1	226875	0.08	0.78
A × B × D	1	500208	0.17	0.68
C × D	1	27755208	9.53	0.01 **
A × C × D	1	541874	0.19	0.67
B × C × D	1	2210208	0.76	0.40
A × B × C × D	1	2475208	0.85	0.37
A × B × C × D × R	16	2912709		

(注) * 5%水準で有意差、** 1%水準で有意差)

子実収量は表-4及びその分散分析表を表-5に示した。品種間では各処理区共DoKoの方がCristalinaよりも15%前後の増収し、分散分析でも1%水準で有意差であった。

開こん時のP、K肥料多施の影響は殆んど見られなかったが、播種方式の違いは明らかで品種DoKoでは不耕起まきの方が耕起まきに比して10%前後の減収した。しかしCristalinaではほぼ同等または不耕起まきの方がやや優る傾向を示し、分散分析でも耕起の有無と品種間に1%水準で有意差があった。

深耕の効果は耕起まき、不耕起まきも約10%の増収が見られた。

(2) 第4作目(1981年11月~1982年5月)

第3作目に供試した品種のうちDoKoの種子入手が困難なためこの品種をNumbairaに変更した。また播種時にⅡブロック及びⅢブロックで播種機の不調のため肥料の落下量と種子の播種量が部分的に不均一になったので、一部追肥、補播を人力で行った。

前年同様播種後の発芽状況は良好で各処理区共順調に生育した。生育状況は各処理間に初期生育には余り差が見られなかったが、発芽後5日目頃から差が認められた。すなわち、耕起まきの方が不耕起まきよりも明らかに両品種共良好な生育を示し、また普通耕よりも深耕の方が全般に生育は優る傾向が見られた。

今年は2月上旬に多少乾燥の傾向が見られた程度で適当に降雨もあり、開花期以降も極めて順調に生育し、害虫の被害も殆んどなく、5月上旬に刈取りを行った。

収量については表-6に、その分散分析を表-7にした。

表-6 タイヌの生育、収量(1982年5月)

品 種	Numbaira			Cristalina		
	草丈	最上葉葉高	干実収量	草丈	最上葉葉高	干実収量
処 理	cm	cm	kg/ha	cm	cm	kg/ha
A. 開こん時多施肥系						
1 普通耕 耕起まき	101	20	3421	96	16	3306
2 " 不耕起まき	95	24	2956	76	18	2698
3 深耕 耕起まき	111	15	3754	99	15	3469
4 " 不耕起まき	98	23	2877	90	15	2799
B. 慣行施用系列						
5 普通耕 耕起まき	104	24	3465	102	17	3378
6 " 不耕起まき	98	22	3276	76	19	2969
7 深耕 耕起まき	110	20	3569	99	16	3329
8 " 不耕起まき	95	24	2938	83	24	2779

表-7 子実収量(1982)分散分析表

変 因	自由度	分 散	F 値	PR>F
反 覆 (R)	2	38663758	053	0.65
改良資材(開こん時多施、慣行)(A)	1	4362102	006	0.83
A×R	2	73326608		
耕耘方式(普通耕、深耕)(B)	1	109252	0.02	0.89
A×B	1	16228502	280	0.16
A×B×R	4	5744033		
耕起有無、耕起、不耕起(C)	1	382074602	16.45	0.003 **
A×C	1	15243802	0.66	0.44
B×C	1	26033802	112	0.32
A×B×C	1	43802	0.00	0.96
A×B×C×R	8	23265008		
品種、Numbaira Cristalira (D)	1	37188802	750	0.01 **
A×D	1	262552	0.05	0.82
B×D	1	296102	0.06	0.81
A×B×D	1	109252	0.02	0.88
C×D	1	34668	0.01	0.93
A×C×D	1	1283802	0.26	0.61
B×C×D	1	11126502	224	0.15
A×B×C×D	1	222768	0.04	0.83
A×B×C×D×R	16	4959312		

(注) * 5%水準で有意差、** 1%水準で有意差

品種間ではNumbairaかCristalinaに比して6%程度増収を示し、ペラニコにも合わずに順調に生育したため全般に高い収量を示して平均3,000kg/ha～3,300kg/haであった。

播種方式の違いは耕起まきの方が不耕起まきに比して15%前後の増収となり、分散分析でも1%水準で有意差が認められた。

普通耕と深耕との間及び開こん時P、K肥料多施の影響は両品種とも殆んど認められなかった。

(3) 第5作目(1982年11月～1983年5月)

第4作目同様NumbairaとCristalinaの両品種を供試した。播種后多少乾燥気味のため発芽が3日～4日遅れたが、発芽状況は良好で品種間及び処理間には差が見られなかった。その後の生育もほぼ順調に経過し、開花期前後の乾燥や害虫の被害もなく4月下旬に刈取りを行った。

収量については表-8にその分散分析を表-9に示した。

表-8 タイスの生育、収量(1983年5月)

品 種	Numbaira			Cristalina		
	草丈	最上着莖高	子実収量	草丈	最上着莖高	子実収量
処 理	cm	cm	kg/ha	cm	cm	kg/ha
A. 開こん時多施系列						
1 普通耕 耕起まき	88	24	3,500	77	20	3,075
2 " 不耕起まき	72	22	3,198	67	18	2,514
3 深 耕 耕起まき	94	27	3,489	69	13	3,255
4 " 不耕起まき	72	18	2,746	80	18	2,247
B 慣行施用系列						
1 普通耕 耕起まき	89	25	3,673	86	17	3,314
2 " 不耕起まき	78	23	2,994	65	13	2,937
3 深 耕 耕起まき	88	24	3,611	85	13	2,848
4 " 不耕起まき	85	27	3,565	69	15	2,852

表-9 子実収量(1983)分散分析表

	自由度	分 散	F 値	PR > F
反 復 (W)	2	257530433	256	0.28
改良資材(開こん時多施、慣行) (W)	1	59118602	0.59	0.52
A × R	2	100690508		
耕耘方式: 普通耕、深耕 (B)	1	6475352	0.34	0.59
A × B	1	4934418	0.26	0.63
A × B × R	4	19128116		
耕起有無 耕起、不耕起 (C)	1	259516502	493	0.05+
A × C	1	42733002	0.81	0.39
B × C	1	268502	0.01	0.94
A × B × C	1	67331718	1.28	0.29
A × B × C × R	8	52589956		
品種(Numbaira Cristalina) (D)	1	260540602	2123	0.0003**+
A × D	1	36852	0.00	0.95
B × D	1	8627552	0.70	0.41
A × B × D	1	38395518	3.13	0.09
C × D	1	583002	0.05	0.83
A × C × D	1	14181002	1.16	0.29
B × C × D	1	1296918	0.11	0.74
A × B × C × D	1	1200168	0.10	0.75
A × B × C × D × R	16	12271220		

(註 + 5%水準で有意差, ** 1%水準で有意差)

両品種間では各処理区共Cristalinaに比してNumbairaが高い収量を示し、平均値で16%前後の増収が見られ、分散分析でも1%水準で有意差が認められた。

播種方式の違いは両品種共耕起まきが不耕起まきに比して良好な結果が見られ、分散分析でも5%水準で有意差が認められた。

普通耕と深耕の間では品種Numbairaでは差なくCristalinaでは深耕区がやや劣る傾向にあった。

開こん時のP, K肥料多施については両品種とも慣行施用系列の方が子実収量は7~8%優る結果を示した。

2. 作物生育過程における乾物生産量

耕起まき及び不耕起まきにおけるタイズの生育過程を検討するために、第4年目の試験で開こん時P, K多肥系列の発芽後約30日より収穫期に至る乾物重の推移を測定した。その結果を表-10に示した。

表-10 タイズの生育過程における地上部の乾物生産量(乾物重/個体)

品 種		Cristalina									
月 日		7/I	28/I	16/II	9/III	30/III		16/IV		8/V	
処 理		茎 葉	茎 葉	茎 葉	茎 葉	茎 葉	莢	茎 葉	莢	茎 葉	莢
1	普通耕耕起まき	155	535	995	1410	2000	1070	1545	1670	625	900
2	普通耕不耕起まき	105	355	590	1190	1110	600	485	1400	789	811
3	深 耕耕起まき	175	360	960	1490	1568	822	1695	1555	714	856
4	深 耕不耕起まき	130	360	670	1300	1785	860	1125	1425	1093	962

品 種		Numbaira									
月 日		7/I	28/I	16/II	9/III	30/III		16/IV		8/V	
処 理		茎 葉	茎 葉	茎 葉	茎 葉	茎 葉	莢	茎 葉	莢	茎 葉	莢
	普通耕・耕起まき	145	570	900	1810	1183	767	1200	1720	625	835
	普通耕・不耕起まき	105	260	545	790	1055	795	754	1191	769	831
	深 耕・耕起まき	175	490	830	1890	1383	847	1568	1662	641	849
	深 耕 不耕起まき	150	335	725	1400	1690	540	963	1257	895	600

開こん時P, K多肥系列(1982)

開花始は2月6日であり、開花後の乾物生産量は著しく増加し、結実期以降葉身、葉柄の枯死脱落により収穫期には減少した。

乾物生産傾向に品種間の差は殆んどなかったが、播種方式の違いは明らかで耕起まきが何れも優っていた。

3 作物養分の含有率と吸収量

ダイズのN, P, K, Ca, Mgの含有率と吸収量の上記生育過程における推移を調べたが、これらの変化は乾物生産量に最も強く影響されているようであった。処理間の差異が最も大きかった普通耕-耕起まき区と深耕-不耕起まき区の値のみを表11~15に示した。

N: N濃度は表11に示すように、Cristalinaの茎葉では生育初期より収穫期近くまで、深耕-不耕起まき区の方が高い値を示したが、その後は4月16日以降、普通耕-耕起まき区の方が高い値となった。Numbairaでは終始深耕-不耕起まき区が低い値を示した。

N吸収量は両品種とも深耕-不耕起まき区が低い値を示し、茎葉生産量が最高の4月16日における値と比較すると、以下他の成分の場合も同じく、普通耕-耕起まき区の吸収量に比べCristalinaで73%、Numbaira63%に過ぎなかった。

P: P濃度と吸収量に関しては表12に示した。

CristalinaではP濃度には処理間の差は殆んどなかったが、吸収量については7月下旬より明らかに深耕-不耕起まき区が劣った。NumbairaではP濃度、吸収量ともに、生育初期より終期まで終始深耕-不耕起まき区は低い値を示した。不耕起まき区の吸収量の普通耕-耕起まき区の値に対する指数はCristalinaで61、Numbaira57%と測定成分中最も低下の程度は大きかった。

K: K濃度と吸収量については表13に示した。

K濃度はCristalinaでは深耕-不耕起まき区の方が終始高い値を示したが、Numbairaでは生育時期により両処理区の関係は異なった。K吸収量は両品種とも深耕-不耕起まき区は劣り、普通耕-耕起まき区の86及び89%であった。

Ca: Ca濃度と吸収量については表14に示した。

Ca濃度は、Cristalinaでは不耕起まき区の方が生育初期低く後期にやゝ高くなる傾向にあったが、Numbairaでは両処理区間の差も少なく、かつ一定の傾向を認めなかった。

Ca吸収量は両品種とも不耕起まき区が劣り耕起まき区の75及び81%に低下した。

表-11 タイズの生育過程におけるN含有率及び吸収量(吸収量mg/個体)1982年

品 種	処 理	項 目 部 位	7/1		28/1		16/II		9/III		30/III		16/IV		8/V	
			茎 葉	茎 葉	茎 葉	茎 葉	茎 葉	莢	茎 葉	莢	茎 葉	莢	茎 葉	莢		
Cristalina	普通耕	含有率%	295	329	355	259	140	308	123	511	0.64	616				
	耕起まき	吸収量mg	45	176	353	365	280	329	190	853	40	554				
	深 耕	含有率	342	282	375	317	196	372	151	412	0.64	564				
	不耕起まき	吸収量	44	101	251	412	350	320	170	587	7.0	543				
Numbaira	普通耕	含有率	383	585	452	272	262	430	125	420	112	572				
	耕起まき	吸収量	56	219	407	492	310	330	150	722	70	478				
	深 耕	含有率	375	283	421	250	213	321	083	376	0.67	597				
	不耕起まき	吸収量	56	95	305	350	360	173	80	473	60	358				

表-12 タイズの生育過程におけるP含有率および吸収量(吸収量mg/個体)1982年

品 種	処 理	項 目 部 位	7/1		28/1		16/II		9/III		30/III		16/IV		8/V	
			茎 葉	茎 葉	茎 葉	茎 葉	茎 葉	莢	茎 葉	莢	茎 葉	莢	茎 葉	莢		
Cristalina	普通耕	含有率%	0.19	0.24	0.34	0.17	0.12	0.29	0.13	0.37	0.05	0.33				
	耕起まき	吸収量mg	0.3	1.3	3.4	2.4	2.4	3.1	2.0	6.2	3.1	3.0				
	深 耕	含有率	0.20	0.29	0.27	0.20	0.12	0.31	0.11	0.27	0.05	0.33				
	不耕起まき	吸収量	0.3	1.0	1.8	2.6	2.1	2.7	1.2	3.8	5.5	2.0				
Numbaira	普通耕	含有率	0.30	0.23	0.33	0.24	0.16	0.33	0.12	0.28	0.07	0.30				
	耕起まき	吸収量	0.5	1.3	3.0	4.3	1.9	2.6	1.5	4.8	4.4	2.5				
	深 耕	含有率	0.25	0.21	0.28	0.17	0.11	0.25	0.07	0.24	0.05	0.27				
	不耕起まき	吸収量	0.4	0.7	2.0	2.4	1.8	2.4	0.6	3.0	4.5	1.3				

表-13 タイズの生育過程におけるK含有率および吸収量(吸収量mg/個体)1982年

品種	月日		7/1	28/1	16/II	9/III	30/III		16/IV		8/V	
	処理	項目部位	茎葉	茎葉	茎葉	茎葉	茎葉	莢	茎葉	莢	茎葉	莢
Cristalina	普通耕	含有率%	274	239	200	110	088	191	037	191	079	193
	耕起まき	吸収量mg	42	128	199	155	176	204	57	319	49	174
	深耕	含有率	294	243	216	132	102	234	049	188	116	183
	不耕起まき	吸収量	38	87	145	172	182	201	55	268	127	176
Numbaira	普通耕	含有率	263	277	161	170	071	202	074	177	092	165
	耕起まき	吸収量	38	158	145	308	84	155	89	304	59	136
	深耕	含有率	227	293	188	161	131	228	064	201	112	173
	不耕起まき	含有率	54	98	136	225	221	123	62	253	100	104

表-14 タイズの生育過程におけるCa含有率および吸収量(吸収量/個体)1982年

品種	月日		7/1	28/1	16/II	9/III	30/III		16/IV		8/V	
	処理	項目部位	茎葉	茎葉	茎葉	茎葉	茎葉	莢	茎葉	莢	茎葉	莢
Cristalina	普通耕	含有率%	112	096	104	104	078	035	146	035	046	014
	耕起まき	吸収量mg	17	51	103	147	156	37	225	58	29	13
	深耕	含有率	097	085	096	112	088	040	133	044	067	021
	不耕起まき	吸収量	12	31	63	146	157	34	150	63	73	20
Numbaira	普通耕	含有率	129	105	122	124	140	034	085	050	052	022
	耕起まき	吸収量	19	60	110	224	166	09	222	86	83	18
	深耕	含有率	112	105	114	096	099	063	086	055	083	023
	不耕起まき	吸収量	17	35	83	134	167	34	83	69	74	14

表-15 タイズの生育過程におけるMg含有率および吸収量（吸収量mg/個体）1982年

品 種	処 理	月日 項 目 部 位	7/1	28/1	16/II	9/III	30/III		16/IV		8/V	
			茎葉	茎葉	茎葉	茎葉	茎葉	莢	茎葉	莢	茎葉	莢
Cristalina	普通耕	含有率%	0.39	0.44	0.49	0.43	0.51	0.39	0.79	0.42	0.47	0.22
	耕起まき	吸収量mg	0.6	2.4	4.9	6.1	10.2	4.2	12.2	7.0	2.9	2.1
	深耕	含有率	0.41	0.41	0.39	0.37	0.41	0.46	0.64	0.46	0.68	0.21
	不耕起まき	吸収量	0.5	1.5	2.6	4.8	7.3	4.0	7.2	6.6	7.4	2.1
Numbaira	普通耕	含有率	0.50	0.52	0.58	0.67	0.89	0.41	0.96	0.50	0.60	0.22
	耕起まき	吸収量	0.8	3.0	5.2	12.1	10.5	3.2	11.5	8.6	3.8	1.8
	深耕	含有率	0.48	0.48	0.43	0.42	0.42	0.54	0.51	0.57	0.69	0.20
	不耕起まき	吸収量	0.7	1.6	3.1	5.9	7.1	2.9	4.9	7.2	5.3	1.3

Mg：Mg濃度と吸収量については表15に示した。

Mg濃度については、両品種とも不耕起まき区がやや低い値で推移したが処理区間の差は僅少であった。吸収量も不耕起まき区が低く耕起まき区の72及び60%であった。

以上のように成分濃度はその種類とタイズ品種及び生育時期により、不耕起まきと耕起まきとの間の関係には必ずしも一定の傾向はなかった。しかし吸収量では、両品種及びほとんどの生育時期で不耕起まき区が耕起まき区より低い値を示した。特にその差はNとPで大きかったNumbairaでは、Mgの吸収量においても不耕起まきの影響は大きかった。

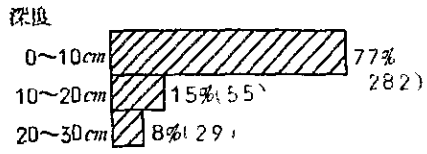
なおNumbairaは表6と8に見るように子実生産量はCristalinaよりやや高い結果を示したが、各種養分の吸収量はCristalinaより低く、吸収養分当りの子実生産効率はかなり高い品種と云える。

4. 根量分布及び根粒調査

調査事例は品種DoKoで、第3作の干ばつ来襲時のものである。まず不耕起まきの影響を見ると、全根量は耕起まき区より多いか、その分布は深さ0~10cmの浅層に集中し、10cm以下の深層に少ない傾向が認められた。このような根の分布傾向は後述の土壌における可給態りん酸の表層集積とも関連するものと思われる。

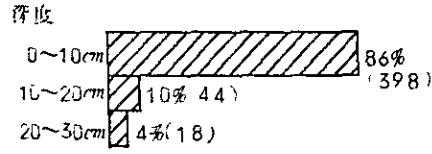
深耕の効果は耕起まき区、不耕起まき区ともに全根重を増加させたが、土層中の根群分布パターンには普通耕との間に差は認めがたく、深耕区の方が特に10cm以下の根量を増加させるような傾向は認められなかった。

○普通耕+耕起まき



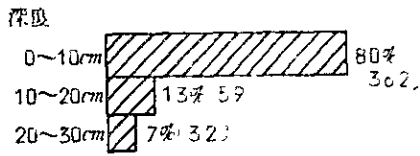
全量 366mg (100%)

○普通耕+不耕起まき



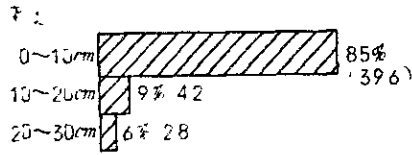
全量 439mg (120%)

○深耕+耕起まき



全量 453mg (124%)

○深耕+不耕起まき



全量 466mg (127%)

() : 乾物重量mg

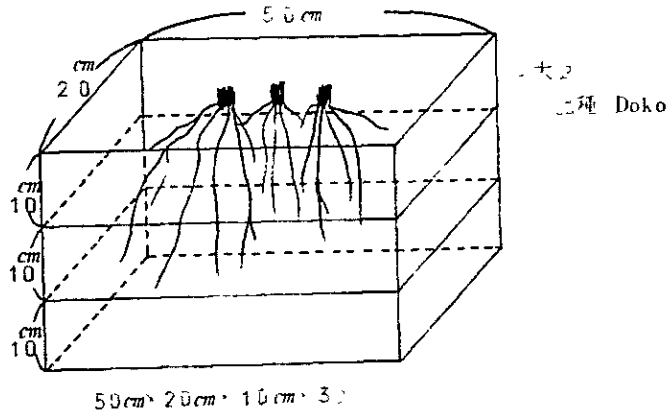


図-2 根の深さの分布 1981年5月

表-16 付着根粒量※

処 理		個 数	乾物重
普通耕	耕起まき	142	1.17 ^g
	不耕起まき	102	0.68
深耕	耕起まき	216	1.72
	不耕起まき	118	0.93

※タイズ1個体当り 1983年2月調査

表16に作物個体当りの根粒数と根粒乾物重を示した。これによると、これらの値は普通耕区に比へ深耕区の方が大きい値を示し、その差は耕起まきの場合が不耕起まきの場合より大きく、深耕-耕起まき区は根粒の数、乾物重ともに調査範囲内では最高の値を示した。

一方、タイズ種子のまき方の違いの影響は、普通耕区、深耕区ともに、不耕起まきは耕起まきに比へ、個数で55~72%、乾物重で54~58%の低い値となった。

このように根粒の付着に対し、深耕はプラスとして作用したが、不耕起まきはかなりマイナスとして作用する条件にあることが明らかとなった。このことは既述の不耕起まき区における実収量やN吸収量の明らかな減少に密接に関係する要因と思われる。

5. Veranico時における土壌水分の変動(1981年2月)

第3作目のタイズ栽培においては開花始めの2月上旬から3月上旬にかけて降雨は殆んどなかった。丁度タイズの開花期でもあり、生育に著しい影響を及ぼし、収量的にも強く被害を受けた。第4作目の大豆は1982年2月中旬に降雨がなく、乾燥気味になったが2月下旬に降雨があり、第3作目より乾燥期間は少なく、生育収量には殆んど影響が見られなかった。第3作目及び第4作目の生育期間の降雨量を図-3に示した。

