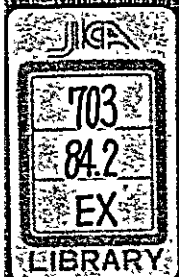


中南米技術協力計画に基づくフランス国に於ける 技術協力報告書

- I. 胡椒の牧草栽培に関する試験研究
- II. 農耕開発方式の改良(牧草圃と作物圃との輪換)に関する試験研究

June, 1976

国際協力事業団



JICA LIBRARY



1025633[7]

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 3. 15	703
登録No. 00302	84.2 EX

目 次

緒 論	1
I Amazon 地域に於ける胡椒の敷草栽培に関する試験研究	3
(I) 胡椒根系調査	3
(II) 有機物による被覆の土壤環境並に作物の生育収量に及す影響 試験	10
(III) 施用方法を異にする有機物の土壤環境並に作物の生育収量に 及す影響試験	15
(IV) 胡椒の生態特性に関する試験	20
(V) 有機物の緩衝作用に関する試験	24
(VI) 胡椒に対する敷草用作物の選定及び作付所要面積に関する調査	28
(VII) 敷草材料作物の作付方式に関する試験	30
む す び	33
II Amazon 地域に於ける農耕開発方式の改善に関する試験研究	34
(I) 既設の自然草地と牧草地との地力試験	34
(II) 新設の自然草地と牧草地との地力試験	38
(III) 牧草 <i>Brachiaria</i> による地力回復試験	42
(IV) 有機物及び化学肥料の施与が生育収量に及す影響試験	45
む す び	48

中南米技術協力計画に基づく、ブラジル国に於ける技術協力報告

I 胡椒の敷草栽培に関する試験研究

II 農耕開発方式の改良（牧草圃と作物圃との輪換）に関する試験研究

Brasil, Belém 北伯農牧調査研究所

派遣専門家 作物栽培 寺田 慎一

緒 論

筆者は中南米技術協力計画に基づいて国際協力事業団から作物栽培専門家として1965~'68年と1973~'76年の2回に亘り Brasil Belém にある Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuarias do Norte - IPEAN 北伯農牧調査研究所に派遣された。この間に実施した研究成績を上記2課題に整理して報告する。

Amazon 地域の気象を先づ勤務地の Belém について説明する。Belém は Amazon 河口南緯1度余にある、光熱に恵れ晴天下では光度70000 Lux 前後、1表のように平均最高気温は32℃、平均最低気温は22℃、月較差は少なく周年高温である。これは全 Amazon 地域にあてはまる。年降水量は約3,000 mm、雨季12月~5月の6ヶ月間の月平均降水量は350 mm、月の最高は約500 mm。干季6ヶ月の月平均は130 mm、月の最少は約100 mm であるが、この干季でも5~6日置きに降雨があり干季乾燥の軽い事が Belém 周辺地区の特徴である。これに相似した降雨状況を持っているのは Amazon 西側地域である。これら両地域は熱帯森林気象とも言われ Belém 地域は胡椒の大きな栽培地となっている。

Amazon の中部地域は雨季期間の降水量は Belém よりも少々少い上に特に干季には少く1ヶ月前後降雨のないこともあり、野草の葉が褐色に枯れることもあるがそれでも森林は支障なく育っている。モンスン型気象であり、干季をもつ熱帯森林気象とも言われる。この地域には胡椒の産地 Tome Açu 地区をはじめ Manaus 地域が含まれている。中部地域の北寄りとは南寄りには夫々雨季の降水量も比較的少なく特に干季乾燥の極めて著しい小地域がは入り込んでいる、灌木草原をなし、熱帯 savana と呼ばれている、土はかたく耐干性の形態をもつ植物が見られる。

Amazon 全域の気象の特徴を生態的に見ると畑地は干季に於ては豊かな光熱の影響を受けて地温は高く乾燥は著しい。雨季の強い降雨を短時間に区切ってみると10分間に20 mm、30分間に29 mm の降雨もある。雨滴は地表を強く打ち、雨水の滲透と共に土壌が締り、土壌孔隙量が少くなる、且つ土壌水分の過剰がながびく、又地表に水が流れて粘土や有機物の流亡がおこり砂地化に傾く、土をうごかしたときに一層速くあらはれる。Amazon の気象は余りにも熾烈である。

Amazon 地域は地質的にこの本流域の大部分を包含している 第3紀層の大平原と、この南北両側に小高い起伏のある中生層及び古生層の地域、並に中流と下流に発達している第4紀層の沖積地に分けられる。第3紀層平原は酸性岩を母材とする Latosol 土壌が発達し、岩石構成の優位を占める珪酸が溶脱し、鉄、アルミナが残り、可溶性塩基、磷酸の含量は少い、粘土はカオリン系で塩基保持力に欠けている又有機物に乏しく、酸性は比較的強い。中生層土壌は塩基性岩を母材した Terra