1981年2月における“ヘラニコ”乾はつ時における土壌水分状態について、地下10cm、30cm、50cmの各深度に設置したテンションメーターを用いて測定した。

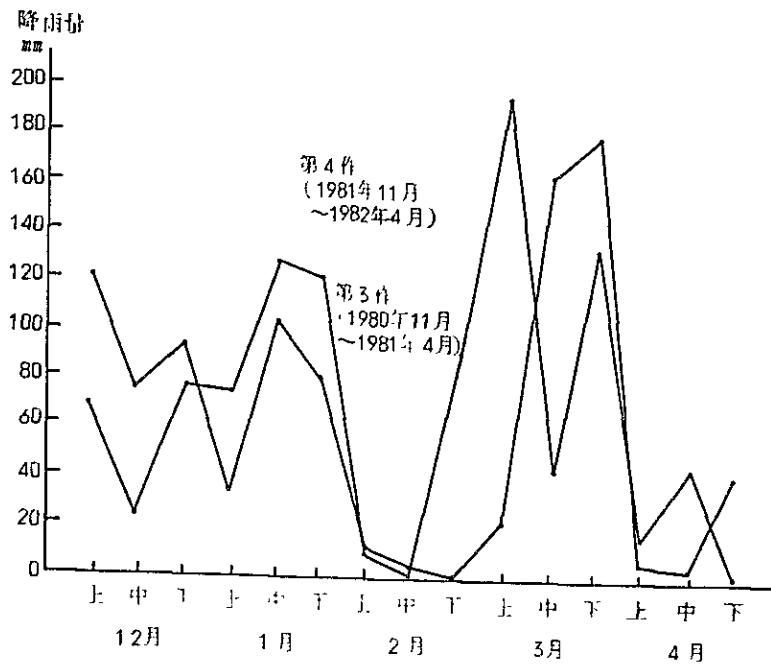


図-3 月別降雨分布

また降雨直后及び乾燥期に100cc管で採土し含有水分を測定した。これらの結果を図4～5及び表-17に示した

普通耕系列では、降雨分布の如何による土壌水分の変動は地下10cmまでの土壌で著しく、地下30cm、50cmでは測定期間中漸く乾燥程度が散しくなる一方であった。播種方式の違いは地下10cmではほぼ似たような傾向で大差はなかったが、地下30cm、50cmでは不耕起まきの方が耕起まきに比して土壌水分の減少が早く乾燥しやすい傾向にあった。

深耕系列でも地下10cmでの変動は普通耕系列同様著しく、また不耕起まきの方が耕起まきに比して土壌水分の減少は早い傾向が見られた。しかし地下30cm、50cmでは不耕起まきと耕起まきとの差は少なくほぼ同じ推移をした。

このように深耕系列の地下30cm、50cmでは不耕起まきでも、耕起まきと同様に乾燥条件下での土壌水分の減少はかなり遅い傾向にあった。

表-17に示すように採土管で採取、測定した土壌水分を見ると降雨直后で35～37%であり、2週間くらい無降雨で著しく乾燥して来た時点で21～23%程度であった。これらの値は後述のPF水分分布(表-20)より推定すると、降雨直后でPF2前後であるが、2週間近く降雨がなかった場合の少なくとも深さ30cmまでのPFは実に4.2を越えて作物の有効水分は何れの処理区でも著しく欠乏した状態にあった。

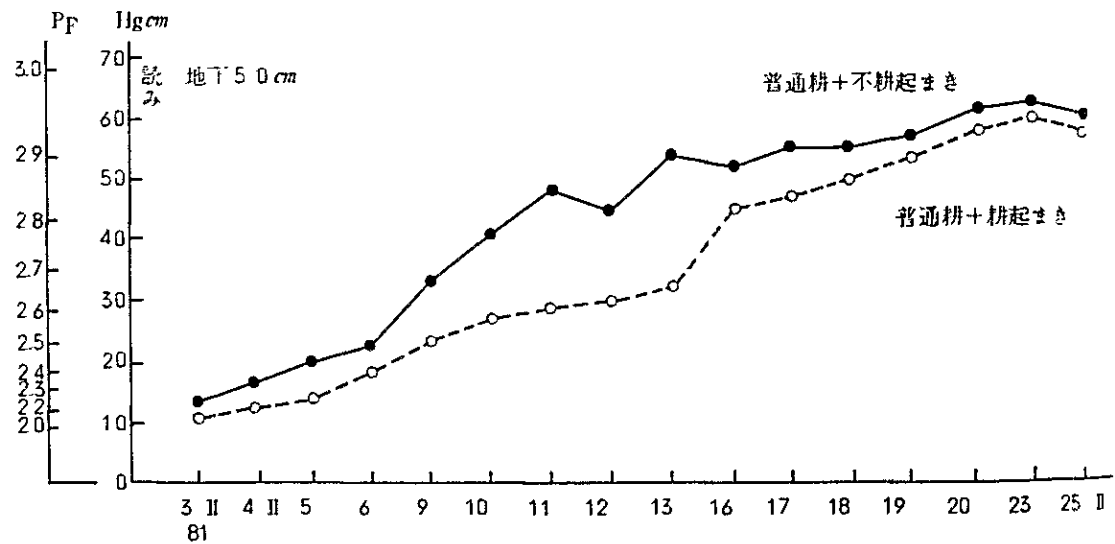
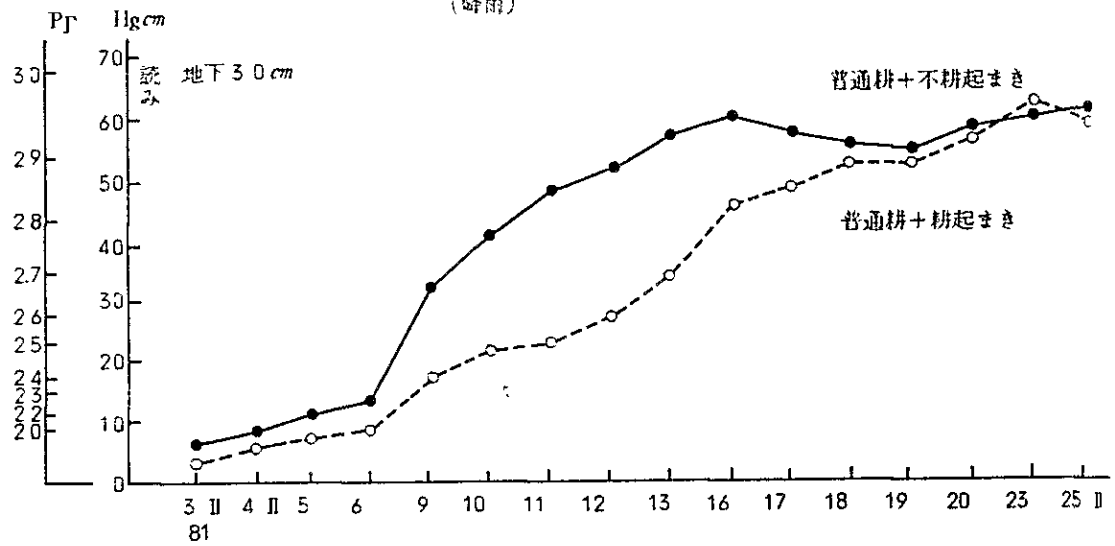
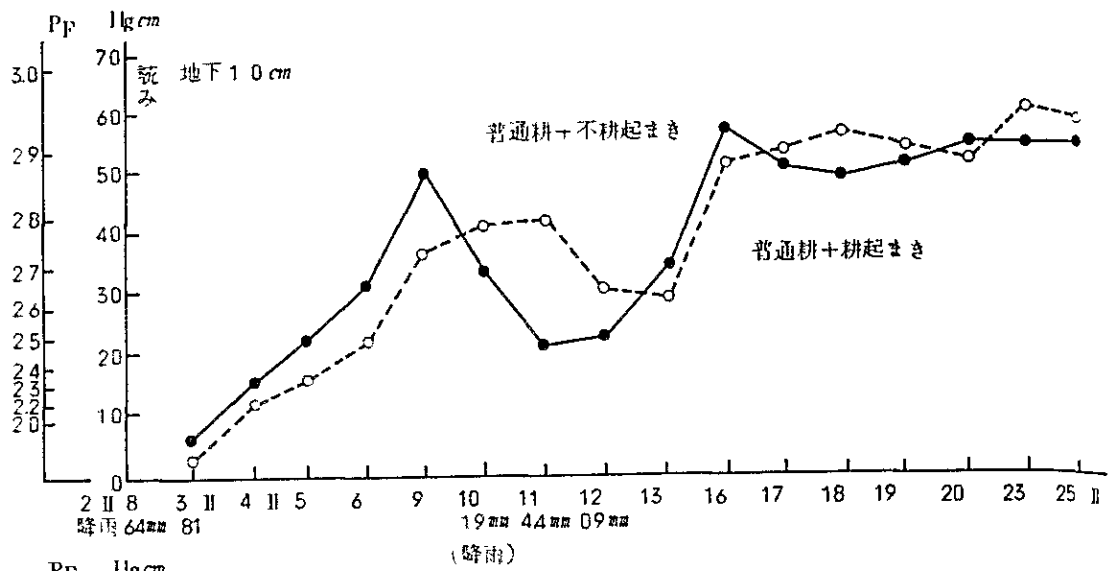


図-4 普通耕系列ベラニコ時の土壤水分の動き
(3/II/81~25/II/81) (その1)

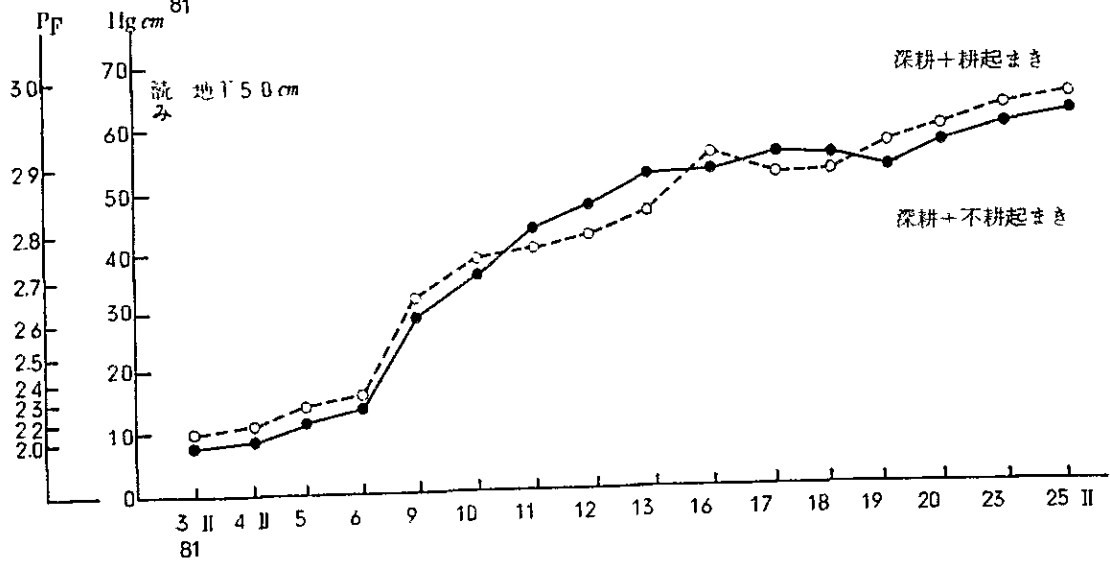
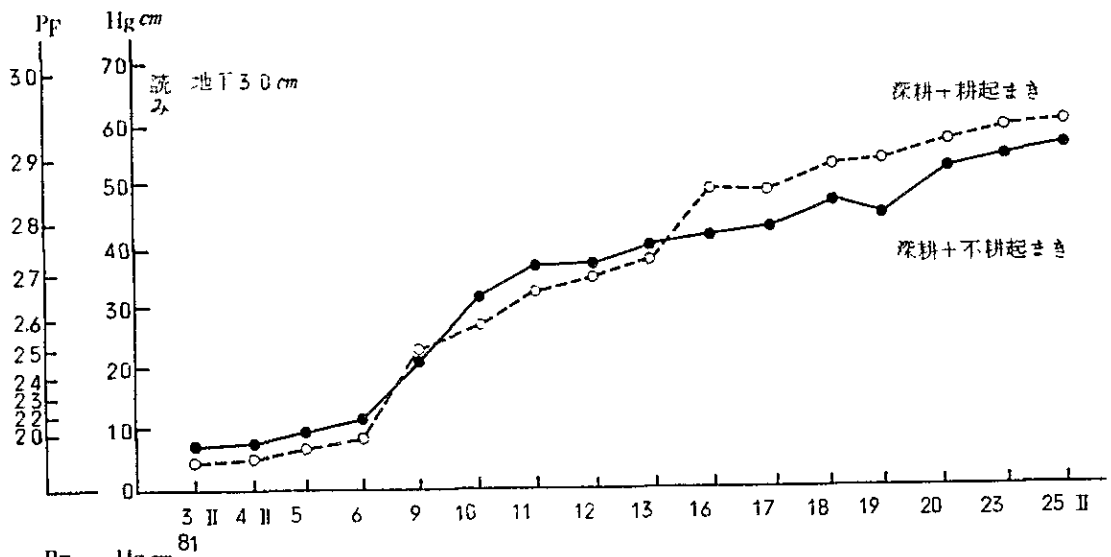
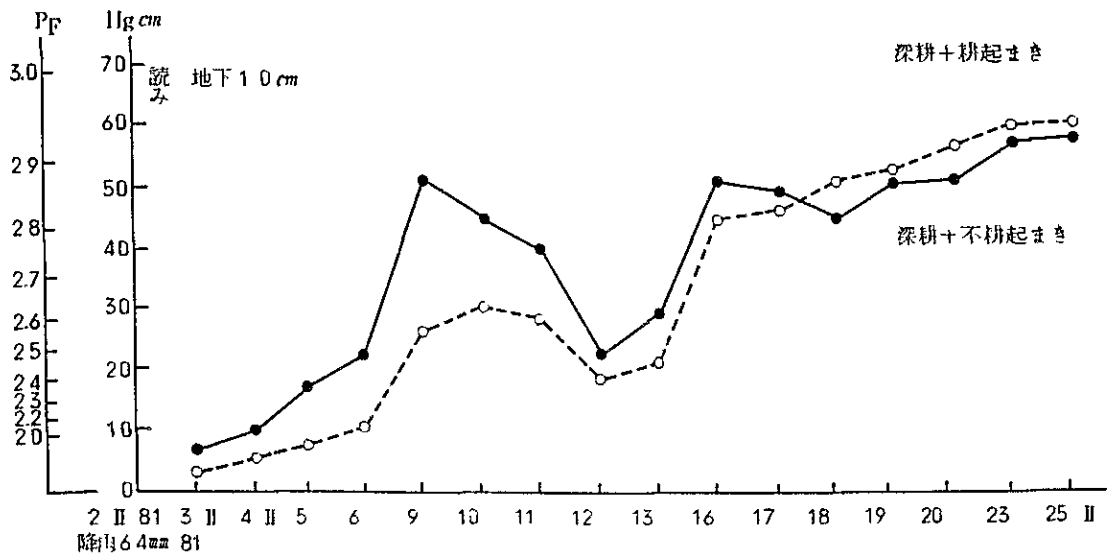


図-5 深耕系列ベラニコ時の土壤水分の動き
(3/II/81~25/II/81) (その2)

表-17 ヘラニコ時の土壤水分含量の変化※

(容積当り%)

処 理	深 度	12/01/81	02/02/81	23/02/81	26/02/81
		(降雨直后)	(6.4mm降雨后)	(乾燥期)	(乾燥期)
普通耕系列 耕起まき	0~10 ^{cm}	35.2%	34.2%	22.4%	22.6%
	10~20	35.2	34.6	23.2	23.2
	20~30	34.5	33.9	23.5	23.7
普通耕系列 不耕起まき	0~10 ^{cm}	35.7	34.7	22.2	22.0
	10~20	34.9	33.9	23.2	23.1
	20~30	33.5	33.5	23.8	23.8
深耕系列 耕起まき	0~10 ^{cm}	37.0	36.4	22.6	22.6
	10~20	36.1	35.5	23.1	23.0
	20~30	36.8	34.1	23.9	23.8
深耕系列 下耕起まき	0~10 ^{cm}	36.7	35.7	21.4	21.7
	10~20	37.2	36.8	23.6	23.0
	20~30	35.9	34.8	23.8	24.0

※ 絶乾量

6 補足試験 — 乾燥期における土壤水分の移行 —

前述のようにヘラニコ時における土壤水分の蒸発乾燥に対し、耕起まきと不耕起まき並らひに深耕の有無がかなり明らかな影響を与えていたので、このような土壤処理が乾燥時における土壤水分の移動に及ぼす影響を明確にするための補足的実験を行った。

試験方法の項に記した3種類の処理区〔A. 地表5cm攪拌、B. 普通耕(20cm耕起)、C. 深耕(40cm耕起)〕に対し一定量の水を灌水し、地下10cm、20cmに設置したテンションメーターの読みを経時的に記録した。調査は8月24日に各区1000ℓ/9m²(111mm)灌水を行い、翌8月25日から9月4日まで調査を実施した。その結果を図-6に示した。

テンションメーターによる土壤水分の変動は地下10cmでは表層処理>普通耕>深耕の順で土壤水分の蒸発移行が早い傾向が見られた。

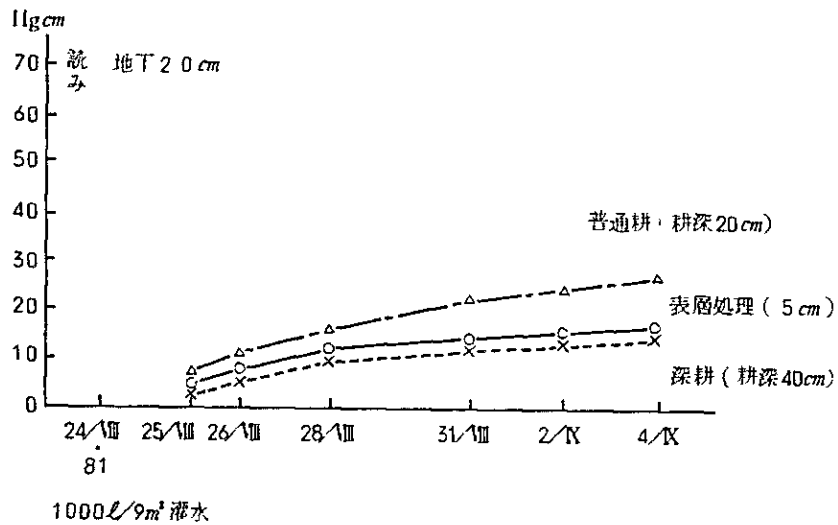
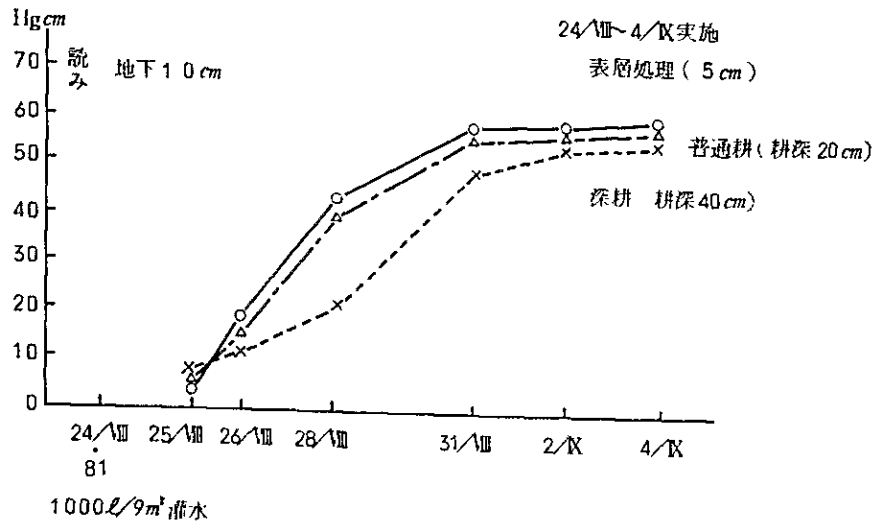


図-6 補足実験：乾燥時における土壌水分の動態に対する土壌処理の影響

地下 20 cm においては普通耕>表層処理>深耕の順序であったが、水の動きは地下 10 cm の場合に比べれば著しく緩慢であった。

以上、図 4~6 に示された乾燥条件下の土壌水分の動きに対する耕うんと播種方式の違いの影響に関する結果より次のことか考えられる。

すなわち、不耕起まきや補足実験の表層処理のように、表層土壌の土壌構造を攪乱する程度が軽く、深さ 10 cm 程度の土壌中に毛管孔隙の連続性が維持されている場合には、乾燥時の地表面よりの水分の蒸発に対し、この連続性の高い毛管孔隙を通じて下層土よりの水分の上昇移行も早い。この結果、下層土の土壌水分も耕起まきや普通耕のように表層の土壌構造の攪乱の大きい場合に比べて早く減少し、乾燥しやすいものと判断される。

一方、深耕区では10 cm以下の下層土の土壌構造の攪乱を受けた層が普通耕の場合より厚く、連続性のある毛管孔隙が減少が著しい場合は、乾燥に伴う下層土壌の水分の上昇移動が遅れ、表層土における耕起まきと不耕起まきと云う処理の差が、容易に下層土まで影響しなかったものと判断される。

7. 収獲跡地土壌の物理性

4作目タイズ収獲跡地の普通耕系列及び深耕系列の各処理区に土壌断面を作り、各深度別に100ml採土管で採土し、若干の物理性を測定した。結果は表18, 19に示した。

表-18 前地土壌の物理性(その1)

処理	項目	仮比重	固 相	液 相	気 相	透水性
	深度	g/cc	%	%	%	cm/sec
普通耕 耕起まき	0~10 ^{cm}	1.02	33.7	20.8	45.5	1.5×10^{-2}
	10~20	1.04	32.6	27.2	40.2	1.2×10^{-2}
	20~30	1.06	38.4	29.4	32.2	1.6×10^{-2}
	30~40	1.02	35.8	26.3	37.9	6.0×10^{-3}
	40~50	1.01	32.7	27.7	39.6	1.2×10^{-3}
普通耕 不耕起まき	0~10 ^{cm}	1.90	32.5	18.5	49.0	1.6×10^{-2}
	10~20	1.92	35.9	25.5	38.6	2.7×10^{-2}
	20~30	1.00	37.4	26.0	36.6	1.8×10^{-2}
	30~40	1.97	35.9	25.0	39.1	2.9×10^{-2}
	40~50	1.96	36.3	25.8	37.9	1.9×10^{-2}

(1982年第4作跡地)

測定時の土壌水分: 0~10 cm PF4.2以上, 10 cm以下 PF4.0~4.2

表-19 跡地土壌の物理性(その2)

処理	項目	仮比重 g/cc	固相 %	液相 %	気相 %	透水性 cm/sec
	深度					
深耕 耕起まき	0~10 ^{cm}	0.97	35.2	19.0	47.0	1.0×10^{-2}
	10~20	1.00	37.3	27.8	34.9	7.0×10^{-3}
	20~30	0.98	33.6	27.8	38.6	1.3×10^{-2}
	30~40	1.04	35.5	27.8	36.7	1.3×10^{-2}
	40~50	0.92	31.0	26.5	42.5	1.8×10^{-2}
深耕 不耕起まき	0~10 ^{cm}	1.00	35.2	28.3	36.5	4.7×10^{-3}
	10~20	0.89	35.1	26.7	38.2	2.0×10^{-2}
	20~30	1.02	35.9	28.8	35.3	3.0×10^{-2}
	30~40	0.91	35.6	26.9	37.5	1.8×10^{-2}
	40~50	0.92	29.8	27.5	42.7	2.1×10^{-2}

(1982年第4作跡地)

測定時の土壌水分：表18に同じ。

処理間の差の著しいものは透水性と気相率への影響であった。すなわち、普通耕の場合播種方式の違いは少なく、僅かに不耕起まき区では、深さ0~20cmの土層で仮比重がやや低く、また耕起まき区の30~50cmの土層で透水性がやや低い特徴が見られたに過ぎない。しかし深耕により耕起まき区の下層土層における不良な透水性はかなり改善されていた(透水係数 $1.2 \sim 6.0 \times 10^{-3}$ が $1.3 \sim 1.8 \times 10^{-2}$ に増加)。

一方、深耕-不耕起まき区では0~10cmの土層の透水係数は 4.7×10^{-3} で耕起まき区の 1.0×10^{-2} に比べ明らかに低い。不耕起まきでも普通耕の場合の透水係数は 1.6×10^{-2} とかなり高い値であった。また、深耕-耕起まき区では10~20cmの部位に 7.0×10^{-3} と云う低い透水係数の土層があった。

気相率は、普通耕系列の耕起まき区、不耕起まき区及び深耕系列の耕起まき区の場合、ダイズ根の大部分が集中する深さ0~10cmの土層では46~49%であったのに対し、深耕-不耕起まき区のみは36.5%と明らかに低かった。深さ10~40cmの下層土での気相率は、普通耕-耕起まき区における10~20cm層の40%を例外として、皆30%台であったが、深さ40~50cmの土層に至りまた40%台に回復した。すなわち、表層、直下の深さ10~40cmの土層の気相率は案外に低い。

以上のような土壌の透水係数や気相率に対する処理区間の相違に関しては次の点が考えられる。すなわち、耕うん、施肥、播種等のための作業用機械の運行によって生じる機械の踏圧による土壌構造への影響の問題である。元来農作業用機械の運行により土壌は圧密され、透水係数や気相率は低下する傾向にあるが、耕起まきの場合には、深さ10～20cmまでの表層土壌は毎年耕うんされるため、この影響はこの表層土壌に関する限り著しく緩和されている。

しかし不耕起まきの場合には、毎年の施肥、播種に伴う表層土壌の攪乱はごく一部に溝状に浅く行われるに過ぎず土層全体が影響を受けることにはならない。このため表層土壌での機械による圧密効果は現われやすいものと考えられる。

一方深耕により下層土壌の構造が攪乱され、粗しような層が深くなった場合重量物を支える土地の力は減少するので、地上を走行する機械の圧密効果は、普通耕の場合より強く受けやすいと思われる。上記のように深耕系列では耕起まき区で10～20cmの部位に、不耕起まきの場合0～10cmの部位に低い透水係数と気相率の層が見られたのはこのような結果と考えられる。

表 20 土壌の水分保持特性(容積%)

耕 深	処理 深度	水分 吸 引 圧											
		PF 10		PF 15		PF 20		PF 30		PF 40		PF 42	
		耕 起	不耕起	耕 起	不耕起	耕 起	不耕起	耕 起	不耕起	耕 起	不耕起	耕 起	不耕起
普通 耕 (20 cm)	0～10 ^{cm}	53.0	54.9	41.2	42.7	34.5	34.0	31.0	30.3	27.5	27.4	24.9	24.6
	10～20	55.8	57.3	46.6	47.4	37.5	35.9	32.1	30.3	28.2	28.3	25.4	25.6
	20～30	52.6	56.4	46.4	41.9	34.7	34.9	30.4	29.8	27.5	26.9	24.2	24.4
	30～40	52.1	51.1	42.7	44.1	33.9	35.2	29.1	29.9	26.6	27.5	24.4	25.2
	40～50	54.1	51.1	45.2	44.3	33.9	34.8	29.4	29.7	26.6	27.1	24.0	24.9
	50～60	58.7	54.0	41.9	46.8	34.9	35.6	29.8	30.0	26.0	27.2	24.8	24.6
深 耕 (30 cm)	0～10 ^{cm}	56.7	50.4	49.5	38.4	35.3	36.8	28.5	31.0	25.8	27.7	23.4	25.5
	10～20	54.8	57.5	50.8	39.7	34.4	37.0	28.3	31.6	25.6	26.0	23.1	23.9
	20～30	54.2	50.4	50.4	45.4	34.5	35.4	28.2	30.5	25.7	27.4	23.6	24.7
	30～40	56.4	51.8	48.9	42.4	33.4	33.4	27.7	29.0	25.4	26.6	23.7	24.2
	40～50	52.7	55.1	46.8	47.2	34.0	35.6	28.2	29.7	26.1	26.9	23.8	24.4
	50～60	52.7	57.1	47.3	49.8	35.8	36.5	28.7	30.1	25.9	27.1	23.9	24.4

表-21 土壌のPF-水分分布

処理	土壌の 深さ cm	(容量%)											
		PF 10-15		PF 15-20		PF 20-30		PF 30-40		PF 15-30		PF 15-40	
		耕起 まき	不耕起 まき	耕起 まき	不耕起 まき	耕起 まき	不耕起 まき	耕起 まき	不耕起 まき	耕起 まき	不耕起 まき	耕起 まき	不耕起 まき
普通 耕	0-10	118	122	67	87	35	37	35	29	102	124	137	153
	10-20	92	99	91	115	54	56	39	20	145	171	184	191
	20-30	62	145	117	70	43	51	29	29	160	121	189	150
	30-40	94	70	88	89	45	53	25	24	136	142	161	156
	40-50	89	68	113	95	45	51	28	26	158	146	186	172
	50-60	68	72	70	112	51	56	38	28	121	168	159	196
深 耕	0-10	72	120	142	16	38	58	27	33	210	74	237	107
	10-20	40	178	164	27	61	54	27	56	225	81	252	137
	20-30	38	50	159	100	63	49	25	31	222	149	247	180
	30-40	75	94	155	90	57	44	23	24	212	134	235	158
	40-50	59	79	128	116	58	59	21	28	186	175	207	203
	50-60	54	73	115	133	71	64	28	31	185	197	214	225

表20に跡地土壌の水分保持特性を、また表21にこれより算出した土壌のPF-水分分布を示した。これら結果から処理区間の特徴的違いを述べれば次のようである。

まず普通耕系列では、耕起まき区と不耕起まき区との差は少なく、僅かに不耕起まき区の深さ0~20cmの土層でPF1.0~2.0の粗孔隙がやや多い傾向にあったに過ぎない。

しかし深耕系列では耕起まき区と不耕起まき区の間には次の差が認められた。すなわち、耕起まき区に比べ不耕起まき区では0~10cmの土層におけるPF1.0~1.5の孔隙こそ多かったが、PF1.5~2.0の孔隙は著しく減少し、PF1.0~2.0の粗孔隙として比較した場合、耕起まき区の60%程度に過ぎなかった。

また作物に対する土壌の有効性水分の多少の観点からみた場合、易有効性とされるPF1.5~3.0の水分は、不耕起まき区は耕起まき区の1/3程度に過ぎず、初期萎凋点PF4.0までの全有効水分で比較しても、深さ20cmまでの土層では耕起まき区の1/2程度で、不耕起まき区では深さ40cmまでは明らかに耕起まき区より低い有効性水分含量を示した。一方PF3.0~4.2の微細毛管孔隙は不耕起まき区が多く、土壌の圧密効果は明らかである。

以上のように深耕の影響は、耕起まき区では深さ40cmまでの土層でPF3.0までの比較的粗大な毛管孔隙と有効水分含量を高める効果があったが、不耕起まき区では逆に粗孔隙と有効水分含量を減少させるような結果であった。これらは既述の透水係数と気相率の低下とも呼応し

た結果である。

8. 収穫跡地における土壌硬度の垂直分布

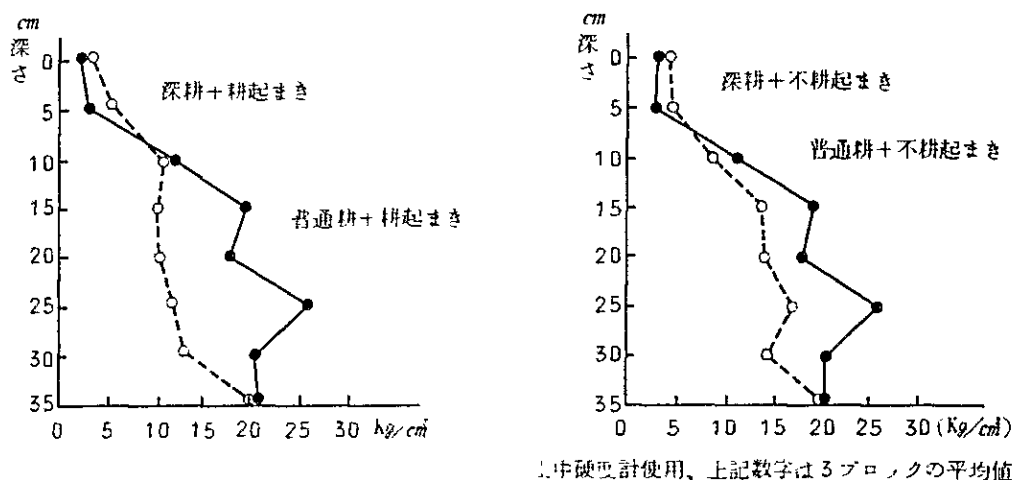


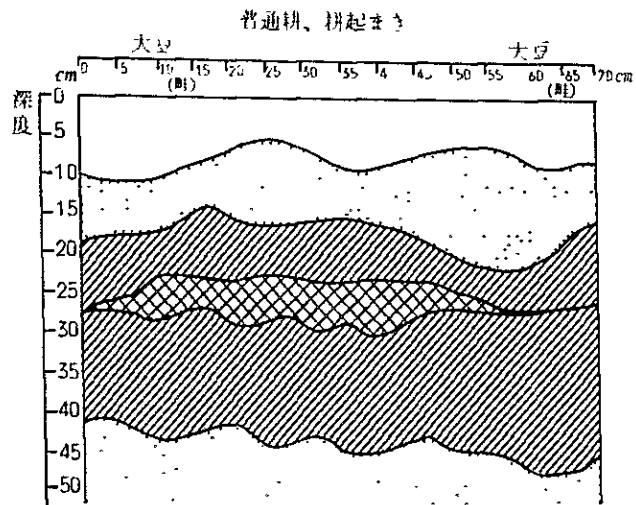
図-7 収穫跡地の土壌硬度分布(その1)(1981年5月)

図7によれば、普通耕系列では、耕起まき区及び不耕起まき区ともに深さ15~25cmに20~25 kg/cm²の硬い層の存在が認められたが、硬度の垂直分布のパターンには大きな差はなかった。

しかし深耕により、耕起まき区、不耕起まき区ともに、深さ10cm以下の硬度は著しく低下し、耕起まき区では深さ10~30cmでは、硬度11~13 kg/cm²で、普通耕との差が大きかったが、35cmに至って20 kg/cm²と高い値となり、両者の差はなくなった。不耕起まき区では、10~30cmの土壌硬度は平均14 kg/cm²程度で耕起まき区よりやや高い硬度で、普通耕との差は耕起まき区の場合より少ない傾向にあった。

なおダイズ作付の2本の畝を含む7.5cm幅の土壌断面において土壌硬度の分布を調べたので図8にその一例を示す。

これによれば、耕起まき区では深さ25~30cm付近に厚さ数cmの硬盤が生成されていたが、不耕起まき区ではこのような盤層は認められなかった。しかし、不耕起まき区では深さ10cm以内の表層では、軟い層の間に硬い層が併入温存された状態で、耕起まき区の表層が一樣にほり軟な土壌であったのに比べて著しい違いである。なお以上の播種方式の違いに基づく土壌硬度分布の状態は、深耕系列も普通耕系列も類似しており特記すべき差はなかった。



日中式硬度計
指標硬度 mm

- - 10 mm
- ◐ - 11 mm ~ 18 mm
- ▨ - 19 mm ~ 24 mm
- ▩ - 25 mm ~ 28 mm
- - 29 mm

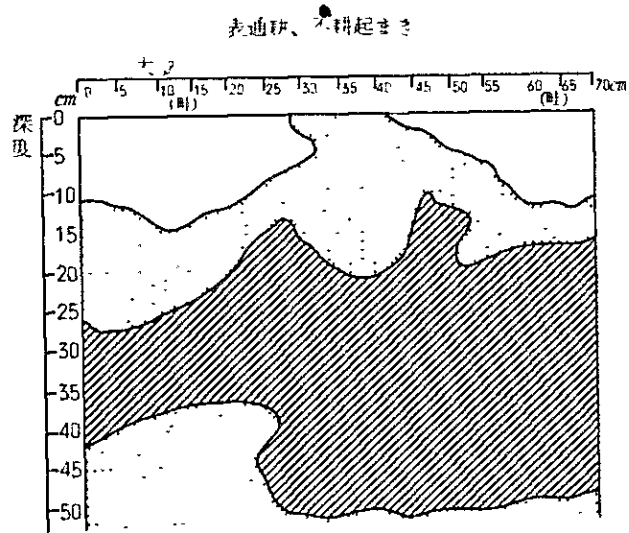


図8 収穫跡地の土壌硬度分布

9. 土壤の化学性

土壤の化学性については表2 2 示した。

表- 2 2 収獲跡地土壤の化学性

処 理	項 目	深 度 cm	PH H ₂ O(1:1)	交換性塩基 (ml/100ml)				P ppm	K ppm
				Al	Ca	Mg	N %		
A. P.K多施									
1	普通耕	0~10	575	0.04	236	112	0.17	930	66
	耕起まき	10~20	590	0.04	218	161	0.17	583	19
		20~30	507	0.10	048	081	0.13	117	30
2	普通耕	0~10	573	0.05	269	124	0.18	1250	46
	不耕起まき	10~20	617	0.04	307	144	0.17	0.93	26
		20~30	520	0.05	064	104	0.14	0.83	21
3	深 耕	0~10	583	0.04	239	149	0.18	1083	70
	耕起まき	10~20	575	0.05	209	134	0.17	1813	33
		20~30	522	0.07	076	100	0.13	490	19
4	深 耕	0~10	577	0.04	225	132	0.17	720	59
	不耕起まき	10~20	588	0.06	231	140	0.16	233	20
		20~30	523	0.06	065	082	0.13	0.63	23
B. P.K慣行施用									
5	普通耕	0~10	588	0.04	243	127	0.17	1117	71
	耕起まき	10~20	550	0.04	226	159	0.17	1.97	23
		20~30	505	0.08	055	083	0.13	0.63	19
6	普通耕	0~10	577	0.04	265	144	0.17	1223	69
	不耕起まき	10~20	523	0.09	152	056	0.15	0.90	37
		20~30	500	0.09	051	051	0.13	0.60	33
7	深 耕	0~10	573	0.05	161	172	0.17	600	80
	耕起まき	10~20	567	0.05	173	117	0.15	163	30
		20~30	543	0.05	138	127	0.14	107	28
8	深 耕	0~10	578	0.05	249	130	0.18	797	76
	不耕起まき	10~20	567	0.07	180	139	0.15	080	37
		20~30	518	0.09	056	070	0.13	0.60	31

(1982年5月)

まず開こん前の土壌の化学性に比へれば、土壌酸性は中和され、活性A₀の減少、有効態P、K、Ca、Mgの増加は顕著で、概括的にはタイヌの正常な生育に關しすへての処理区で問題はなかつたものと思われる。

試験処理の土壌の化学性に与えた影響としては次のようなことが見られる。深耕の結果、開こん時P・K多肥系列では、10~30cmの土壌中のP濃度が普通耕より高い傾向にあつたが、慣行施肥系列ではこのような差は明らかでなかつた。開こん当初多量に与えたPがなお下層土に残留していることが窺われる。

播種方式の違いでは、深さ10~20cm、20~30cmの土壌中のP濃度が、不耕起まきでは何れの系列でも、耕起まきに比べて著しく低く、明らかに有効態Pが0~10cmの表層土壌に集中している傾向が見られる。

施肥方式の違いでは、K濃度は慣行施用系列の方が開こん当初P・K多肥系列より高い傾向にあつたが、Pに關してはこのような差異は明らかでなかつた。Kは一時的多量施用した場合、その消失は早いことを示している。

IV 総合考察

セラード地帯の農業では一般に低コスト経営の必要性は他の地帯以上に大きい。これは生産に必要な資材の確保と生産物の出荷の何れもが長距離の輸送に頼る場合が多く、コストがかかるからである。一方、セラード地帯の地形は緩傾斜ないし平坦地が多いとは云え、その1,000~2,000mmに達する年雨量は雨季の約半年に集中しており、かつ強雨が多い。このため土壌管理に適正を欠くときは容易に土壌侵蝕を惹起し、肥沃化した表層土壌も失われ、耕地の瘠薄化の重要原因となりやすい。

このような背景の下では、農作業における耕うんの方式も、できるだけ低コストかつ土壌侵蝕を防止し得る方法であることが望ましく、これはセラードにおける農業経営の安定的発展のための重要事項の一つである。

本研究は、ダイズ栽培における省力的播種方式としての不耕起まきの可否を慣行の耕起まきと比較検討したものである。不耕起まきでは土壌の耕うんは行わないので、当然降雨による土壌侵蝕の機会も著しく減少する筈である。

そして副次的要因として、上記の播種方式の相違に加えて、施肥方法及び開こん当初の耕うんの深さの違い(20cmと30cm)を組合わせて試験を実施した。なお著者が担当した第3作目からは2品種のタイズを供試し、品種間差異も検討した。

まず試験目的に対する主な結果を要約すれば次のようである。

1. 不耕起まきでもダイズの全試験期間中の4作平均子実収量(品種も副処理もすべて平均化した全試験期間の値(表23~24より))は、2,363kg/haで実用的に十分評価できる収量であった。
2. しかし耕起まきの場合の同種の収量は2,693kg/haであったから、不耕起まきはその88%の収量で12%の減収であった。経済分析的検討は加えていないが、不耕起まきの場合には除草剤の使用はあったものゝ、土壌耕うん用の大型機械は一切使用していないので、この程度の収量差であれば、不耕起まきも経営的に導入の可能性は高いものと思われる。

特に短期間では評価のし難い土壌侵蝕防止に関する貢献度は、圃場の地形や作付体系の如何によってはすべてに先行した優占度を与えるべきものと思われるから、ha当り2tを越す子実収量があれば、土壌侵蝕の恐れのない条件では、ダイズの不耕起まきは十分評価し得る技術と思われる。

表-23 第2作における子実重に対する処理の影響

処 理		子 実 重		平均値による処理間の比較		
		kg/ha	指 数			
P開 Kこ 多 ん 時 肥	普通耕	耕起まき	2.460 100	開こん時 P・K多肥	普通耕	耕起まき
		不耕起まき	1.980 81			
	深耕	耕起まき	2.420 100	(100)	(100)	(100)
		不耕起まき	2.220 92			
慣 行	普通耕	耕起まき	1.860 100	慣行	深耕	不耕起まき
		不耕起まき	1.820 98			
	深耕	耕起まき	1.580 100	(76)	(97)	(92)
		不耕起まき	1.600 103			