1 表 Belem に於ける気温と降水量 (IPEAN:1923-1963)

項目 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
平均最高気温℃	30.9	30.3	30.3	30.6	31.5	32.0	31.9	32.2	32.0	32.2	32.3	31.9	31.5
平均最低気温℃	22.5	22.5	23.2	22.8	22.7	22.5	22.1	22.0	21.7	21.8	22.0	22.3	22.3
降水量 mm	335	423	455	379	279	170	150	117	124	106	94	206	2837

2 表 地質別土壤の作物生産量 - Kg / h a

作物	Ge地質		第4紀層		第3紀層		中生層	
	森林	期作	第1期作	2期作	第1期作	2期作	第1期作	2期作
稻 - 粳	原始林		4,000	4,000	1,200	800	3,000	2,000
"	再生林				800	300		
玉蜀黍	原始林		2,500	2,000	500	300		
Mandioca	"				20,000		40,000	

roxa のような塩基含量の高い土壤も分布している又沖積土壤は中流地方に於ては雨季の増水によって、下流地方に於ては春秋の満潮時に於て夫々浸水するが土地は肥えている。IPEAN に於ては此等の地質別土壤の生産力を作物生産量を以て次のように取纏めている(2表)、即、第4紀層(沖積層)土壤は最も生産が高く且つ第2期作の生産低減は極めて少ない。次いで中生層土壤であり、最も低いのは第3紀層土壤であつて第2期作の生産低減は最も大い。

Amazon 地域に於て短期作物を栽培する場合焼畑移動農法をとっている、即、森林を焼払つて作物を植付ける。この第3紀層土壤に於ては、稻(又は玉蜀黍)-菜豆(又は Cowpea)、或は稻(玉蜀黍)-mandioca の輪作のもとに2年か3年栽培すると生産が低下し経営的に引合はなくなり、他の森林に移る。而して同一耕地に作付が帰ってくるのは第1回目には3~4年、第2回目には10年余のように回数を重ねるにつれて自然放置年数が長くなる。

この放置休閑期間に草木の成長-その草木灰を肥料源として利用する-によって地力を養っている。上述のように Amazon の気象は余りにも熾烈であり作物の生育には適良とは言えない。又大部分の面積を占める第3紀層土壤はやせている。それにも拘らず Savana 地域を除いた全域は巨大な森

林に密に覆われている。樹冠は豊かな光熱のもとに盛んに有機物を造成する、年間100t～200t/haとも言われている。森林土壌は樹冠の地面被覆によって熾烈な気象の影響を緩和し土壌環境だけでなく、土壌の理化学性を適良に改変している。即、雨季の強い雨は樹冠にあたって細雨となり、1部は樹冠に吸着吸収され1部は蒸発して一気に全量が土壌に到達しない。従って雨滴直撃による土壌孔隙量の減少もなく、降雨直後の土壌水分飽和も緩慢になり土壌侵食も起らない。干季には太陽熱がさえぎられ、地面蒸発が防がれるために、樹冠からのおびただしい蒸散量が見積られるにも拘らず土壌水分は予想以上に豊富に保たれている。又地温が低くなっているため根の活動は旺盛である。森林は枝葉根を更新し年々多量の有機物が多数の土壌微生物、小動物の分解利用によって腐植となり土壌条件を適良にし又鉱物化した有機物は栄養源として吸収され自身の生理活動を旺盛にする。この栄養回転が周年極めて速く行はれる。巨大な森林発達の機構である。

Amazon地域に於ては胡椒の栽培基準は未だ確立していない、その上根腐病がしょうけつを極めている。胡椒園に於ては胡椒は広い間隔に植付けられている関係で裸地面積が広く、園の土壌は太陽にさらされて熾烈な気象の影響を直接受けるので土壌環境も適良ではない。栽培改善は作物を適良な環境に置き、生態特性に適合した条件下に生育さすことである。胡椒栽培改善に敷草を柱として重点的に取り上げたのは、敷草は恰も樹冠を圧縮したものに等しく、これによって醸成される土壌条件は森林土壌の場合に等しく胡椒植物を適良健康に育てるものと確認したからである。

樹海となっているAmazon地域の農業開発は急速に進められている。森林は上述のようにこの自然エネルギーを巧みに利用している適良な作目である。この自然条件とよく均衡安定を保っている森林が食糧生産のために拓かざるを得なくなった。これをきり開くと栽培上諸種の障害が発生する。これを防ぐためには樹冠のように、牧草を以て耕地を覆うことである。経営的には牧草を以て養畜を営み作物栽培の場合は牧草圃と作物圃との輪換を行い牧草根群を作物の栄養源として利用する。この開発方式は焼畑移動農法よりも土地利用度と土地生産性を増大し、労働生産性をも高めるものと考へられる。この方式の有利性、実現性を、検討することとした。

I Amazon地域に於ける胡椒の敷草栽培に関する試験研究

II) 胡椒根系調査

本調査は三井物産会社の学術振興のために提供されたCastanha1胡椒園に於て1966～'67年に実施したものである。

1. 栽培方法

森林を焼払い整地して2.5×2.5mの間隔に地上2.5mの支柱を立てる。1～2月(雨季初期)40×60cm、深さ40cmの立方体植穴に、掘上げた表土と山焼時の木灰、焼屑等を投入し、苗床にて養成した苗木を支柱の東側に、西陽をさけるように植付ける。植終ると底土を苗の周辺に盛って排水を図る。覆いのある苗床に比較的若く、節数数個を持ち、20～30cmに切取った亜主枝を挿木し、約2ヶ月して上位節から2～3の幼芽と下位節から不定根の発生している苗が

定植される（現在では vinyl 袋が用いられ、7 節、30 cm の枝条が挿木され地上上位 3 幼芽を伸ばすよう仕立てている）。定植は雨季の初め（12 月下旬）から中期（3 月中旬）までに行われ、干季乾燥到来までに根系が十分に発達するように配慮されている。施肥は一般に定植後、尿素、粕肥料を施し、2 年目から植穴に接してこれと同大の施肥穴を掘り、除草時に集めた草類、化学肥料、粕類を穴掘り時の表土と混合し詰め、その上に底土を根際まで盛りあげる。施肥時は雨季の初めと雨季の終りが一般に選ばれる。次の施肥は最初の施肥穴に接して掘られた施肥穴に施与され次第に植物体を取り囲むように進行する。施肥穴が植物体を取囲み終ると、植物体の周囲に輪帯状の浅溝を掘って施肥している、1 株当りの施肥量はその材料と共に個人差が大きい、根際に盛土をし或は条間に排水溝を設けて排水には充分意を用いている。

2. 自然条件

気象は Belém と殆んど相等しく上述のようである、土壌は 3 表のように Latosol の粘質壤

3 表 三井農場胡椒栽培地土壌断面形態と土壌の化学性 - 黄色 Latosol

層別深さ	pH	0.05N, HCl 可溶成分					断 面 形 態					
		cm	H ₂ O	KCl	CaO	MgO	K ₂ O	土 性	腐植	構 造	礫	硬 度
AP	0-6	5.1	4.1	0.019	0.004	0.0014	SCL	含	微粒状	無	16	合
A3	6-16	5.0	4.0	0.009	0.003	0.0014	SCL	有	粒 状	無	19	中
B1	16-30	4.9	4.2	0.007	0.002	0.0010	SCL	無		無	21	中
B22	30-60	5.1	4.3	0.011	0.002	0.0014	CL	無		無	21	稀
B23	60-	5.3	4.3	0.009	0.003	0.0014	CL	無		無	21	稀

1965 年 森林伐採 '66 年胡椒植付

土であって Belém 周辺土壌としては粘質が強い、地形は平坦で自然排水に欠けている。

3. 根系調査方法

地上部を根際で切断し、切口を中心に左右前後直角に糸を張り、中心より 1 m 及び 1.5 m の各点から夫々直角に糸を張り、水平に保ち 1 図のように植物体を中心として矩形のブロックを画定した。根際は盛土してあるのでこの部分は地表上層とし、地表下は深さ 10 cm 毎に各ブロックを逐次 Enxada と移植鍬を以て掘砕き根が現はれると切断することなく深さ 10 cm 毎に標識をつけ、その位置を記し、形態を調べ、順次下層ブロックを調査した。最後に根系分布状況を明かにし同時に標識点にて根を切断し各層各ブロックの根量を仕分した、而して洗滌乾燥して各ブロック別

に坪量し分布量を明かにした。

4. 調査成績と考察

(1) 苗木

2図は節数の極く少いものであるが、地下部各節の吸着根の部分から新に多数の不定根が発生する、地上部の各節からは幼芽が発生する。

(2) 根系機能の分化

定植後約1ケ年を経過すると各節から発生した不定根が形態的にも又分布範囲に於ても区別出来るように分化する、即

a. 養分吸収根系：不定根が発達して主根と側根を形成し比較的細く多くの枝根、細根が発達し、土壌上層に分布する(3図)

b. 水分吸収根系：概して側根が少く、太く、撚曲し、弾力があり、皮目が多く発達し地中深く伸びる(4図)