岩田、川崎の報告 1)より再録 () 指数

表-24 子実生育に対する播種方法の影響

年次 品 種		(kg/ha)								
		81' (第3作)		82' (第4作)		83' (第5作)		平均値**		
処 理	品 種	DoKo	Cristalina	Numbaira	Cristalina	Numbaira	Cristalina	Numbaira	Cristalina	
開 こ ん 時 P	普通耕	耕起まき	1750 (100)*	1213 (100)	2421 (100)	3306 (100)	3500 (100)	3075 (100)	3461 (100)	2531 (100)
		不耕起まき	1510 (86)*	1497 (123)	2956 (86)	2698 (82)	3198 (91)	2514 (82)	3077 (89)	2236 (88)
	深耕	耕起まき	1837 (100)	1490 (100)	3754 (100)	3469 (100)	3489 (100)	3255 (100)	3622 (100)	2738 (100)
		不耕起まき	1663 (91)	1487 (100)	2787 (74)	2799 (81)	2746 (79)	2247 (69)	2767 (76)	2178 (80)
開 こ ん 時 肥	普通耕	耕起まき	1633 (100)	1363 (100)	2465 (100)	3378 (100)	3673 (100)	3314 (100)	3569 (100)	2685 (100)
		不耕起まき	1454 (89)	1440 (106)	3276 (95)	2969 (88)	2994 (82)	2937 (89)	3135 (88)	2449 (91)
	深耕	耕起まき	1847 (100)	1503 (100)	3569 (100)	3329 (100)	3611 (100)	2848 (100)	3590 (100)	2560 (100)
		不耕起まき	1657 (90)	1580 (105)	2908 (82)	2779 (83)	3565 (99)	2852 (100)	3237 (90)	2404 (94)
平均値	耕起まき	1767 (100)	1392 (100)	3552 (100)	3371 (100)	3568 (100)	3123 (100)	3561 (100)	2629 (100)	
	不耕起まき	1571 (89)	1501 (108)	2982 (84)	2811 (83)	3126 (88)	2638 (85)	3054 (86)	2317 (88)	

* () は相対値 ** Numbaira は82' と83' の2ヶ年の平均値

3. しかし本試験では不耕起まきは耕起まきに比べて明らかに子実収量は劣った。またその低収性は深耕やりん酸、加里の施肥方法の如何によっても高まる傾向にあった。このような現象の起った理由の解明は、不耕起まきの生産性を高めるためにも重要である。以下これらの理由について考察したい。

1) まず結論的に云えば、不耕起まき区の子実収量が耕起まき区に劣った理由は、雑草防除は十分に行っていたので不耕起に由来する土壌の物理性の悪化と施肥養分の土壌中における不均一的分布が主要因となり、ダイズ根の生理的機能及びこれに付着する根粒菌の活性の低下を招来し、ダイズの生育と子実生産に悪影響を与えたものと考えられる。以下この内容について説明する。

2) 土壌の物理性の悪化：開こん当初深さ20～30cmまで耕うんされた土壌も、そのまま放置した場合、激しい降雨の雨滴によって分散された粘土分を含む雨水の土壌浸透と、地上を走行する作業用機械の踏圧によって次第に圧密化される。栽培ダイズや侵入雑草の根による水分吸収もこの土壌圧密化を加速する。耕起まきの場合、毎年の施肥、播種期に少なくとも深さ10数cmの土壌は全面的に耕うんされるので、この深さの表層土壌全体の圧密化は毎年緩和されるが、不耕起まきの場合には僅かに施肥、播種溝の土壌が筋状に深さ2～3cm程度に攪拌されるに過ぎない。このため表層土壌の大部分で圧密化が進行する。

この結果、表18～21に示したように、表層土壌の粗孔隙、気相率、透水性の低下などとして現われる。しかもこのような表層10数cmの土壌にはダイズ根の大部分が集中していることは図2よりも明らかである。当然、根粒もこの部分に最も多く付着しているものと思われる。

一方、ダイズ根が正常な生理機能を営むには土壌中の十分な通気性の確保の重要なことは云うまでもない。さらに根粒菌の空中窒素固定機能を高く発揮させるための酸素の重要性についても幾多の指摘がある。⁵⁾

元来、本試験圃場の黄色ラトゾール土壌はち密度が高く、ダイズ主根の下層土への分布が阻害されている主要因として、指摘されている位である。⁴⁾ 加うるにダイズ栽培期間の大部分は雨季で、通常年であれば殆ど連日のように降雨があり、表層土壌は比較的高い湿潤状態で推移する。

これらの条件から、不耕起まき区の表層土壌が圧密化されたままでいることは、ダイズ根及び根粒菌に対して通気不良の原因となり、表層土壌が全体的に粗しような耕起まき区の場合よりダイズの生育収量は劣ったものと考えられる。品種Cristalinaでは第3作目の干ばつ(Veranico)時に不耕起まき区が耕起まき区に優った収量をあげたことの理由の1つとして、干ばつによる表層土壌の通気性の改善が考えられる。

3) 肥料成分の土壌中分布の不均一性：不耕起まきでは、肥料成分は殆ど土壌表面に施用される。窒素や加里など雨水によって浸透移動しやすい成分は、その後時間の経過と共に土壌中

に浸透分布してゆくが、りん酸のように土壌成分に固定され動き難い成分は、長く施肥位置にとどまる。何れにせよ耕起まきの場合の施肥に比へ、表層土壌中における局部的肥料濃度は不耕起まきの方が遙かに高い状態にあるものと思われる(表2.2の可給態Pの土層分布にその一端が現われている)。

一方、根粒菌の空中窒素固定機能に対して土壌中の無機態窒素濃度の高いことは、阻害的に作用することも知られておるので、⁵⁾ 本試験のように窒素施肥をした場合、不耕起まきの場合、この施肥窒素の根粒菌の空中窒素固定機能に対する阻害的影響は耕起まきの場合よりも現われやすい条件にあったものと考えられる。

作物根のりん酸吸収に当っては、根の呼吸作用と密接に関連していることが知られているので、上述のような不耕起まき区の通気性不良の条件下では、ダイズ根のりん酸吸収に対しても悪影響は生じやすいものと考えられる。このような条件の時、施肥りん酸が土壌のごく表面付近にのみ分布し、作物根のまん延している作土層全体での濃度が著しく低い時は、ダイズのりん酸吸収はさらに阻害されやすいと思われる。⁶⁾

一方、ダイズ根粒菌の正常な活性のためにりん酸供給の重要なことも分っているので、⁵⁾ このようなダイズのりん酸吸収に関する阻害的要因は、根粒菌の活動を通じてもダイズの生育に影響する可能性が考えられる。

表1.1～1.5のダイズの生育過程における養分吸収を調べた結果において、耕起まき区と不耕起まき区との養分吸収量の差の最も大きかった成分は、供試両品種ともにNとPであったことは上述の理由を裏付ける一つの証拠と思われる。

4) 施肥方法の問題：岩田ら¹⁾は5ヶ年の合計施肥量は同じでも一つは開こん当初に多量のリん酸と加里を施用して土壌改良を促進する代りに毎作ダイズへのこれら成分の施肥は節減した系列、開こん時(P・K多肥系列)と、特に当初の土壌改良用の施用はせず毎作のダイズと5等分した量を施用する系列(慣行施肥系列)を設けた。Kの一時的多肥など合理性に疑問を抱く点もあったが、試験はこれをそのまま継続した。

この結果は表2.3に示すように、第2作までは開こん当初のP・K多肥区の子実収量は高かった。しかし第3作では初期生育には効果が見られたが、子実収量では表2.5に示すように、両区の差はほとんどなく、第4作ではさらに肥効は低下し、第5作に至っては慣行区より7～8%の減収となった。すなわち、開こん時のP・K多肥の子実収量への影響は第2年目までは明らかに高いが、第3～4年目での残効は僅少で、5年目では残効はほとんど消失していると判断される。

表-25 子実生産に対する施肥方法の影響

		(kg/ha)							
処理	年次 品 種	81' (第3作)		82' (第4作)		83' (第5作)		平均値	
		DoKo	Cristalina	Numbaira	Cristalina	Numbaira	Cristalina	Numbaira	Cristalina
耕起まき	開こん時	1794	1352	3588	3388	3495	3165	3542	2635
	P.K多肥	(100) ^{**}	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
	慣行	1740	1433	3517	3554	3642	3081	3580	2623
	(97) ^{**}	(106)	(98)	(99)	(104)	(97)	(101)	(100)	
不耕起まき	開こん時	1587	1492	2872	2749	2972	2381	2922	2207
	P.K多肥	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
	慣行	1556	1510	3092	2874	3279	2895	3186	2427
	(98)	(101)	(108)	(105)	(110)	(122)	(109)	(110)	
平均値	開こん時	1690	1422	3230	3068	3233	2773	3232	2421
	P.K多肥	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
	慣行	1648	1472	3305	3114	3461	2988	3383	2525
	(98)	(104)	(102)	(101)	(107)	(108)	(105)	(104)	

** ()は相対値

特に表25の第4作及び第5作で明らかのように、不耕起まきの場合に慣行施肥と開こん時多肥との差は大きく、何れも慣行施肥区が優った。このことは開こん時に一時に多量施用されたりん酸の大部分は、土壌中の鉄、アルミナなどと結合しその作物への有効性を低下させているのに、不耕起まき区では既述のように根系付近の土壌は通気性不良で根の代謝機能が衰え、これらの難溶性りん酸を十分に吸収し得ないため、慣行施肥区のように肥料として水溶性りん酸を多くかつ、作土層に比較的均一に施用した場合の方が生育は良好になったものと考えられる。

開こん時に多量施用されたKは、雨水による流亡と、作物による過剰吸収によって栽培年次と共に急速に失われたものと思われる。しかし表2の施肥設計にも明らかのように、各年次の施肥量の両施肥法での違いは、りん酸で2.3倍(60kg対140kg/ha)に対し、加里では1.4倍(50kg対70kg/ha)に過ぎない。

従って、両施肥法の差異の影響は加里よりりん酸に基因する所が大きいものと判断される。以上の結果より、本土壌の場合、開こん時の土壌改良としては、酸性中和のための石灰資材の必要なことは云うまでもないが、りん酸資材を一時的に多量施用することは必ずしも合理的ではないものと判断される。ha当り2~3t程度のダイズ収量を目指すれば、P₂O₅として60kg/ha相当のりん酸肥料を毎作均等に与えることで十分のようである。経営的に見た場合にもりん酸の多肥が子実収量の増収によって肥料代をカバーすればよいが開こん時の投資はなるべく少ない方が経済的にも望ましいから、土壌改良の主眼は石灰による酸性の

矯正におくべきであろう。

加里は上述のように土壌中から失われやすい成分であるから、一時的多肥は避けるべきで、各作期に ha 当り 50 kg K₂O 程度を施用すればよい。しかしこの成分は収量が高まれば土壌よりの収奪量も急速に高まるので、土壌中の置換性加里含量を常に checkしながら施肥量を判断すべきである。

表-26 子実生産に対する耕耘の深さの影響

年次		(kg/ha)							
		81' (第3作)		82' (第4作)		83' (第5作)		平均値	
処理	品種	DoKo	Cristalind	Numbaira	Cristalind	Numbaira	Cristalina	Numbaira	Cristalina
		耕耘まき	普通耕	1692	1288	3443	3342	3587	3195
(100) [*]	(100)			(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
深耕	1860		1497	3662	3399	3550	3052	3606	2649
	(110) [*]		(116)	(106)	(102)	(99)	(96)	(103)	(102)
不耕耘まき	普通耕	1482	1469	3116	2833	3096	2726	3106	2343
		(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
	深耕	1660	1534	2848	2789	3156	2550	3002	2291
		(112)	(104)	(91)	(98)	(102)	(94)	(97)	(98)
平均値	普通耕	1587	1378	3283	3088	3341	2960	3311	2475
		(100)	(100)	100	100	(100)	(100)	(100)	(100)
	深耕	1751	1515	3255	3094	3353	2801	3304	2470
		(110)	(110)	(99)	(100)	100	(95)	(100)	(100)

* ()は相対値

5) 開こん時の深耕の可否：開こん時に普通耕の20cmより深い30cmまで耕うんした効果は全処理の平均値としては第1年目には約18%の子実収量増として認められたが¹⁾、それ以後は第3作の干ばつ年に約10%の子実収量増が認められたのみで、両者に差異はなかった(表23, 26)。

しかし深耕に不耕耘まきを行った場合特に各栽培年次のP・K施用量を少なくした開こん時多肥系列では、干ばつ年を除き深耕-耕耘まきの場合に比べて明らかに劣った(表24, 26)。

深耕効果が不耕耘まきと結合したときのタイズ作への悪影響の理由は、既述のように下層土が普通耕の場合より深くまでほり軟なため、表層土壌の圧密化を生じやすかったためと思われる。このような条件下での可給性Pの不足のタイズ及びその根粒菌への悪影響は既に考察した。

一方、第3作の干ばつ年では、表26に見るように深耕系列が両品種とも10%の増収で

あった。この主要な原因は図4～6に示したように、深耕により下層土壌の連続性のある毛管孔隙が減少し、下層土壌における水分の地表面からの蒸発損失を抑えた効果と思われる。

- 6) 品種間の差異：干ばつ年を除いた第4作と第5作における Numbaira と Cristalina を比較した場合、播種方式、施肥方法、深耕の有無に対する反応には何らの違いはなく、全く同様な傾向であった。たゞ2ケ年の全処理区を平均した子実収量は Numbaira の ha 当り 3,307kg に対し Cristalina では 2,986kg で約10%の減収であった。一方表11～15の養分吸収量は各成分とも Cristalina がやゝ多いので、その吸収養分量当りの子実生産効率も Numbaira が高いことになる。このような品種間の生産効率の検討は、低コスト経営の視点からも今後の問題である。

干ばつ年(1981)には次の品種間差異が認められた。すなわち、Cristalina では不耕起まき区が耕起まき区に優る子実収量をあげたが、DoKo では逆に耕起まき区が優った。この理由は1ケ年の経験のみで不明である。

しかし何れの播種方式の場合も、収量の絶対量としては、DoKo の 1.6～1.8 t/ha に対し、Cristalina では 1.4～1.5 t/ha に過ぎず、処理区間の差より品種間の差が大きかった。

V 結 論

- 1 台地上の黄色ラトゾールでの5ケ年にわたるダイズの不耕起まき栽培での子実収量は、平均2.4 t/ha（最低1.44 t, 最高3.57 t）で十分実用的な技術である。
- 2 不耕起まきは、開こん初期の土壌の肥沃度が低く、かつ土層がほう軟で落着かない時期には避け、数ケ年の作物栽培により、表層土壌が肥沃化し（特に有効態りん濃度の増大が重要）、土層の物理的条件が安定化したあとで始めた方がよい。
- 3 開こん時の土壌改良資材としてのりん酸の多量施用は、開こん当初より多収穫を望まない限りは必ずしも必要ではない。りん酸資材は肥料として各作のタイズの元肥に施用する方が効率的である。土壌改良には石灰資材の必要十分量を可能な限り土層深く、均等に分布させることが重要である。
- 4 開こん時の深耕は、不耕起まきの場合雨季中の干ばつ（Veranico）の被害軽減には多少役立つようであった。一般的には石灰資材と併用し、可及的下層までの土壌改良の手段として行うべきものであろう。
- 5 ダイズ栽培に対しては不耕起まきの場合も、少なくとも5ケ年に1回位の割合で土壌の耕うんを行い、土壌の通気性、透水性の増大と、施肥成分の土壌中の分布を均一化を図るべきであらう。
- 6 供試3種類の品種間では最も多収はNumbairaであった。

Ⅶ 要 約

セラード地帯における台地上、黄色ラトソールにおけるダイズ栽培に対し、不耕起まきの適否と、これに関連して、開こん時のりん酸と加里肥料の多量施用による土壌改良の効果並びに深耕の効果について5年間の試験が行われた。筆者が担当した第3作から第5作にわたる主な試験結果を示せば下記のようにある。

1. 不耕起まきの4作にわたる平均子実収量は2,363kg/ha(最低1,441t~最高3,571t/ha)で、十分実用に耐える収量であった。
2. しかし同一条件の耕起まき区に比べ、不耕起まき区では、常に発芽後50日目頃の初期から成熟時までの生育は劣り、子実収量においても、平均12%の減収であった。
3. このような生育及び収量に及ぼす不耕起まきの悪影響の原因に関しては次のように考察した。

すなわち、ダイズ根及び付着根粒の集中する深さ約10cmまでの表層土壌の通気性、透水性が不良となり、栽培期間の雨季多雨条件下では、ダイズ根及び根粒の呼吸機能は低下し、空中窒素固定量も減少するため、ダイズは窒素やりん酸などの養分供給が不十分となり生育、収量が抑制されると云うものである。

土壌の低いりん酸肥沃性や、窒素肥料の追肥は不耕起まきにおけるこのような悪影響を強める傾向にあった。

4. 開こん時に土壌改良用として多量のりん酸と加里を施用する効果は、子実収量としては第2作目までは明らかであったが、第3作目以降は明瞭ではなく、第5作に至っては明らかに減少した。
5. 開こん時の深耕の効果は、耕起まきの場合には子実収量にやゝ好影響を与える傾向にあったが、不耕起まきの場合には、干ばつ年にプラスとなったほか、殆ど好影響は見られなかった。かえって肥料用りん酸、加里の施用量が少ない条件では、深耕-不耕起まき区の収量は処理区中最も低いものであった。
6. 供試3品種(DoKo, Numbaira, Cristalina)の比較は、DoKoはVeranicoの被害のため比較できないが、他の2品種間の干ばつ年を除いた場合、全処理区の平均でNumbairaがCristalinaより約10%の増収であった。しかし処理に対するダイズの反応には品種間に差はなかった。しかしVeranico時における播種方式の違いに対する品種間差異は明らかで、Cristalinaでは不耕起まきの場合耕起まきに優ったが、DoKoではやはり不耕起まきか劣った。

NumbairaはCristalinaより子実収量が高いか、吸収養分量は少なく、吸収養分当りの子実生産効率が高い品種と云える。

Ⅶ 文 献

- 1) 岩田文男、R. A. Dedecek, 川崎 弘：セラードにおける大豆・小麦栽培法の改良、ブラジル農業研究協力プロジェクト研究報告書 73-77(1981年1月)国際協力事業団農業開発協力部
- 2) Shiro Miyasaka 及び Julio César Medina 編集：“A Soja na Brasil 377~387 (1982)
- 3) Baeumer, K and Bakermans, W. B. P. : Zero-Tillage, Agr. Agrom 25 77~123, (1973)
- 4) 久保田 徹ら：セラードオキソノルの圧密層によるダイズ根の伸長阻害、土肥誌、54, 389-395(1983)
- 5) 日本土壤肥料学会編：根粒の窒素固定 — タイズの生産向上のために — 26-31, 143-145 (1982)、博友社(東京)
- 6) 同上：施肥位置と栽培技術 — 現状と問題点 — 121-123, (1982) 博友社(東京)

Ⅷ 謝 辞

本研究を実施するにあたっては多数の方々にご援助をいただいた。

特にセラード農牧研究センター所長 E. WAGNER 博士、同研究部長 E. ROBERTO 博士、同コーディネーター MORESTHOM 博士、同サフコーディネーター J. PEREIRA 博士及びカウンターパートの DIMAS V. RESK 氏には終始多大のご助言とご協力をいただいた。

ここに、これらの方々から心から感謝の意を表す。

大豆品種の開花期と成熟期の推定法

異儀田 和 典

Carlos Roberto Spehar

Gottfried Urben Filho



大豆品種の開花期と成熟期の推定法

異儀田 和 典

Carlos Roberto Spehar

Gottfried Urban Filho

セラード地帯はブラジル中央部に位置して、南緯5度から20度、西経45度から60度にわたり、総面積1億8千万haの広大な地域である。したがって地域によって気象条件が大きく異なり、年平均気温では19.3～25.8℃、年降水量は1000～1800mmの範囲にあるといわれている。

近年セラード地帯で大豆栽培が行なわれるようになり、土壌肥沃度が低いなど多くの困難な問題を克服しながら急速に栽培面積を広げ、現在ではこの地帯の主要作物の1つとなっている。

しかし、降水量の年次変動が大きく、特に大豆栽培が行なわれる雨季の期間内に年によってはVeranicoと呼ばれる降雨の中断時期がある。このVeranicoが大豆の早魃に最も弱い開花期から結莢期と重なると子実収量は激減するなど不安定要素も多い。

大豆栽培をするにあたってはその地域に適した品種、播種期、施肥量、栽植密度などを知る必要がある。広大なセラード地帯では環境条件の異なる地域において、これらについて試験しなければならなくなる。しかし多くの場所で適正な条件の下にこれら耕種条件について試験することは、極めて困難なばかりでなく、気象条件、特に降雨の年次変動が大きいことを考えると、短期間に結論を出すことはむずかしい。

一方、気象観測は他の地域に比べて少ないとはいえかなりの地点で長い年月にわたって行なわれており、観測地点も次第にふえつつある。その地域の気温や降水量などの気象データにもとづいて、各品種をいつ播種すれば開花期や成熟期がいつになるということを推定できれば、生育段階ごとにうける気象条件とその年次変動が想定でき、その地域に適した品種、播種期などの耕種条件を考えるうえで役立つであろう。

本報告は現在セラード地域に栽培されている主要な品種について、どの地域でも、どの播種期でも、気象データにもとづいて開花期と成熟期を知ることができる推定法を明らかにし、各地域に最も適した品種や播種期などの耕種技術を考える場合の基礎資料にしようとした。

試 験 方 法

セラード中央農牧研究所 (Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, EMBRAPA, Planaltina Brasília D.F. 南緯15°15'30") で1977年から1982年までに、九州農業試験場 (熊本県菊池郡、北緯32°52'33") で1972年から1980年