(3) 1年生植物の根系

1967年3~5月(雨季)2個体を調査した。植穴は慣行よりも小さく粕肥料だけを施用している、地上物は平均2.3mに伸び少数の果房が発生している、地上部平均乾重量は3.3Kg

根系の発達：養分吸収根系 - 根際盛土は地表水準より10~15cm高く、こゝにも細い根が水平に伸びている、最長は1.3m、10cm下層 - 基部直径3mm程度の根が60~70cm横に伸びているが大部の根は植穴内に納っている。20cm下層 - 全部の根は植穴内にとどまっている。水分吸収根 - 比較的太い根が3本発達している、或る根は植穴の壁に沿って下方に伸び深さ40cmの植穴底面を水平に伸び、植穴の外に伸長している(5図)全長約40cm、根系総重量は平均619gであって層別割合は4表のようである。深さ30cm層までに99%の根が分布している T/R の値は5.0である。

(4) 2年生植物の根系

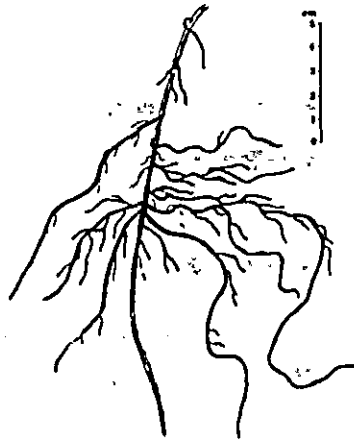
1967年2月(雨季初期)1個体を調査した。2個の施肥穴に即、2回にわたり計1株当りひま油粕0.5Kg、溶燐0.5Kg、硫酸0.4Kg、塩加0.2Kgを施与している。地上部は2.5mの支柱を全面に覆い包んでいる、果房も多く見られ、地上部総重量は9.25Kg

根系の発達：養分吸収根系 - 盛土の中に多数の根が伸びている、10cm層では横に1.2m、20cm層では1.1m、30cm層では30cm、夫々伸びている即、上層程横に長い、地表近い上層では隣根と相接する程度に伸びている、施肥穴に於ては箒状に多くの枝根の発生が見られた。これは施肥穴を掘るときに切断されその部位から新に多数の枝根が発生したものであろう。又施肥穴内の土壌硬度は10~12mm、その側壁は19~20mmであって植穴は孔隙に富んでおる。このことゝ肥料分に富んでいること等が、根の発達を促しているものとみられる。

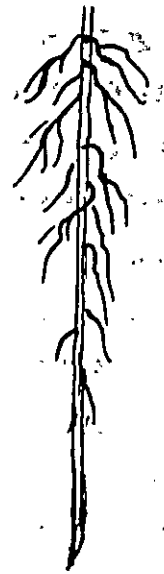
水分吸収根系：底位節から基部の直径約7mmの根が3本又上位節から1本の夫々太い根が見られた、調査は下層50cmで打切ったが根系総乾重は950gであって各層分布量は、5表のように30cm層までに全量の90%が分布しており、T/R の値は9.7となる。

	1.5	1.0	0	1.0	1.5	m
C		C1	C2			1.0
A	A3	A1	A2	A4		0
B	B3	B1	B2	B4		1.0
D		D1	D2			1.5
	3	1	2	4		

1 図
根系調査地区剖平面図



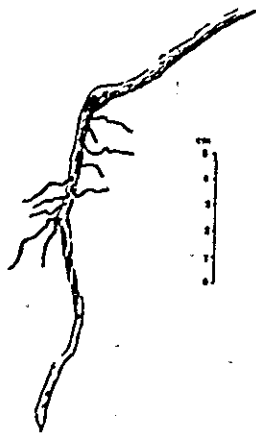
3 図 - 1
養分吸収根 (1年生)



3 図 - 2
地表下の養分吸収根
2.5mm



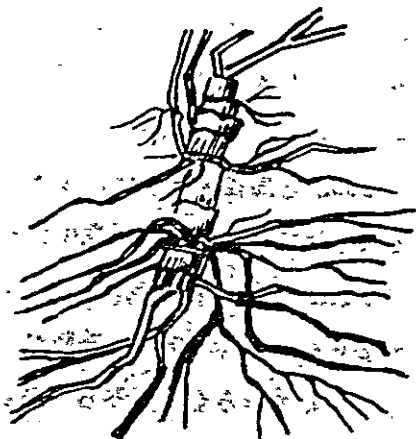
2 図
発根発芽の苗



4 図 - 1
水分吸収根 (1年生)