つかうことにした。ただしここでいう開花期とは、開花を始めた個体が群落の中で50%以上を占めるようになった日のことである。出芽期から開花期までの積算気温（日数×平均気温）と平均日長の関係を品種 Paraná と Santa Rosa についてみると図1、2のようである。この図から出芽期から開花期までの積算気温と平均日長の関係を次のような2次の多項式をあてはめた。

$$W = A \times (Z - B)^2 + C$$

ただし、W：出芽期から開花期までの積算気温、 Z：平均日長、

A、B、C：品種に固有の定数

一方、 $W = X \times Y$

ただし、X：平均気温

Y：出芽期から開花期までの日数

したがって $X \times Y = A \times (Z - B)^2 + C$

しかし、品種によって気温に対する反応が異なることが想像されるので、積算気温のかわりに有効積算気温をあてはめることにすると

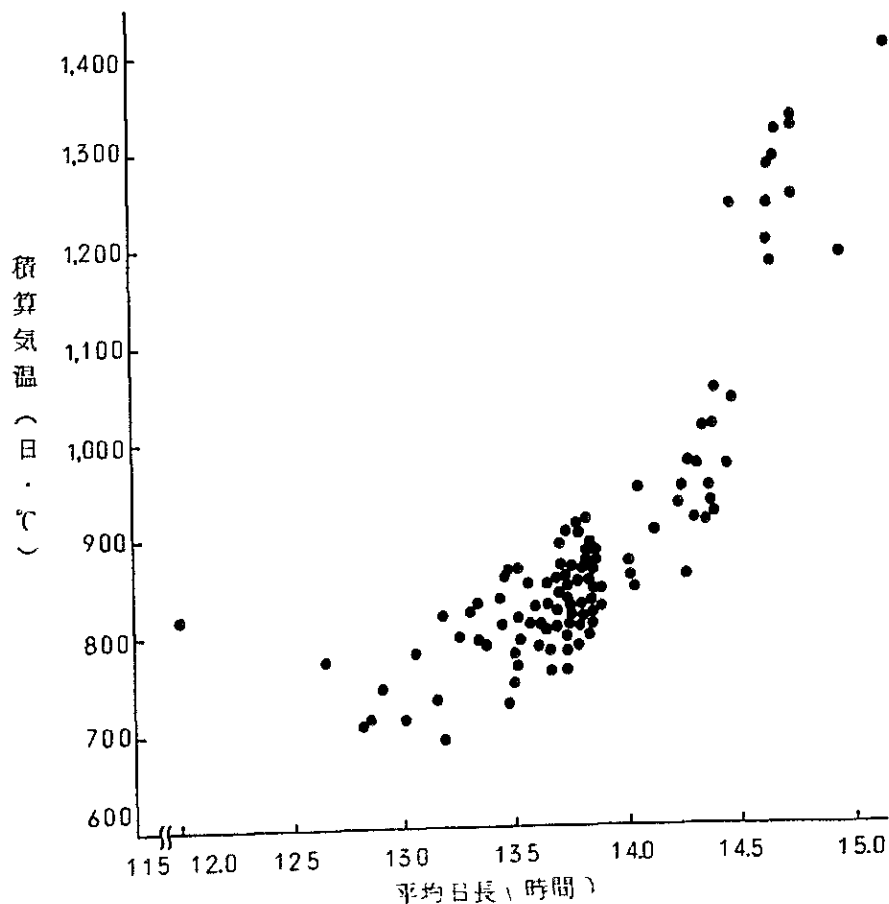


図1 出芽期から開花期までの積算気温と平均日長の関係
(品種：Paraná)

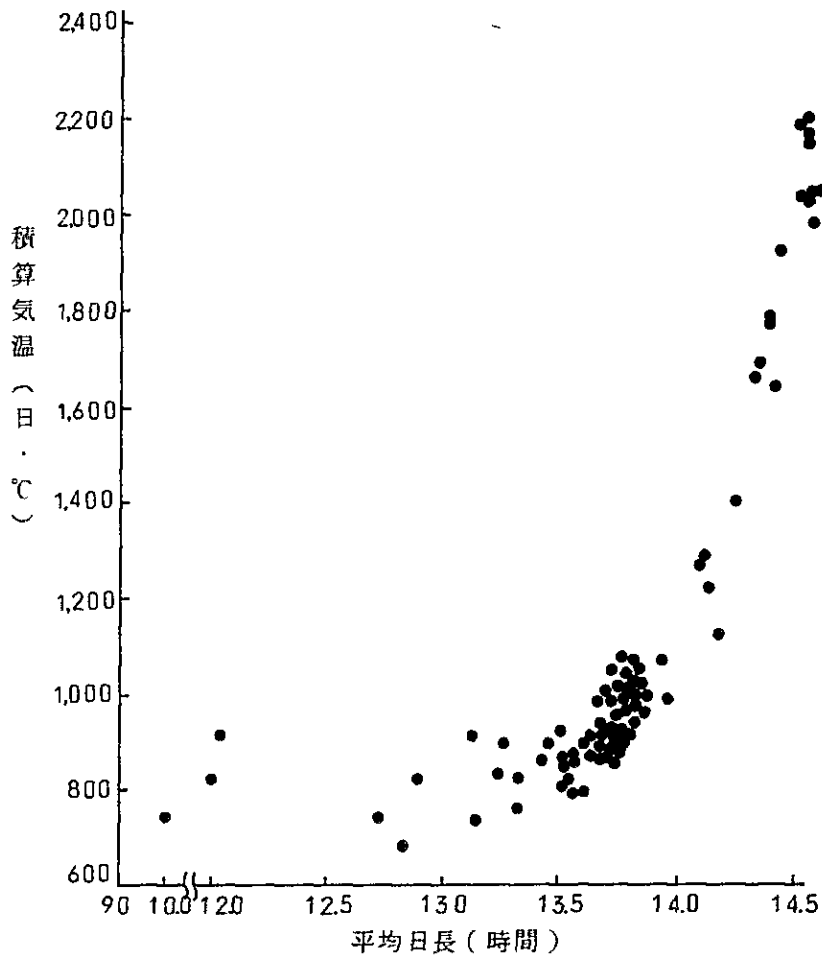


図2. 出芽期から開花期までの積算気温と平均日長の関係
(品種: Santa Rosa)

$$(X - D) \times Y = A \times (Z - B)^2 + C$$

ただし、Dは品種固有の定数

また、発芽期から開花期までの日数Yのうち、全部が平均気温と平均日長によって変化するわけではないと考えると、

$$(X - D) \times (Y - E) = A \times (Z - B)^2 + C$$

したがって、

$$Y = \frac{A \times (Z - B)^2 + C}{X - D} + E \quad \dots\dots\dots (4)$$

ただし、Y: 出芽期から開花期までの日数、 X: 平均気温、 Z: 平均日長、

A、B、C、D、E: 品種に固有の定数

実際のデータを使って上式を計算するにあたっては次のように変形した。

$$Y = \frac{A \times (Z - B)^2 + C}{X - D} + E$$

あるいは、

$$Y = A \times X_1 + C \times X_2 + E$$

ただし、 $X_1 = (Z - B)^2 \div (X - D)$ 、 $X_2 = 1 \div (X - D)$ 。

そしてBとDの値をいろいろと変化させ、回帰からの偏差の平方和が最小になるようなBとDを求め、その場合のA、C、Eを算出した。ただし、 $Z < B$ の時は $Z = B$ とした。このようにして求めた式によって算出した値と実測値の適合程度をParanáとSanta Rosaについて図3と4に示した。大部分のデータについて、推定値と実測値の違いは±3日以内でかなりよく適合している。

セラード地域の主要品種と日本の品種について計算した結果を表1に示した。

推定式に対する平均気温と平均日長の寄与率はデータの少ないNumbairaとDoko以外はいずれも0.9以上であったことから、出芽期から開花期までの日数は平均気温と平均日長ではほぼ推定できると考えられる。この推定式は経験式であるので、使用したデータの範囲外でもあてはまるかどうかは不明である。ここで使用したデータは平均気温の範囲がやや狭いので、今後さらに範囲外のデータを集める必要がある。使用したデータの範囲内で平均気温と平均日長が変化した場合の出芽期から開花期までの日数の変化を図示すると図5～図14図のようになる。これらの図から、Bragg、Bossier、Santa、Rosa、Dokoやアキヨシのように平均気温の高低によって出芽期から開花期までの日数があまり変化しない品種とDavis、IAC-2、UFV-1やNumbairaのように比較的变化しやすい品種があることがわかる。また、Bossier、Davis、

Santa Rosa、IAC-2、UFV-1などのように平均日長によって出芽期から開花期までの日数が大きく変化する品種とDokoやParanáのように変化の少ない品種もあることがわかる。

播種期と日平均気温のデータから、その場所における特定の品種の開花期を推定するには次のようにする。

- A. 播種した翌日より毎日の日平均気温から6.1℃を差引いたものを加えていき、合計が始めて737℃以上

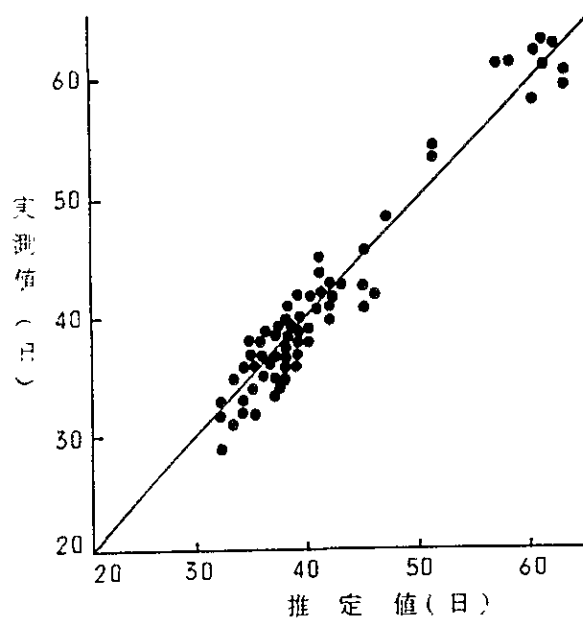


図3. 出芽期から開花期までの日数の推定値と実測値 (Paraná)

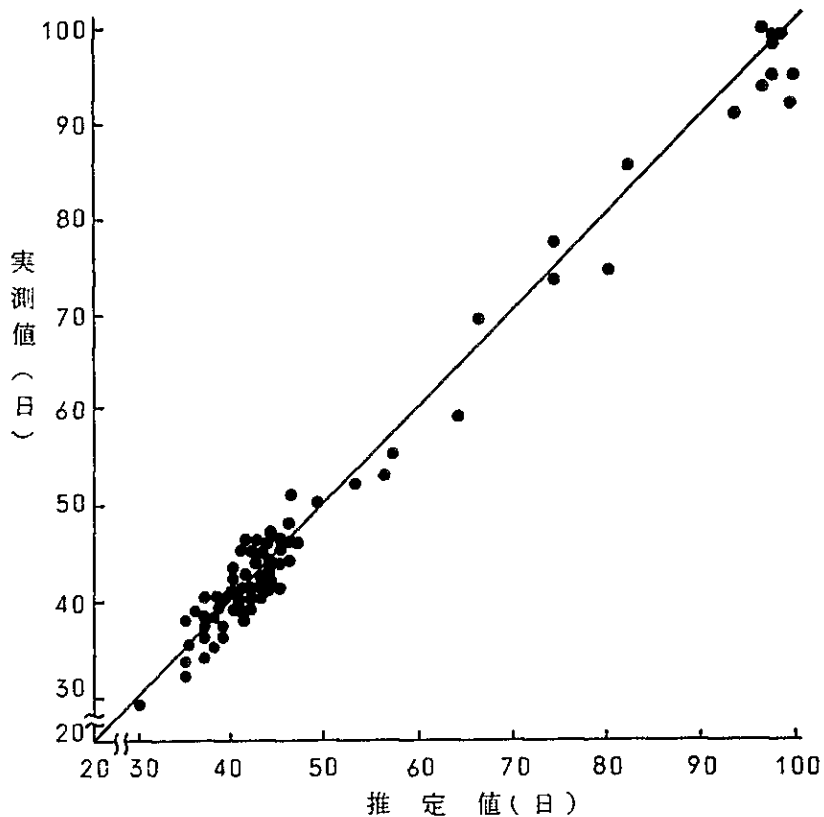


図4 出芽期から開花期までの日数の推定値と実測値 (Santa Rosa)

になった日を出芽期とする(3)式を参照)。

- B. 試験方法の項で述べたように、暦日による視赤緯の変化を理科年表より求め、これと試験場所の緯度を(1)式に代入し、(1)式と(2)式から出芽後の毎日の日長時間を求める。
- C. 出芽期翌日より日平均気温と日長時間を(4)式に代入して得た値の逆数を毎日加算していき、この逆数の和が始めて1以上になった日が開花期になる。

3. 開花期から成熟期までの日数の推定

開花期から成熟期までの日数は高温や短日条件によって短縮されることが知られている(福井等1952、福井等1956)。そこでまず開花期から成熟期までの積算気温と平均日長の関係をParanáとSanta Rosaについてみると図15、16のようである。Paranáの場合は平均日長が長くなるにつれてほぼ直線的に積算気温が増加するが、Santa Rosaでは曲線的に増加している。したがって多くの品種を取り扱う上で曲線の式の方がより適合すると考えられた。そこで出芽期から開花期までの日数の推定の場合と全く同様に考えて、次のような一般式をあてはめることにした。

$$Y = \frac{F \times (Z - G)^2 + H}{X - I} + J \dots\dots\dots(5)$$

表1 出芽期から開花期までの日数の推定式 $Y = \frac{A \cdot (Z - B) + C}{X - D} + E$ における各品種の定数

品 種	定 数					寄与率 ²	テ ー タ の 範 囲		
	A	B	C	D	E		平均気温(C)	平均日長(時間)	
Bragg	53	7059	1306	13226	147	1049	09613	200~27.4	1000~1553
Bossier	63	10579	1337	7296	15.7	2599	09639	204~24.8	1349~1533
Davis	70	2787	1271	1481	183	2737	09738	205~26.5	1000~1538
Paraná	125	2038	1280	1966	184	2836	09120	205~24.5	1200~1512
Santa Rosa	115	46461	1339	28754	107	1211	09790	205~26.5	1000~1459
IAC-2	97	10704	1332	2524	181	3439	09230	204~24.9	1201~1459
UFV-1	116	14926	1340	1480	184	3731	09589	197~24.3	1201~1453
Numbaira	35	8085	1337	3686	186	4700	08172	203~23.9	1312~1430
Doko	46	18528	1274	75542	27	2007	06571	205~23.9	1202~1426
アキヨシ (日本品種)	103	25284	1357	62891	10	389	09770	196~28.4	1202~1536

注) 推定式において Y: 出芽期から開花期までの日数、X: 平均気温(C)、平均日長(時間)

ただし、Z < B の場合は Z = B とする。

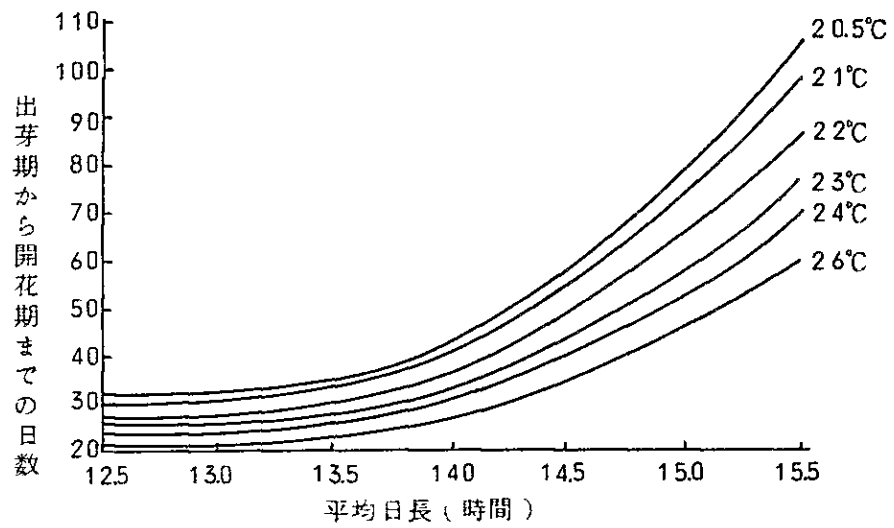


図5 出芽期から開花期までの日数と平均気温及び平均日長の関係
(品種 Bragg)

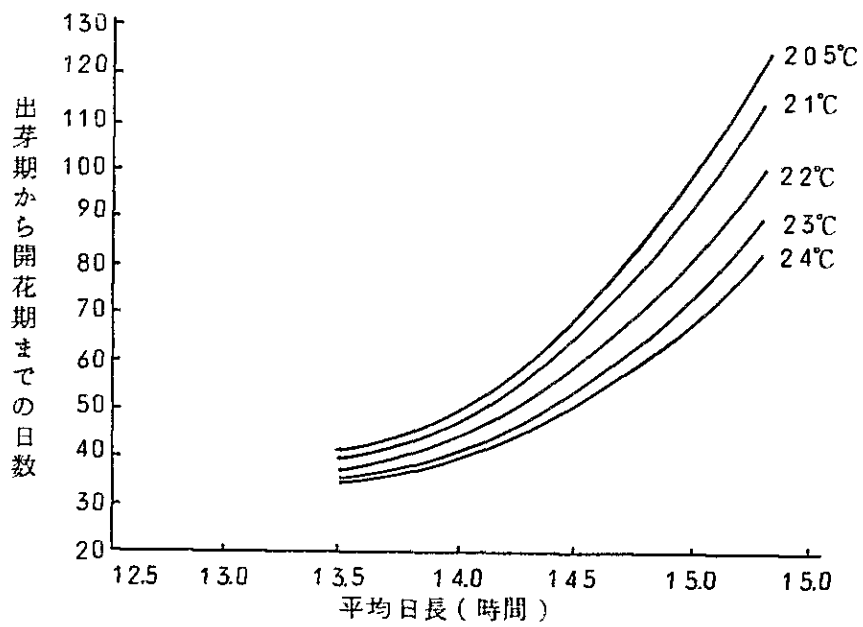


図6 出芽期から開花期までの日数と平均気温及び平均日長の関係
(品種 Bossier)

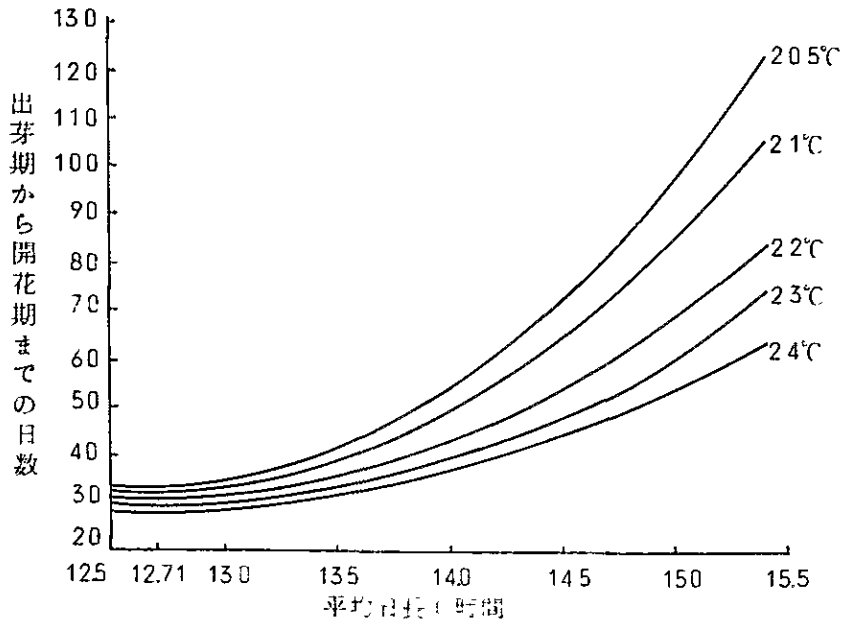


図7 出芽期から開花期までの日数と平均気温及び平均日長の関係
(品種 Davis)

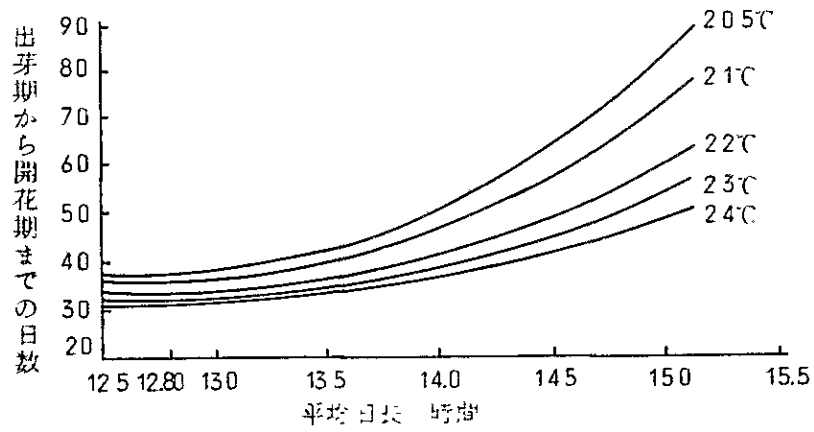


図8 出芽期から開花期までの日数と平均気温及び平均日長の関係
(品種 Paraná)