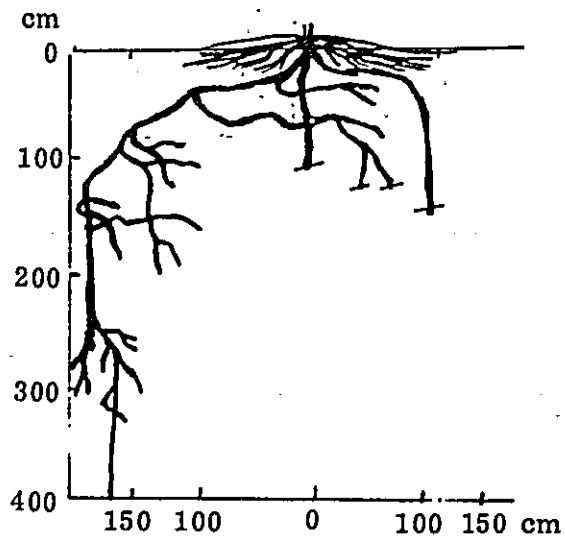
4 図 - 2
水分吸収根
(60cm下層, 4年生)



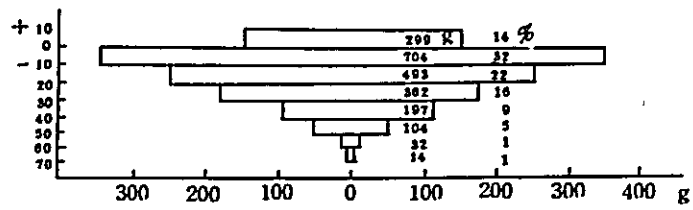
5 図
1年生の根系



4 図 - 3
水分吸収根の皮目



6 図 4 年生の根系



7 図 4 年生根系の 10 cm 層毎の分布量

4 表 1 年生根系分布 - 9

深さ cm 縦 / 横		+10		-10		-20		-30		-40		総計	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
A	64	67	95	112	17	5	8	6	-	-	-	-	-
B	35	40	92	21	17	22	8	6	8	6	4	4	619
計			206		320		61		28		4		619
割合 %			33		52		10		5		1		100

5 表 2 年生根系分布 - 9

深さ cm 縦 / 横		+10		-10		-20		-30		-40		-50		総計	
		1	2	3	4	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
C	3	3	5	223	110	2	75	105	31	47	16	38	5	5	16
A	24	7	3	69	26	3	19	21	5	19	11	11	16	16	16
B				12	10										
D															
計			73	469		220		102		102		65		21	950
割合 %			8	49		23		11		11		7		2	100

6 表 4 年生根系分布 - 9

深さ cm 縦 / 横		+10		-10		-20		-30		-40		-60		-70		総計	
		3	4	1	2	3	4	3	4	3	4	1	2	1	2	1	2
C	18	4	22	9	8	4	8	4	26	29	2	2	32	14	14	14	2,205
A	12	27	25	2	7	107	66	1	5	86	50	1	37	32	32	32	2,205
B	8	188	13	18	174	95	5	221	38	1	197	104	32	32	32	32	2,205
D	1	1	1	1	2	704	493	362	1	16	9	5	1	1	1	1	100
計			299		704		493		362		197		104		32		2,205
割合 %			14		32		22		16		9		5		1		100

(5) 4年生植物の根系

1966年8月～11月(干季)4個体を調査した。施肥穴は相互に相接して掘られていない又慣行より小さく且つ浅い。調査前2回にわたり計1株あたりひま油粕3.5Kg、溶燐1.1Kg、塩加0.4透、硫安0.5Kgを施肥している。調査植物の大部分は成熟期のものであり、11月調査株は収穫後のものである。生育は良好で地上部総乾物重は平均26.3Kg。

養分吸収根系：地表上層では横に最長70cm伸びている。10cm層 - 最長1.5m、多くのものは50～80cm伸びて、隣接株の根と相入り交っている。また下層からこの層に上向きに伸びて来ているものも見られた。下層になるにつれて横の拡りは少く、40cm下層では横に1mを越すものは見られない、又根量も少くなる。施肥穴ではその底面までよく根が発達し2年生の場合と同様に筈状に多く分枝しているもの、施与された10cm長の枝条を貫通しその内容を完全に分解吸収しているもの、又雑草の根株に食入っているもの等が見られた。養分吸収根の中軸からの放射線状の発達は均等ではなく方向によって粗密があるために根の伸入のない施肥穴も見られた。

水分吸収根系：植穴底部に於て分岐して下方に伸びているもの、土壤構造を求めて伸びているものが見られた。6図のように初め斜横にそして下方に全長4.4m、垂直では4mの深さに達しているものもある、そしてその先端の生長点は水鳥の嘴状を呈し白色である。根群総乾重量は平均2.2Kg、40cm層までに95%の根量が分布している(6表、7図)又T/Rの値は高くなって12.0を示している。

(6) 無施肥3年生植物の根系

1967年5月(干季)1個体を調査した、三井農場に近い園で原始林を焼払いEnxadaにて小さい植穴を掘って苗を定植し、2年目に初めて牛糞除草時に集めた野草類を小さい穴に施与しただけである。地上部の生育は不良で、三井農場の2年生の1/2程度である。茎葉に光沢弾力がなく黄緑色を呈している。地上部総乾重は4.8Kgであった。

養分吸収系：弾力がなくもろい、莖根の発育は極めて悪く根量は少い、或るものは深さ20cmの部位から横に80cm離れている牛のかたまりに達しはじめて枝根、細根が出ていた。大部分の根は深さ30cm層までにしか伸びていない。

水分吸収根系：根数は少い、支柱に沿って伸びているものもあるが調査は30cmで打切った根の総乾重は0.9Kg、T/Rの値は5.4で数値は甚だ小さい。

(7) 調査成績の取纏め

a. 根系の分化

養分吸収根系は地表に近い程横に長く伸び、下層程短い。2年生では上位層で横に1.2mも伸び、隣の株の根と相接する。2年を越すと隣株の根と互に入交っている。水分吸収根は生育経過と共に深く伸び4年生では深さ4.0mにも達している。

b. 分布

根量は上層程多く下層程少い。4年生では30cm層までに全量の85%、40cm層までに

90%が夫々分布している。根元を中軸に放射線状の分布には粗密があり不均等である。植物体を取囲むように設けられている施肥穴に根の伸入のないものも見られた。

c. 根の発達を促す土壌環境

概して通気性のよい条件下で発達がよい。即、養分吸収根は地表近い程、植穴や施肥穴の膨軟な土壌に於て発達がよく、又水分吸収根では支柱や他樹の根に沿うて又土壌構造面を求めて夫々伸長している。

d. 養分吸収根の伸長開始時期

果房収穫後間もない干季後期には新根の発生が多く見られた。収穫後土壌水分に恵まれると新根が発生する。

e. 生育年数と T/R の値

定植後の年数が進むにつれて T/R の値は次第に増大する。即、根の機能が次第に増進する、而して肥培管理が悪いとこの値は小さい。

(8) 栽培上の問題点

調査成績から慣行栽培法の合理性を検討し併せて改良方法を加へてみる。

a. 通気的条件を作る

根系は通気的条件下でよく発達するので植物茎葉類(有機物)の施用につとめる。又排水には充分留意する。下層にきんばく層があり排水の悪い土地はさける。株元に窪みをつくらぬよう株元まで盛土をし胡椒植物を伝って流込む雨水を速く排水するようにする。

b. 施肥穴は植物体を中心に円形輪帯状とする

仮りに穴施肥法を是認しこれを実施する場合には、総ての養分吸収根系が1様に利用出来るように、且つ施肥効率を高めるために、植物体を中心に円形輪帯状の浅い溝施肥に改善する。

c. 施肥の1時期として収穫直後を選ぶ

収穫後水分条件がよくなると新根が一勢に伸び始める。又この時期は体内養分の不足している時でもある。事情の許す限り収穫直後速に施肥するよう心掛ける。

d. 圃場全面に敷草する

養分吸収根は上層程発達がよい。又2年生以上になると全圃場上層に拡っている。根の機能をよくするために、則、地温を下げ、土壌水分を適正に保ち、表土流亡を防ぎ、且つ亦土壌微生物、小動物の参加協力条件をつくるために全圃場に敷草する。

(四) 有機物による被覆の土壌環境並に作物の生育収量に及ぶ影響試験

性質の異なる2~3有機物の相異なる供試量の被覆が土壌環境及び生育収量に及ぶ影響を調査した。本試験及び次の課題試験に於ては胡椒植物を供試したかったが、試験が長期にわたり任期間に終了し得ないことをおそれて生育期間の短い Cowpea にかへた。而して胡椒敷草栽培考察の資料とした。

1. 試験方法

試験圃場は第3紀層のLatosolであり、古くから耕作が繰返された土地だけに Belém 周辺土壌としては砂質も強く、やせている方である。前年まで放置されていた草地を開き試験圃場とした。

(1) 被覆供試材料

a. mato grosso 茎葉 (Tripsacum dachtyloides Gram. Mg と略記す)

b. Pueraria 茎葉 (Pueraria phaseoloides Leg. Pu とす)

c. 籾殻 (Casca de arroz Ca とす)

d. こやし殻 (Casca de coco Co とす)

供試量 : 風乾 2 Kg/m² 及び 4 Kg/m²

(2) 供試作物

Cowpea (Vigna Sinensis Leg) 品種 - '40日'