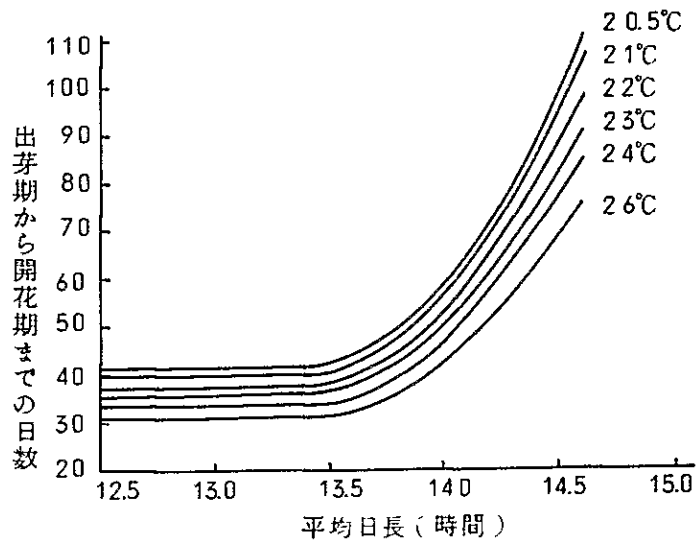


図9 出芽期から開花期までの日数と平均気温及び日長の関係
(品種 Santa Rosa)

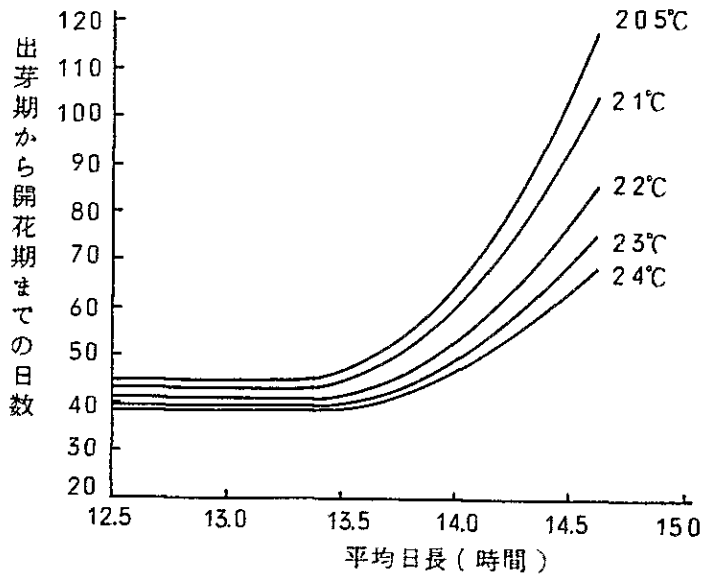


図10 出芽期から開花期までの日数と平均気温及び平均
日長の関係 (品種 IAC-2)

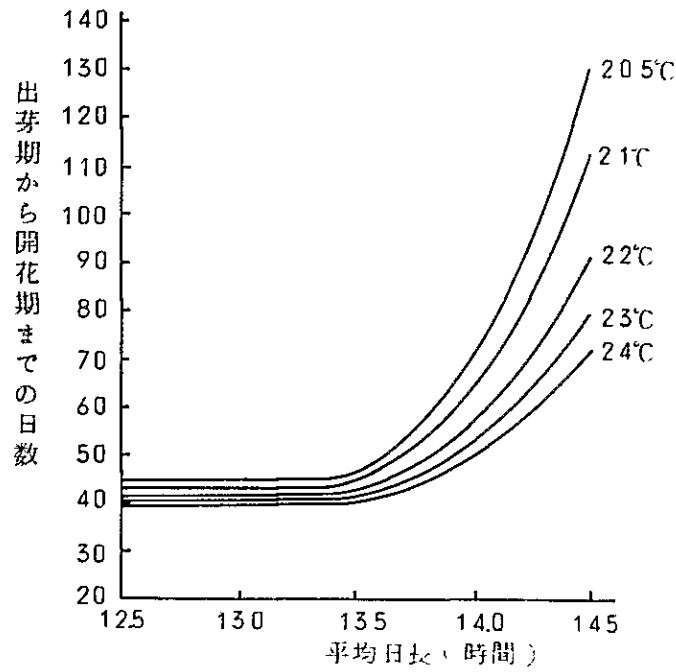


図 1 1 出芽期から開花期までの日数と平均気温及び平均日長の関係 (品種 UFV-1)

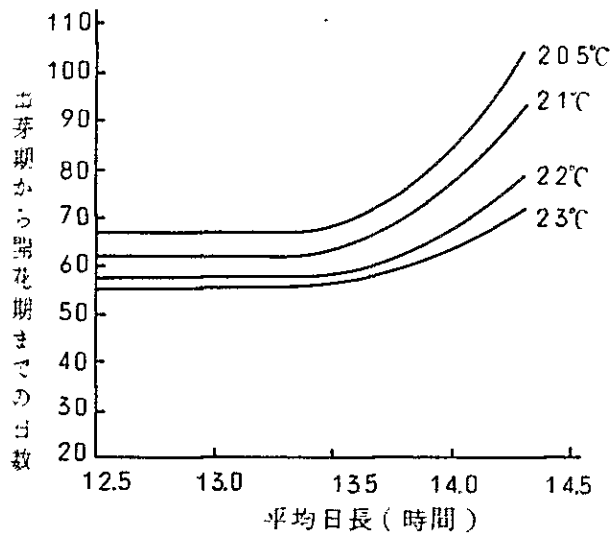


図 1 2 出芽期から開花期までの日数と平均気温及び平均日長の関係 (品種 Numbaira)

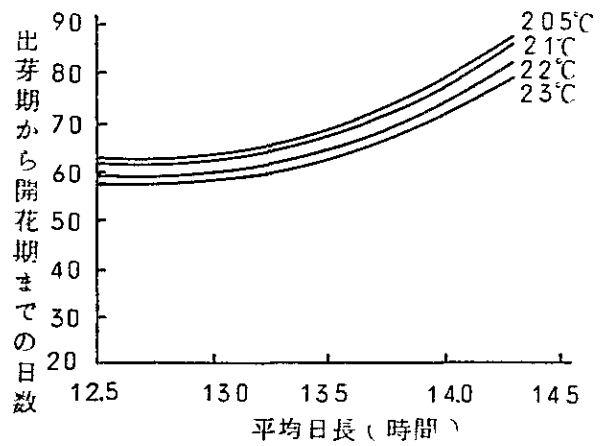


図 1 3 出芽期から開花期までの日数と平均気温及び平均日長の関係 (品種 Doko)

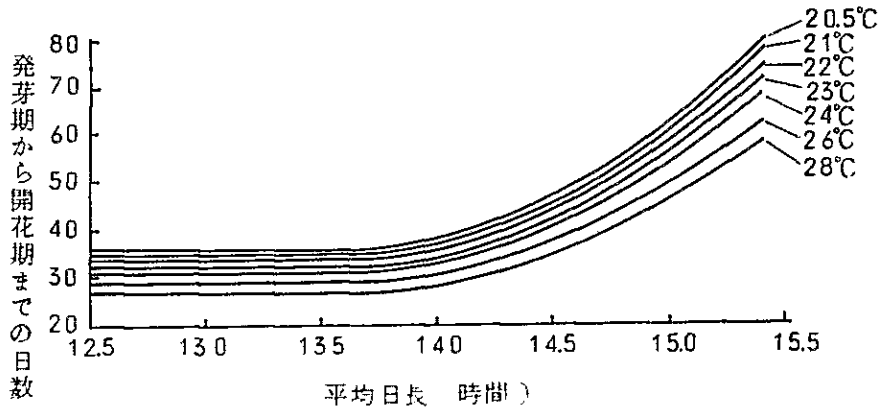


図 1 4 発芽期から開花期までの日数と平均気温及び平均日長の関係
(品種 アキヨシ)

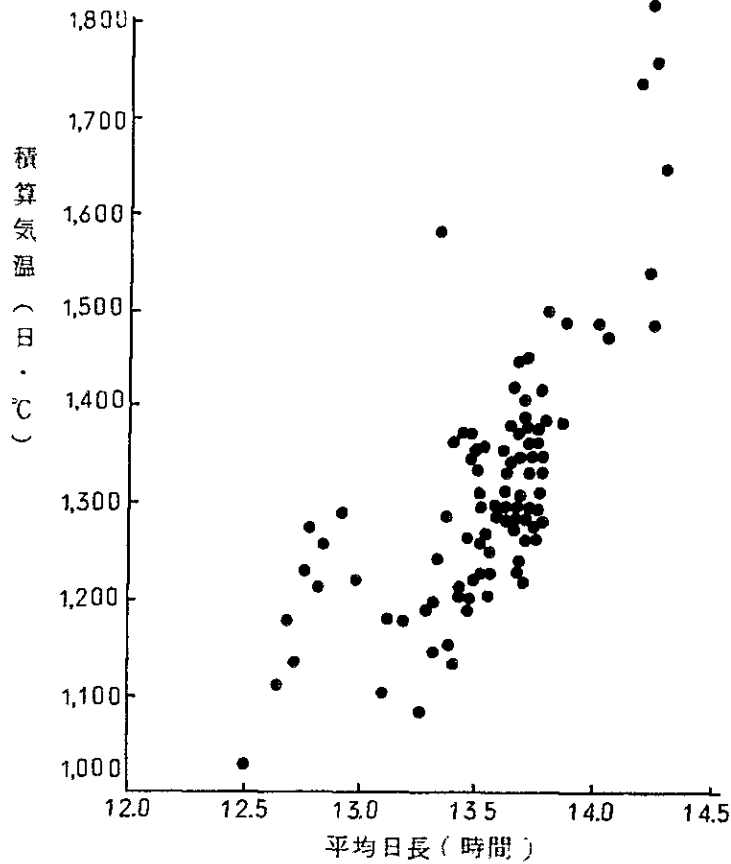


図 1 5 開花期から成熟期までの積算気温と平均日長の関係 (品種 Parana)

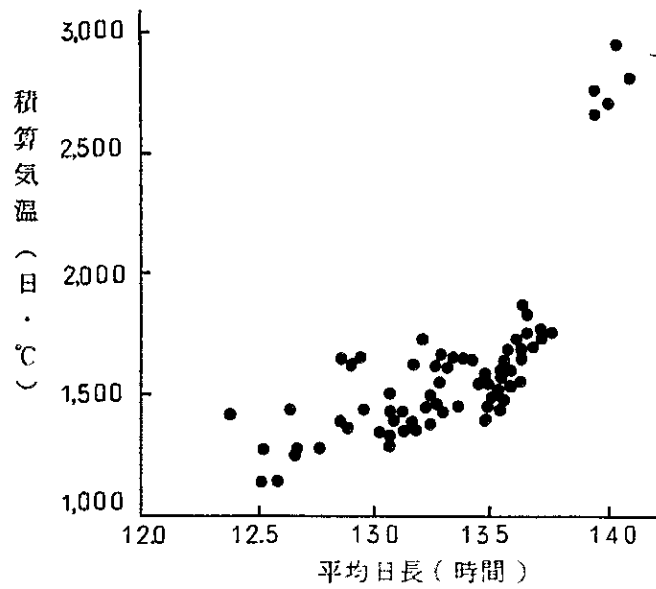


図 1 6 開花期から成熟期までの積算気温と平均日長の関係
(品種 Santa Rosa)

ただし、Y：開花期から成熟期までの日数、Z：平均日長（時間）、X：平均気温（℃）、
F、G、H、I、Jは品種に固有の定数。

ここでいう成熟期とは、郡落全体の莢のうち始めて95%以上の莢が品種固有の熟灰色を示した時のことをいう。

この式によって求めた推定値と実測値の適合度をみると図 1 7、1 8 のようである。大部分

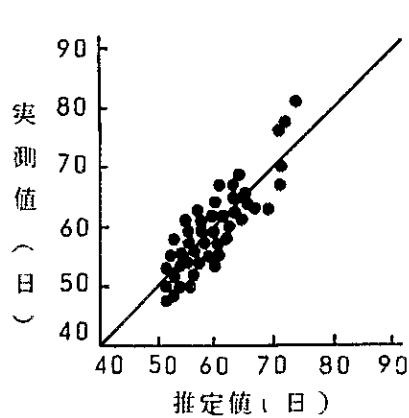


図 1 7 開花期から成熟期までの日数の推定値と実測値
(品種 Parana)

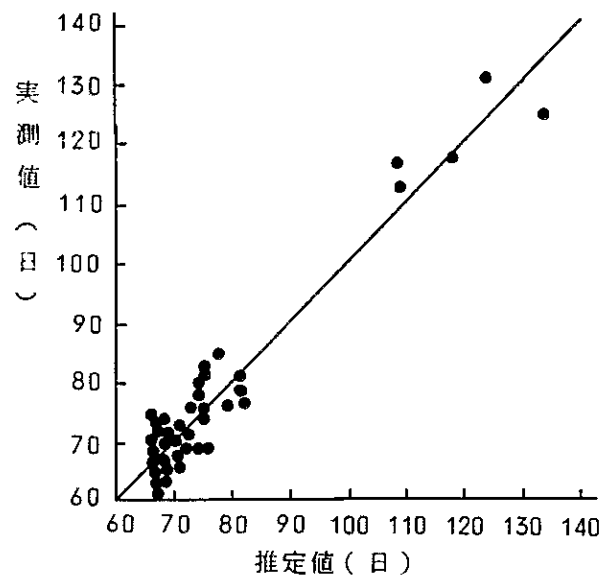


図 1 8 開花期から成熟期までの日数の推定値と実測値 (品種 Santa Rosa)

のデータでは推定と実測値の差が±6日以内であるが、出芽期から開花期までの日数を推定した場合に比べると適合度はかなり低い。この理由の一つは成熟期の判定が比較的困難で、同じ人がやっても2〜3日の違いは生じると思われる。しかし、さらに大きな理由はカメムシ類などの莢を加害する害虫の被害によって生ずる成熟期の遅延である。ブラジルではカメムシ類の被害は晩生品種になるほど多いとされている。これは早生品種の中で増殖したカメムシ類が晩生品種に移るためである。特に栽培面積が狭い場合には集中的な被害を受ける。同様なことは早生品種を晩播しても起こりうることである。このように莢の被害が大きい場合には、たとえ短日条件下で本来は成熟期が早くなるはずであっても、成熟期は大巾に遅れることになる。

セラード地域の代表的な9品種についての計算結果を表2に示した。前述した理由によって、平均気温と平均日長の推定式に対する寄与率は発芽期から開花期までの日数の場合に比べてはるかに低くなっている。

主要品種の成熟期の推定は、開花期と平均気温さえわかれば、開花期の推定の場合と同様な方法でできる。ただし、かなりの誤差はさげられない。

表1と表2からわかるように、平均気温の有効下限はどの品種においても、出芽期から開花期までの日数の推定式の方が開花期から成熟期までの日数の推定式の場合よりも大きい。すなわち、どの品種でも定数Dの方がIより大きい。同様に日長の下限值BはGより大きい品種が大部分であった。このことは大豆が一般に開花期までの栄養生長期間の方が開花期以後の生殖生長期間にくらべてより高温でかつより長日条件下で生育すること、および栄養生長と生殖生長の転換が円滑に行なわれる上で何らかの意義があるものと思われる。

大豆の早晩性に関する品種の分類については、アメリカの熟期分類が最も広くとりいれられている。この分類では播種期（又は出芽期）から成熟期までの日数の短い順に00、0、I、……、Xまでの12のグループに分類している（Weiss、1949）。日本では福井（1961）の生態型分類が使われている。これは播種期（又は出芽期）から開花期までの日数の短い順にIからVまで、開花期から成熟期までの日数の短い順にa、b、cの3型をつくり、この2つの要素の組合せによって品種を類別している（例えば、IIa、IIIc、IVbなど）。この方法はアメリカの熟期分類にくらべてやや複雑で、成熟期の早晩が不明確になりやすい（例えばIIcとIIIaはどちらが成熟期が早いかなど）こと、日本品種を対象にしているのも世界的にみるとIとVのグループに多くの品種がはいりすぎるなどの欠点を持っている。しかし大豆の生育にとって重要な開花期を考慮している点はすぐれている。

この2つの分類はいずれも類別ごとに標準品種をつくり、検定する品種がどの標準品種に最も類似しているかによって類別する。しかし、WHIGHAM（1975）やSHANMUGASUNDRAM（1976）が指摘しているように、これら温帯地域で行なわれた類別は熱帯地域ではうまくあてはまらない。すなわち、グループ間の差の縮小や逆転がおこる。このような分類法の不適合は、温帯地域で播種期をかえた場合にも程度は小さいがごく普通におこる現象で

表2 開花期から成熟期までの日数の推定式 $Y = \frac{F \times (Z - G)^2 + H}{X - I} + J$ における各品種の定数

品 種	定 数						寄与率R ²	デ ー タ の 範 囲	
	F	G	H	I	J	平均気温(°C)		平均日長(時間)	
Bragg	47	79.18	11.38	334	13.5	3103	0.8877	161~250	12.55~14.44
Bossier	44	174.70	12.04	1,001.30	0.0	1091	0.6649	19.7~23.9	12.78~14.24
Davis	47	77.14	12.55	31.61	159	51.05	0.7470	17.6~24.3	13.02~14.27
Parand	99	72.70	13.00	37.64	171	45.79	0.7600	18.2~24.4	12.64~14.30
Santa Rosa	82	3,75.18	13.39	255.6	0.0	65.84	0.8612	18.2~23.8	12.38~14.07
IAC-2	69	3,455.61	13.37	548.93	49	39.57	0.9593	18.6~23.7	12.64~13.99
UFV-1	64	54.62	10.34	4.76	6.0	46.54	0.8261	17.3~23.7	12.33~13.63
Numbaira	26	415.79	12.74	699.55	2.6	31.65	0.6736	20.7~23.9	12.46~14.05
Doko	30	333.63	12.43	919.84	0.0	20.93	0.7315	19.9~23.8	12.12~13.95

注) 推定式において Y:開花期から成熟期までの日数、X:平均気温(°C)、平均日長(時間)
ただし、Z<Gの場合はZ=Gとする。

ある。以上のような分類法の不適合は、各品種が固有の日長反応や温度反応を持つと考えれば、ある気象条件下で分類したものが別の異なる気象条件下での分類と一致しないのはむしろ当然と考えられる。したがってこのような分類法をとるかぎり、気象条件や緯度の異なる地域ではその地域固有の分類が必要になり、多くの異なる分類が各地域に併存せざるをえない。

これらの分類によってある品種の開花期や成熟期を知るには、その地域で長い間栽培されている品種の中から同じグループの品種をさがして、この標準品種の開花期や成熟期から検定品種の開花期や成熟期を推定することになる。これはいわば相対的方法といえるが、これに対して他の品種とは無関係に、「いつ播けば、いつ開花期や成熟期になるか」という絶対的ともいえる方法がある。この絶対的方法では、先ず開花期や成熟期がいつになるかということが明らかにされ、その結果として、その自然条件下でどちらがどの程度開花期や成熟期が早いかが明らかになる。

大豆の開花期や成熟期の早晚が主として気温と日長によって左右されることは GARNER 等（1920）、GARNER（1930）以来多くの研究者によって報告されている。しかし気温や日長が毎日変化する自然条件下で、いつ播種すれば開花期や成熟期がいつになるかを推定できる方法は明らかにされていない。

一方、大豆の品種を使った試験は毎年、多くの場所で、播種期や施肥量など様々な事項について行なわれている。その中には通常開花期や成熟期に関するデータも含まれている。したがって、もしその試験期間中の気象データが記録されていれば、開花期や成熟期との関係を検討することができる。

著者等はセラード中央農牧研究所と九州農業試験場で行なわれた大豆の試験成績から、セラード地域の主要品種に関するデータをぬき出し、気象データとの関係を検討した。その結果、各品種の播種期から出芽期までの日数は平均気温によって推定できること、出芽期から開花期までの日数及び開花期から成熟期までの日数はいずれも平均気温と日長によって推定できることを明らかになった。したがって場所（緯度）と播種期が決まり、平均気温のデータがわかれば、任意の場所についてどの播種期でも開花期と成熟期が推定できることになる。

このように播種期から開花期及び成熟期が推定できるようになれば、大豆の各生育段階における日射量や降雨量及びこれらの年次変動を知ることができる。したがって播種期をいつにすれば最も安定・多収になるかを推測できるようになるであろう。また、セラード地域の大豆栽培は経営面積が大きいこと、およびトラクターやコンバインなどの農業機械を有効に利用するということから、播種期や収穫時期を長くする必要がある。代表的な品種についていろいろな播種期について成熟期を推定できれば、播種期と品種の合理的な組合せができるであろう。

気象条件の異なる多くの場所における多年にわたる試験データと気象データから、作物の生育と気象条件の関係を検討し、得られた結果を各地の気象データにあてはめてその地域の作物の生育を類推する方法は、セラード地帯のように様々な気象条件の地域があり、かつその年次

変動の大きい地帯の農業を考える場合に極めて有力な方法と考えられる。そのためにはできるだけ多くの場所において、多年次にわたって作物に対する試験データを集めたデータバンクが必要となる。この場合、データはできるだけオリジナルな形（数年次の平均や数場所の平均という形ではなくて、もとの数値）で記録され、作物の調査項目や調査基準が統一されることが必要である。一方、気象データのバンクも必要で、この場合もデータはできるだけ日別に記録されたものが望ましい。したがって作物のデータも気象データも膨大な量になるとともに、その解析には多量の計算が必要になる。しかし、コンピュータを有効に利用すれば困難な点はないと思われる。

引用文献

- 1) FUKUI, J. & YARIMIZU, H.: On the Influence of the Day-length and Temperature upon the Pipping Period of Soy-Beans. Proceedings of the Crop Science of Japan, vol XXI, No.1-2, November, 1952, 123-124p.
- 2) FUKUI, J.; OJIMA M. & YARIMIZU, H.: After-effect of day-length and temperature treatment given during the seed ripening period of soybeans on the plant growth and yield in the following generation. Japanese Journal of Breeding, vol 6, No.1, 1956, 5-10p.
- 3) FUKUI, J.: Classification on ecological studies on crop varieties with special reference to Japanese soybean varieties. Japanese Journal of Breeding, vol 11, No.2, 1961, 3-5p.
- 4) GARNER, W.W. & ALLARD, H.A.: Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants.
Journal of Agricultural Research, Washington, 18 (2), 1920, 553-606p.
- 5) GARNER, W.W.: Photoperiodic responses of soybeans in relation to temperature and other environmental factors.
Journal of Agricultural Research, Washington, 41 (10), 1930, 719-735p.
- 6) MUXLEY, P.A.: SUMMERFIELD, R.J. & HUGHES, A.P.: The effect of photoperiod on development of soybean and cowpea cultivars grown in the U.K. in summer. Exp. Agric. 10 (4), 1974, 225-239p.
- 7) SHANMUGASUNDARAM, S.: Expanding the use of soybeans. Proceedings of a conference for Asia and Oceania. INTSOY Series 10, 1976, 191-195p.
- 8) THOMAS, J.F. & RAPER, D.J.: Morphological response of soybean as governed by photoperiod, temperature, and age at treatment. Botanical Gazette, Chicago. 138 (3), 1977, 321-328p.
- 9) 東京天文台：理科年表，第 51，丸善株式会社，1978。
- 10) WEISS, M.G.: Soybeans. Adv. Agron. 1949, (1), 77-157p.
- 11) WHIGHAM, D.K.: Soybean variety evaluation. In: D.K. WHIGHAM, ed., Soybean production, protection, and utilization. Univ. Illinois, Urbana. (INTSOY Ser. 6).