(3) 供試面積及び区制

4 m² 2 区制

(4) 被覆と作物栽培法

所定量の各材料を試験区地面に均等に敷詰めて標準区である裸地区と比較しながら土壌環境を調査した。干季後期の10月に開始し雨季後期の翌年4月まで行った。この時期に於ては被覆材料のMg 4 Kg/m²の場合、当初7-8 cmの厚さが2 cm程度にしまり又粗粒状となったので、此等の供試材料を取り除き各区を耕起して Cowpea を播種して後各材料を以て元通りに被覆した。而して作物の生育を調査した。Cowpea は40 × 30 cmの条播とし各植穴に4粒宛播種し、後間引いて1本立とした。

2 試験成績と考察

(1) 地中5 cm地温

a. 時間の推移と地温 : 4時間毎の地温は7表-1のように最低地温の時刻は4時、最高は12時である。4時地温に於ては被覆区は裸地区より僅かではあるが高く又材料が多いと一層高くなる、特に茎葉類の場合は籾殻類より常に高い。12時地温に於ては被覆区は裸地区より低く、しかも茎葉類の場合が特に低い。

b. 調査6ヶ月間の地温の推移 : 毎週1回、7時と12時に6ヶ月間地温を測定した。7表-2のように、7時地温は被覆区と裸地区とには大差なく、27~28℃、12時地温の平均に於ては、茎葉被覆区は30~32℃、裸地区は37℃にして5~7℃の差があるそして材料が多いと地温差が大きくなる。最高地温に於ては茎葉被覆区は32~35℃、裸地区は43℃で約8℃余の差があり、材料の多い場合には10℃の差が生ずる。

7 表 数種の有機物による被覆の地中 5 cm 地温に及ぼす影響

項 目	被 覆 量		2 kg/m ²					4 kg/m ²				
	有機物種類		Mg	Ca	Cc	Pu	Sc	Mg	Ca	Cc	Pu	Sc
1. 4 時間毎の地温℃												
4 時			26.0	24.7	24.2	27.2	24.0	27.0	26.2	24.5	28.0	24.0
8			27.5	27.5	27.2	29.0	28.0	27.5	28.0	27.2	29.0	28.0
12			31.0	33.0	34.2	31.5	39.7	30.0	32.0	31.7	31.5	39.5
16			30.0	33.0	33.5	32.0	38.0	30.0	32.2	32.5	31.2	37.5
20			26.2	26.5	26.5	28.0	27.0	26.5	28.0	27.2	27.7	26.2
24			27.0	26.2	25.0	27.5	25.5	26.5	27.5	26.0	28.2	25.5
平 均			28.1	28.5	28.4	29.2	30.4	27.9	29.0	28.2	29.3	30.1
最 高、最 低 の 差			5.0	8.3	10.0	4.8	15.7	3.5	6.0	8.0	3.8	15.5
2. 20 日間 (5 月 ~ 12 月) に於ける 7 時と 12 時の地温												
7 時 平 均 地 温			27.4	27.5	27.3	28.5	28.0	27.8	27.9	27.0	28.9	27.9
12 時 平 均 地 温			31.4	33.6	34.4	32.6	37.1	30.5	32.8	32.6	31.5	37.0
12 時 最 高 地 温			33.2	35.0	36.5	34.7	42.5	31.7	34.2	34.7	32.7	42.7
3. 裸地区地温 (34 ~ 36℃) の日に於ける被覆区地温 / 裸地区地温の比の値の月別変化												
10 月 '65			85	91	94	88	100	84	88	90	87	100
4 月 '66			91	97	97	90	100	90	97	94	94	100
5 月 '66			92	97	98	97	100	89	93	95	92	100

c. 被覆利用期間の長短と地温抑制作用

施用当初に於ける新鮮材料による被覆と長期間利用して粗大粉状となった材料の被覆との地温抑制力を調査した、裸地地温の畧等しい期日に於ける地温の、被覆区／裸地区の比の値を求め、この値が高いと抑制力が弱く、値が小さいと高いと判断した。1例として7表-3の茎葉類の場合を見ると、施用当初の1.0月に於ては84~88、長期施用後の翌年5月には90前後となり、利用期間の長くなるにつれて抑制力が弱くなって来る。又材料が多いと抑制力は長続きする。

d. 土壤水分

地表より3cmまでの土壤を円筒採土器を以て採取し重量法によって土壤水分を測定した。

土壤水分を降雨後の経過日数に従って見ると、8表のようである。各材料とも供用量が多いと多くの水分が保持され、また日数がたつにつれて水分は次第に減少するが茎葉類は根類よりも一層多くの水分が保蓄されている。尚表中の土壤水分7-8%は最大容水量で表示すると29~33%に相当し作物生育を著しく抑えるものではない。8表-1及び4のように降雨直後、処理区水分が裸地区水分より少ない場合が見られる。降雨が一たん被覆材料に含まれてから徐々に地表に達し、滲透するからであろう。乾燥茎葉が1時間のShower処理によって自体の2倍余の水分を含むことを実験している。雨季の一時に多量の降雨の場合に於ても、敷草は多量の雨水を保蓄するので急げきな水分過剰を調整するものと考えられる。前項の地温抑制力をも併せ考えると敷草は、干季と雨季の両対策として効果を示すもので年2回の敷草が望まれる。