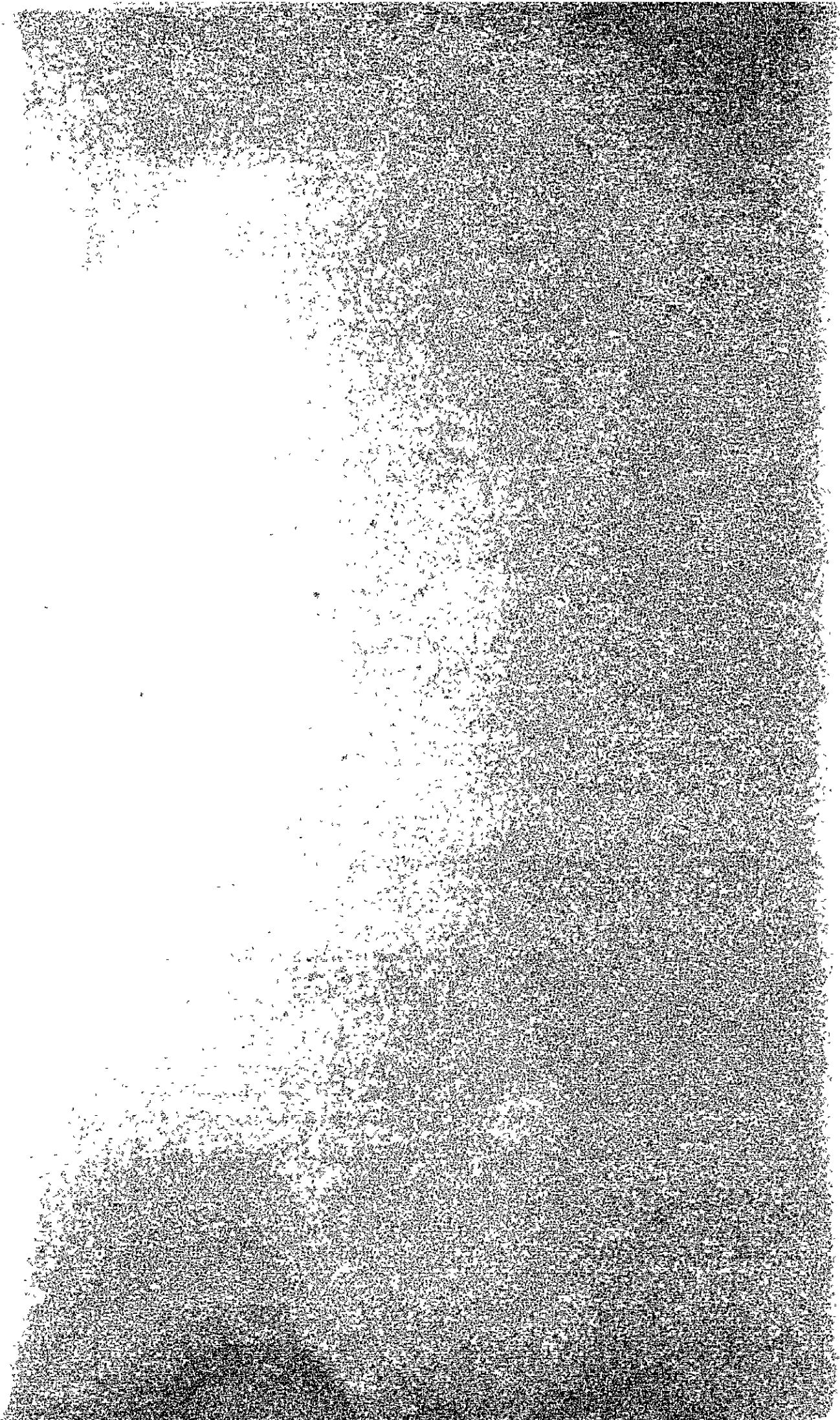
大豆の生育収量に及ぼす燐酸施肥量、
品種および畦幅の影響

吳 儀 田 和 典

泉 山 陽 一

Carlos Roberto Spehar

Gottfried Urban-Filho



大豆の生育収量に及ぼす磷酸施肥量、 品種および畦幅の影響

異 儀 田 和 典

泉 山 陽 一

Carlos Roberto Spehar

Gottfried Urben Filho

セラード地帯の土壤は長年の風化作用によって無機養分が溶脱された結果、酸性が強く、活性アルミニウムの含量は高く、かつ作物の生育に必要な無機養分が非常に欠乏しているといわれている (Wenceslau、1979、Leo等、1979)。したがって石灰や磷酸を多施して土壤改良するとともに、作物の作付にあたってはかなり多量の施肥が必要とされている。しかし現実には肥料の単価が高く、また経営面積が広大なため、莫大な費用がかかり必ずしも十分に施されていない。そこで磷酸施肥量の少ない条件でも品種の選択や畦幅(栽植間隔)の増減によってどの程度子実収量の低下を軽減できるか、また磷酸肥料を多施できる場合にどのような品種と畦幅をとれば効率的かを知ろうとした。

試 験 方 法

この試験は1979年から1982年の3年間にセラード農牧研究センター(Centro de Pesquisa Agro-pequária dos Cerrados/EMBRAPA、略称CPAC)の牧草地から新たに造成された試験圃場で行なった。土壤は暗赤色ラトソル(Latossolo Vermelho Escuro、LE)で、造成前の土壤の性質は表1のとおりである。

表1. 施肥前における土壤の化学分析結果(LE、1979年)

PH	Al me/100ml	Ca + Mg me/100ml	P ppm	K ppm
4.77	0.92	1.54	4.1	140

試験区は2段分割区法とし、区の構成は磷酸の施肥量を主試験区とし、その各々に品種を副試験区としてわりつけ、さらに副一試験区として栽植密度をわりつけた。1区あたりの面積は13.5㎡で、3区制とした。磷酸の施肥量は多磷酸区と少磷酸区の2水準とし、多磷酸区は初年度の1979/80年にはP₂O₅で300kg/ha、1980/81年には100kg/haを加え、

さらに1981/82年にも100kg/haを施肥した。一方、少磷酸区には初年度に100kg/haのP₂O₅を施しただけで2年目と3年目にはいずれも磷酸の施肥を行なわなかった。磷酸肥料としてはどの年度も過磷酸石灰を使用した。供試品種としては初年度はSanta Rosa, IAC-2, UFV-1, Dokoの4品種、2年目にはParaná, Santa Rosa, UFV-1, Dokoの4品種、3年目にはParaná, Santa Rosa, IAC-2, UFV-1, Dokoの5品種とした。畦幅(畦と畦の間隔)は35cm、50cm、65cmの3水準とした。ただし、初年目はいずれの畦幅でも面積当たり栽植本数が同じ50本/m²になるように畦内の栽植間隔が調整されたが、2年目と3年目は畦内の栽植本数を25本/mとしたため栽植本数は異なり、35cm区は71本/m²、50cm区は50本/m²、65cm区は38本/m²となった。各試験区とも共通に苦土石灰と塩化加里を施した。苦土石灰の施用量は初年度4t/ha、2年目は1t/haとし、3年目は施さなかった。塩化加里はいずれの年次もK₂Oで100kg/ha施した。これらの肥料はいずれも深さ約20cmまでの深さに全面全層施肥した。播種期は初年目が1979年11月6日、2年目が1980年11月10日、3年目が1981年11月23日であった(表2参照)。

表2 試 験 方 法

年次	播種期	施 肥 量 (kg/ha)				畦幅と栽植密度	品 種
		苦土石灰	K ₂ O (塩化加里)	P ₂ O ₅ (過磷酸石灰)			
				多磷酸区	少磷酸区		
1979/80	11月6日	4000	100	300	100	畦幅は35cm, 50cm, 65cmの3段階、栽植密度は50本/m ² で共通。	Santa Rosa, IAC-2, UFV-1, Dokoの4品種
1980/81	11月10日	1000	100	100	0	畦幅は35cm, 50cm, 65cmの3段階、栽植密度は40本/m ² , 50本/m ² , 70本/m ² に相当。	Paraná, Santa Rosa, UFV-1, Dokoの4品種
1981/82	11月23日	0	100	100	0	畦幅は35cm, 50cm, 65cmの3段階、栽植密度は40本/m ² , 50本/m ² , 70本/m ² に相当。	Paraná, Santa Rosa, IAC-2, UFV-1, Dokoの5品種。

試 験 結 果

1. 試験期間中の気象条件

CPACにおける11月上旬から4月中旬までの旬別平均気温を1975~82年の8年間

の平均で見ると 21.6～22.6℃の範囲で、ほとんど変化しない(図1)。しかし年次変動はかなり大きく、この変動は図1と図2からわかるように降雨量の多少と密接に関係している。すなわち降雨の多い期間では平均気温は低く、少ない期間では高くなっている。一方、降雨の年次変動は非常に大きい。1979/80年度では1月上旬から2月中旬にかけて降雨量が非常に多く、3月は少なかった。1980/81年度では全般に雨が少なく、特に2月上旬から3月上旬にかけて40日以上雨がほとんど降らず、いわゆる Veranico (雨季の中の小乾期) となった。1981/82年度は2月上旬から中旬にかけて降雨が少なく、3月上旬に降雨が多かったほかは平年なみであった。

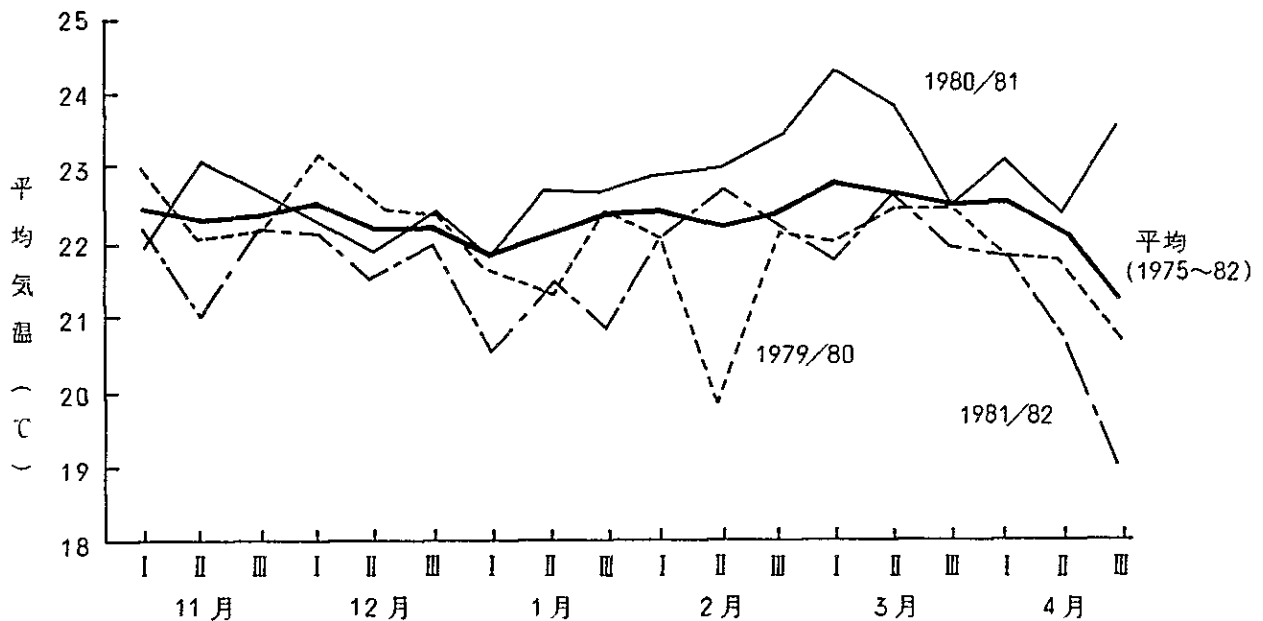


図1. 試験期間中の平均気温の推移 (CPAC, principal)

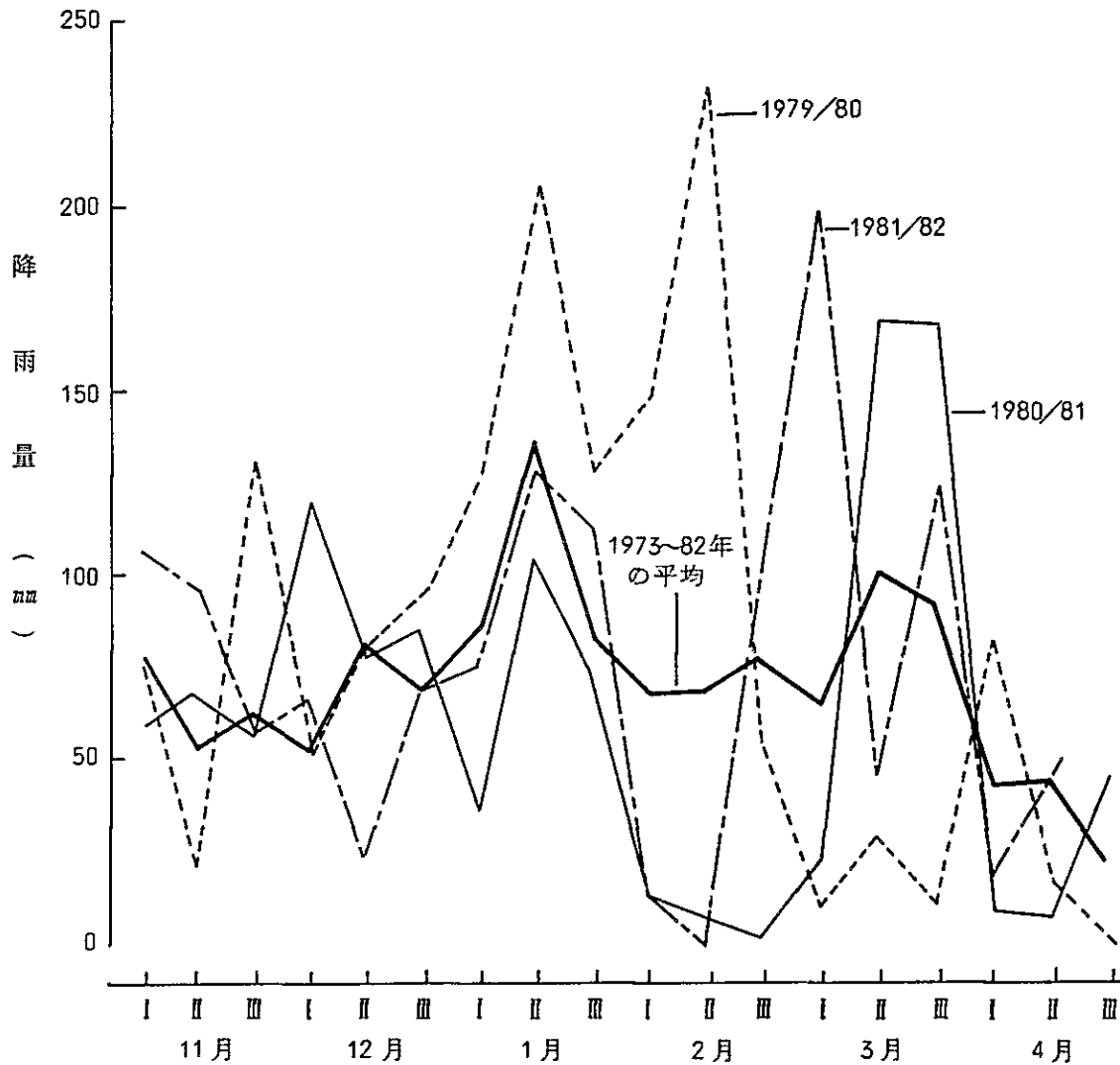


図2. 試験期間中の降雨量の推移（10日間の合計、CPAC, principal）

2 大豆の生育と子実収量

初年度の生育は播種後97日（2月11日）の地上部重の測定結果からもわかるように磷酸施肥量と畦幅によって大きく影響された（表3）。すなわち多磷酸区（ $300\text{kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ ）の方が少磷酸区（ $100\text{kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ ）よりも各品種とも生育が旺盛であり、また畦幅が狭いほど生育量が大きくなる傾向があった。しかし、生育量が大きくなるにつれて必ずしも子実収量が多くならなかった（表3）。表4に示す子実収量の分散分析結果からも明らかのように子実収量に対する磷酸施肥量の効果も畦幅の効果も非常に小さく、いずれも統計的には有意差は認められなかった。しかし、磷酸施肥量と品種の交互作用および磷酸施肥量と畦幅の交互作用はいずれも大きく統計的に有意差が認められた。すなわち早生品種の Santa Rosa では多磷酸区の方が子実収量が多くなっているが、中生品種の IAC-2 や U F V-1 および晩生品種の Doko ではむしろ少磷酸区の方が子実収量が多かった（図3）。磷酸施肥量と畦幅の交互作用についてみると、少磷酸区ではどの

表3 大豆の生育と子実収量(1979/80、播種期11月6日)

磷酸 施用量	供試品種	畦幅 (cm)	地上部* 乾物重 (g/m ²)	開花期 (月日)	成熟期 (月日)	子実収量** (kg/ha)
少磷酸区	Santa Rosa	35	594	12/24	3/8	2645 abc
		50	530	12/23	3/9	2435 abc
		65	527	12/23	3/9	2454 abc
		平均	550	12/23	3/9	2511
	UFV-1	35	632	12/27	3/15	2763 ab
		50	636	12/27	3/15	2232 bcd
		65	561	12/26	3/16	2431 abc
		平均	610	12/27	3/15	2475
	IAC-2	35	538	12/25	3/12	2608 abc
		50	594	12/24	3/13	2131 bcd
		65	652	12/24	3/13	2374 abc
		平均	595	12/24	3/13	2371
	Doko	35	602	1/19	4/1	2611 abc
		50	553	1/19	4/1	2095 bcd
		65	532	1/18	4/2	2259 abcd
		平均	562	1/19	4/1	2318
多磷酸区	Santa Rosa	35	744	12/23	3/8	2719 abc
		50	623	12/23	3/9	2862 a
		65	569	12/23	3/10	2729 ab
		平均	645	12/23	3/9	2770
	UFV-1	35	684	12/27	3/15	2261 abcd
		50	706	12/26	3/16	2423 abc
		65	631	12/26	3/16	2197 abcd
		平均	674	12/26	3/16	2294
	IAC-2	35	797	12/24	3/13	1997 cd
		50	753	12/24	3/13	2231 abcd
		65	738	12/24	3/13	2150 abcd
		平均	763	12/24	3/13	2126
	Doko	35	733	1/18	4/1	1587 d
		50	647	1/19	4/2	2056 bcd
		65	597	1/19	4/2	2240 abcd
		平均	659	1/19	4/2	1961

・地上部乾物重の調査は1980年2月11日に行なった。

・・異なる文字はDuncanの多重検定の5%水準で有意差のあることを示す。

品種も畦幅35cmの場合に最も子実収量が多く、多磷酸区では畦幅50cm又は65cmで最も子実収量が多くなった。また子実収量に対する品種の効果も有意性が認められた(表4)。すなわち早生品種のSanta Rosaの子実収量が最も多く、UFV-1、IAC-2、Dokoの順に少なくなった(表3)。

表4 子実収量の分散分析(1979/80)

変 動 因	自 由 度	平 方 和	平 均 平 方	F
主 試 験 区				
磷酸施肥量(P)	1	314292.40	314292.40	19232
ブ ロ ッ ク	2	1389386.1	694693.1	04251
誤 差(a)	2	326847.97	163423.99	
副 試 験 区				
品 種(V)	3	2511432.84	837144.28	102430*
P × V	3	990769.66	330256.55	4.0409*
誤 差(b)	12	980736.75	817280.6	
副 一 副 試 験 区				
畦 幅(E)	2	988357.8	49417.89	07335
P × E	2	1468712.14	734356.07	10.9006*
V × E	6	225941.45	37656.91	0.5590
P × V × E	6	360315.30	60052.55	0.8914
誤 差(c)	32	2155788.00	673683.8	

*は5%水準で有意であることを示す。

2年目の大豆の生育を成熟期の莖重からみると、どの品種でも多磷酸区(初年度に300kg/ha、2年目に100kg/ha)の方が少磷酸区(初年度100kg/ha、2年目は施肥せず)より旺盛であり、また畦幅の狭い方が生育量が多かった(表6)成熟期の莖長についても莖重とほぼ同様の傾向であった(表5)。また、成熟期における莖重には大きな品種間差が認められ、晩生品種ほど莖重が重くなった。このような品種間差異は各品種の出芽期から開花期までの積算気温(毎日の平均気温を出芽期から開花期まで合計したもの)と密接に関係し、積算気温の大きい品種ほど成熟期の莖重は重くなった(図4)。もちろんこの積算気温と莖重の関係は磷酸施肥量によって違ったが、開花期は磷酸施肥量によってほとんど変化しないことから磷酸施肥量は莖重の増加速度と密接に関係していることがわかった。しかし、このような生育量の大小は必ずしも子実収量の多少とは結びつかなかった。図5に示すように、早生品種のParanáやSanta Rosaでは成熟期における莖重が重いほど子実収量も多くなる傾向がみら

れたが、中生～晩生品種のUFV-1やDokoでは茎重が重くなるにつれて子実収量は低下する傾向がみられた。

子実収量に対する分散分析の結果は表7のとおりである。初年目と同様に磷酸施肥量の効果と畦幅の効果にはいずれも有意性を認められなかった。しかし、磷酸施肥量と品種の交互作用には有意差が認められた。すなわち、子実収量は早生品種のParanáやSanta Rosaでは多磷酸区で多く、中生～晩生品種のUFV-1やDokoでは少磷酸区が多かった(図6、表6)。

また品種の効果にも大きな有意性が認められ、早生品種のParanáとSanta Rosaの子実収量が多く、中生品種のUFV-1と晩生品種のDokoでは子実収量が少なかった。

畦幅と品種の交互作用には有意性は認められなかったが、早生品種では畦幅の狭い方が、中生～晩生品種では畦幅の広い方が子実収量が多くなる傾向がみられた(図6)。

百粒重は早生品種では多磷酸区の方が重く、中生品種と晩生品種では少磷酸区の方がやや重くなった。

コンバインによる収穫の効率に影響する最下着莢位置は、大豆の生育量が大きくなる処理、すなわち磷酸多肥、畦幅の縮少、晩生品種の選定によって高くなった(表5)。倒伏はSanta RosaとDokoでみられたが、いずれも磷酸施肥量の多い方が、また畦幅の狭い方が倒伏程度

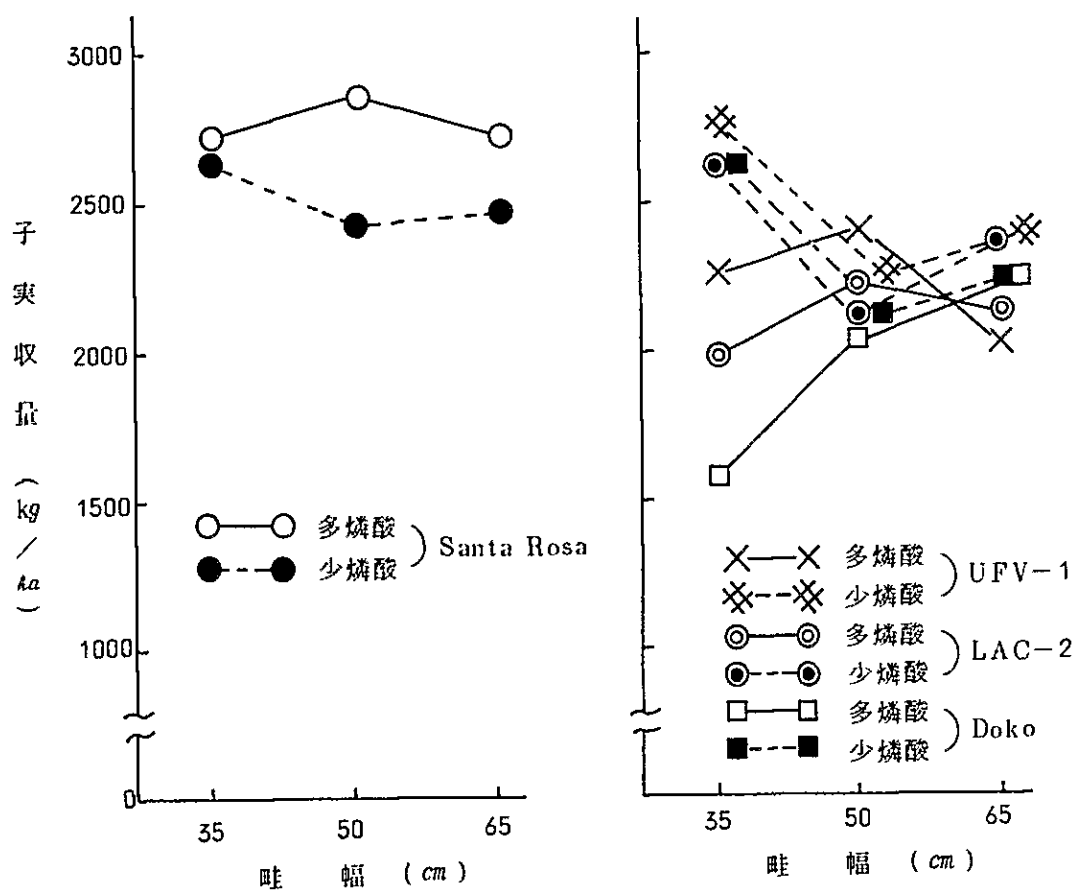


図3 磷酸施肥量と畦幅をかえた場合の各品種の子実収量(1979/80)

が大きくなる傾向があった(表5)。

表5 大豆の生育調査結果(1980/81、播種期11月10日)

磷 酸 施用量	供 試 品 種	畦 幅 (cm)	開 花 期 (月日)	成 熟 期 ^{**} (月日)	茎 長 (cm)	最下着莢 位 (cm)	倒伏程度 ^{**}
少 磷 酸 区	Paraná	35	12/24	2/20	44.5	19.9	1.0
		50	12/24	2/21	47.5	19.3	1.0
		65	12/24	2/20	40.0	16.7	1.0
		(平均)	(12/24)	(2/20)	(44.4)	(18.6)	(1.0)
	Santa Rosa	35	12/24	3/4	43.5	19.5	1.0
		50	12/25	3/5	46.1	18.0	1.0
		65	12/25	3/4	39.0	15.6	1.0
		(平均)	(12/25)	(3/4)	(42.9)	(17.7)	(1.0)
	UFV-1	35	12/29	3/13	39.4	19.9	1.0
		50	12/30	3/14	39.8	19.9	1.0
		65	12/29	3/13	35.9	16.6	1.0
		(平均)	(12/29)	(3/13)	(38.4)	(18.8)	(1.0)
	Doko	35	1/22	-	87.2	47.4	2.0
		50	1/22	-	73.8	41.2	2.0
		65	1/23	-	74.8	40.9	1.0
		(平均)	(1/22)	-	(78.6)	(43.2)	(1.7)
多 磷 酸 区	Paraná	35	12/24	2/22	58.8	24.0	1.0
		50	12/24	2/21	49.6	20.0	1.0
		65	12/24	2/21	49.8	18.0	1.0
		(平均)	(12/24)	(2/21)	(52.7)	(20.7)	(1.0)
	Santa Rosa	35	12/25	3/4	64.2	21.8	2.3
		50	12/25	3/5	53.4	19.6	1.0
		65	12/26	3/5	51.7	17.8	1.0
		(平均)	(12/25)	(3/5)	(56.4)	(19.7)	(1.4)
	UFV-1	35	12/30	3/14	55.7	29.3	1.0
		50	12/30	3/14	47.9	23.7	1.0
		65	12/30	3/14	42.7	19.2	1.0
		(平均)	(12/30)	(3/14)	(48.8)	(24.1)	(1.0)
	Doko	35	1/24	-	95.2	40.3	2.7
		50	1/23	-	98.0	44.1	2.0
		65	1/23	-	96.2	37.9	2.3
		(平均)	(1/23)	-	(96.5)	(40.8)	(2.3)

・ 倒伏程度は無を1とし、完全倒伏を5とする5段階にわけた。数字は3反復の平均値を示す。

・・ Dokoは早抜のため成熟期を判定できなかった。

表 6. 大豆の収穫物調査結果 (1980/81、播種期11月10日)

磷 酸 施用量	供 試 品 種	畦 幅 (cm)	子 実 重 (kg/ha)	莢 殻 重 (kg/ha)	茎 重 (kg/ha)	百 粒 重 (g)
少 磷 酸 区	Paraná	35	2277 abcd	1113	833	153
		50	2251 abcd	1090	807	157
		65	1913 abcde	910	490	162
		(平均)	(2147)	(1038)	(710)	(157)
	Santa Rosa	35	2375 abc	943	827	134
		50	2473 abc	1000	827	133
		65	2101 abcd	867	793	120
		(平均)	(2316)	(937)	(816)	(129)
	UFV-1	35	1745 abcdef	907	990	101
		50	1645 abcdef	957	1000	108
		65	1589 abcdef	843	727	108
		(平均)	(1660)	(902)	(906)	(106)
	Doko	35	799 def	873	2350	122
		50	1096 abcdef	623	2107	129
		65	1080 bcdef	687	1993	121
		(平均)	(992)	(728)	(2150)	(124)
多 磷 酸 区	Paraná	35	2544 ab	1310	1127	163
		50	2587 ab	1277	1010	163
		65	2522 ab	1183	770	170
		(平均)	(2551)	(1257)	(969)	(165)
	Santa Rosa	35	2569 ab	1180	1280	136
		50	2498 ab	1237	1033	137
		65	2601 a	1110	1023	132
		(平均)	(2556)	(1176)	(1112)	(135)
	UFV-1	35	970 cdef	720	1510	91
		50	1256 abcdef	857	1417	103
		65	1206 abcdef	840	1040	102
		(平均)	(1144)	(806)	(1322)	(99)
	Doko	35	515 f	490	2763	115
		50	775 def	560	2677	120
		65	652 ef	503	2220	122
		(平均)	(647)	(518)	(2553)	(119)

(注) 水分含量を13%に補正した。

表 7. 子実収量の分散分析 (1980/81)

変 動 因	自 由 度	平 方 和	平 均 平 方	F
主 試 験 区				
磷 酸 施 肥 量 (P)	1	5292091	5292091	0.6160
ブ ロ ッ ク	2	61297638	30648819	3.5678
誤 差 (a)	2	17181018	8590509	
副 試 験 区				
品 種 (V)	3	3271102002	1090367334	125.2434**
P × V	3	2670322.2	890107.40	10.2241**
誤 差 (b)	12	104471811	87059.84	
副 一 副 試 験 区				
畦 幅 (E)	2	18514855	92574.28	10969
P × E	2	1597238.4	798619.2	0.9463
V × E	6	31477423	52462.37	0.6216
P × V × E	6	2796307.2	466051.2	0.5522
誤 差 (c)	32	270067666	8439615	

**は1%水準で有意であることを示す。

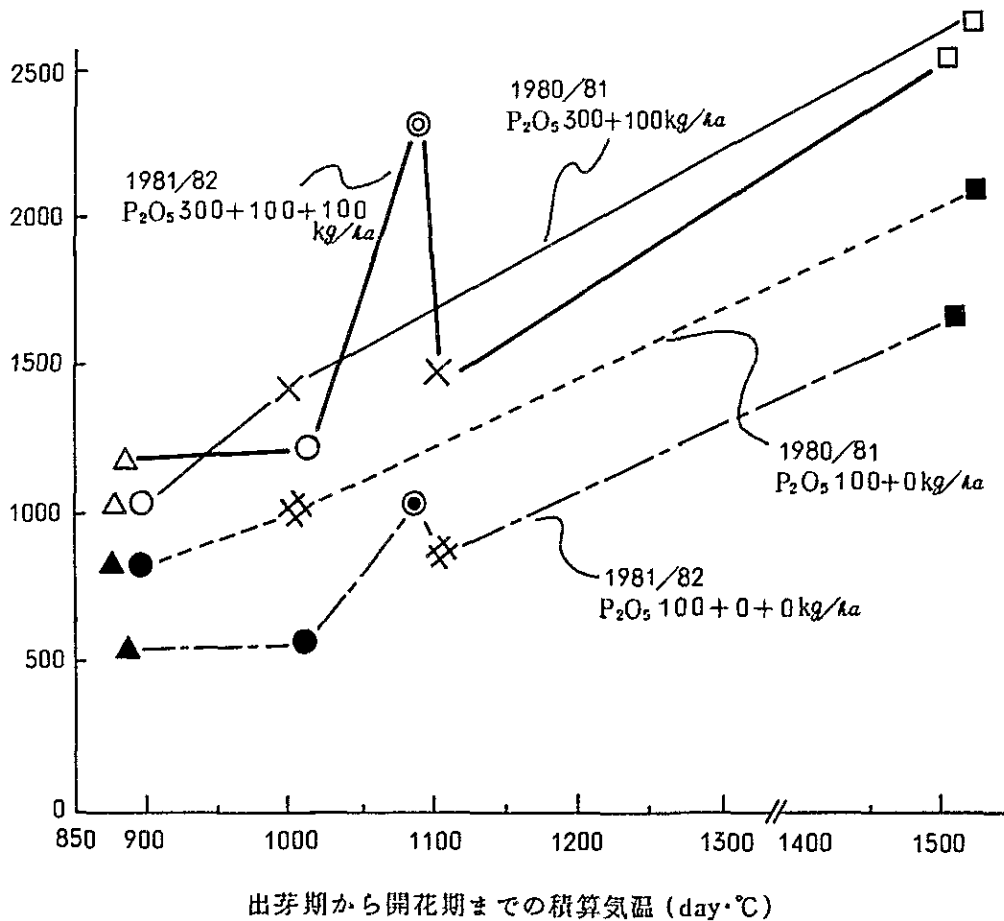


図 4. 出芽期から開花期までの積算気温と成熟期における基重の関係 (畦幅 50 cm)

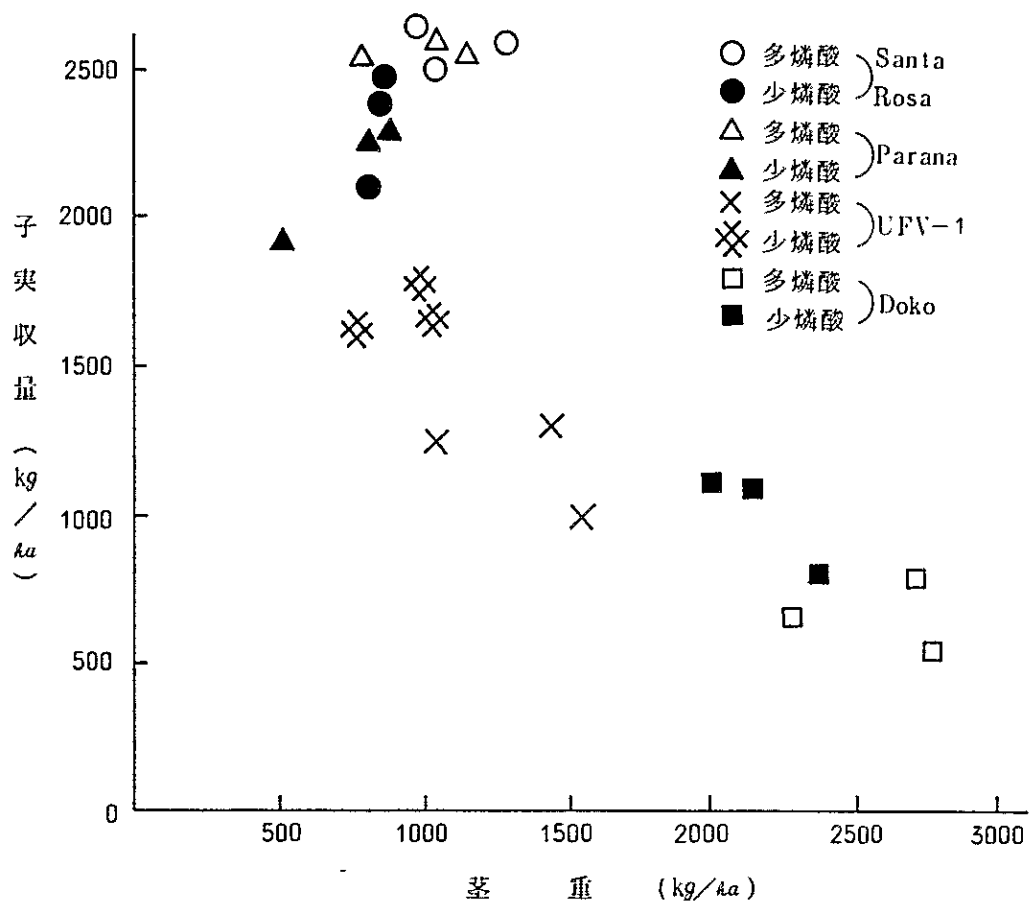


図 5 成熟期における茎重と子実収量の関係 (1980/81)

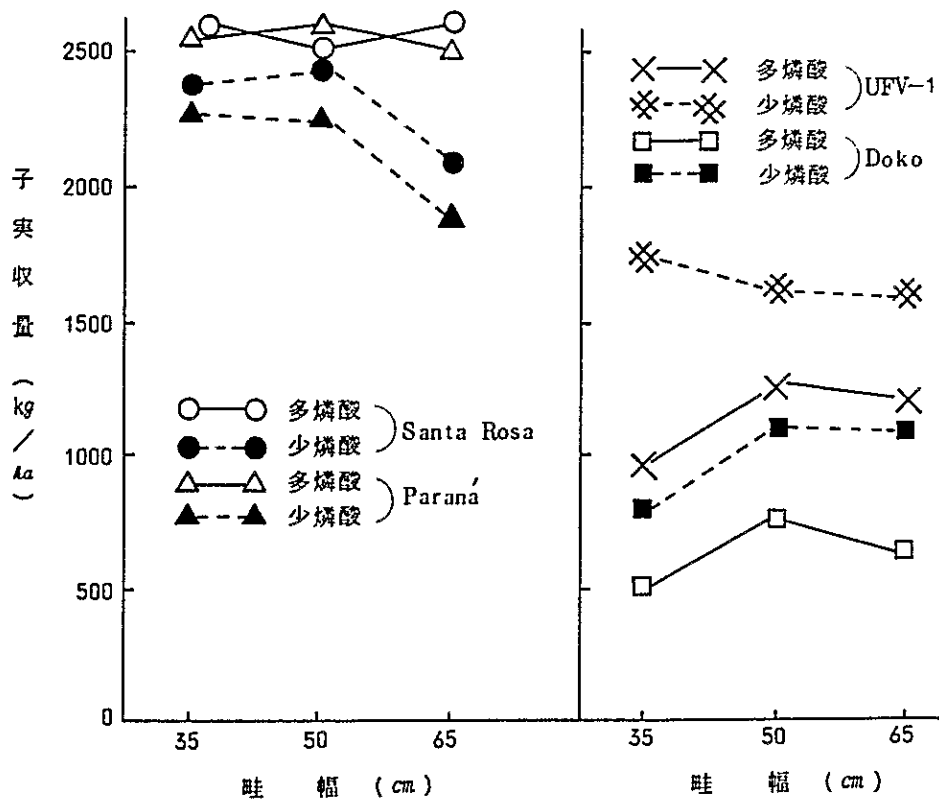


図 6 磷酸施肥量と畦幅をかえた場合の各品種の子実収量 (1980/81)

3年目の大豆の生育と収量は表8と9のとおりである。成熟期における茎長と茎重は多磷酸区（ P_2O_5 で初年度 300 kg/ha 、2年目と3年目に各々 100 kg/ha 施肥）が少磷酸区（初年目 100 kg/ha 、2年目と3年目は施肥せず）よりはるかに大きかった。また畦幅が狭くなるほど茎長、茎重ともに大きくなる傾向がみられた。成熟期における茎重には大きな品種間差がみられたが、図4に示すように出芽期から開花期までの積算気温の大きい品種ほど茎重が重くなり、また同じ積算気温の場合でも磷酸施肥量の多い方が茎重も重くなった。ただIAC-2の場合はもともと生育が旺盛なことと開花期以後にも長い期間生育する無限伸育型の品種であることから、同じ積算気温でも開花期以後の生育期間の短い有限伸育型の品種に比べ茎重が重くなった。茎重と子実収量の関係を見ると図7のようであった。いずれの品種も茎重が重くなるほど子実収量も多くなった。特に早生品種のParanáやSanta Rosaでは茎重が増加するにつれて子実収量が急激に増加したが、中生品種のIAC-2とUFV-1および晩生品種Dokoでは茎重の増加につれてゆるやかに子実収量が増加した。

子実収量の分散分析では磷酸施肥量について有意性が認められた以外はいずれの要因についても有意性はみられなかった（表10）。

表9および図8にみられるように、各品種とも多磷酸区の方が少磷酸区に比べてはるかに子実収量が多かった。また多磷酸区ではUFV-1の子実収量がやや少なかったほかは品種間差が小さかったのに対し、少磷酸区では晩生品種になるほど子実収量が多くなる傾向がみられた。百粒重はUFV-1をのぞく他の4品種ではいずれも多磷酸区の方が少磷酸区より重くなった。磷酸施肥量を多くしたり、畦幅を狭くしたりして生育量が大きくなるにつれて最下着莢位置は高くなったが、一方倒伏もしやすくなった（表8）。