e. 雑草の発生

宿根草を除き種子繁殖雑草を約3週間毎に採取しその風乾重量を測定した。9表のように各被覆区に於て供用材料が多いと一層雑草の発生が少い。而して茎葉4Kg/m²区では全々発生は見られない。

f. 土壤侵食

被覆処理後、そのあと地にcowpeaを播種するため被覆材料を取除くと、裸地区地面が隣接処理区地面よりも一段と低くなっている。地面の低下は土壤の圧縮と土壤侵食とに因ると考えられるが、ここでは侵食によるものとし其の程度を、処理区地面と裸地区地面との差によって表示した。1.0表のように処理区に囲まれた裸地区は何れも低くなっており特に茎葉類に隣接した裸地区は、ひどく低下している。即処理区特に茎葉処理が土壤侵食を防止していると云える。

g. 発芽率

被覆処理後6ヶ月してcowpeaを播種しその生育収量を調査した。11表のように供用材料の多い程又特に茎葉処理は発芽歩合を高め、裸地区10%に対して、茎葉4Kg/m²区は80~90%を示している。

8表 異なる有機物による被覆と土壤水分との関係

項目	材料	2 kg/m ²					4 kg/m ²					
		Mg	Ca	Cc	Pu	Sc	Mg	Ca	Cc	Pu	Sc	
1.	14/Oct.	10.2	11.9	14.4	13.0	11.3	10.5	9.5	10.8	12.8	11.9	降雨後3時間
	30/Oct.	8.3	6.3	4.6	7.3	0.7	7.3	6.5	7.7	8.0	1.3	
	1/Nov.	5.2	3.0	2.7	6.2	2.1	6.6	5.6	6.2	6.9	1.3	
2.	6/Nov.	8.8	10.0	12.1	11.5	8.5	9.4	8.4	7.3	8.5	8.6	降雨後12時間
	7/Nov.	8.5	8.5	7.8	8.4	3.4	9.3	8.5	6.9	8.5	2.7	数日降雨無し
3.	27/Nov.	6.8	3.3	2.3	4.4	1.1	7.5	5.9	4.8	6.5	1.5	
	28/Nov.	6.3	3.8	2.2	5.0	1.3	8.3	3.9	2.6	6.7	1.2	
4.	29/Nov.	10.9	10.6	12.8	12.8	13.8	12.0	10.4	12.7	10.8	13.8	降雨後12時間

9表 有機物被覆と雑草発生量との関係(乾物重g/m²)

項目	材料	2 kg/m ²					4 kg/m ²				
		Mg	Ca	Cc	Pu	Sc	Mg	Ca	Cc	Pu	Sc
	10/Nov.	0	9	12	3	14	0	3	5	0	17
	10/Dec.	6	34	27	1	68	0	3	8	0	49
	計	6	43	39	4	82	0	6	13	0	66
	処理区/標準区%	7	52	48	5	100	0	10	20	0	100

10表 裸地区に於ける侵食程度

2 kg/m ²		4 kg/m ²	
侵食程度 (cm)	裸地区周囲の被覆区	侵食程度 (cm)	裸地区周囲の被覆区
0.4	Pu Cc	0.7	Cc Mg
1.1	Pu Mg	1.1	Pu Mg

11表 被覆と Cowpea の生育

項目 材料	2 kg/m ²					4 kg/m ²				
	Mg	Ca	Cc	Pu	Sc	Mg	Ca	Cc	Pu	Sc
1. 発芽歩合%	64	24	21	77	13	82	60	22	91	9
2. 罹病率%	44	63	64	23	85	33	59	56	26	87
3. 収獲個体数(10m ²)	67	27	23	71	19	73	73	25	75	2
4. 茎長(収獲期)cm	14	11	19	12	10	16	15	15	17	8
5. 開花期(日/月)	31/5	16/6	16/6	1/6	23/6	23/5	2/6	13/6	29/5	-
6. 総植物生産重 (g/10m ²)	277	55	129	158	10	514	444	240	510	2
7. 精種実重(g/10m ²)	195	37	94	97	6	371	335	178	382	0

h. 罹病率

発芽時期から幼植物期にかけて ashystem Blight (*Rhizoctonia bataticola*) に侵された、未発芽種子の多くは幼根は発生しているがこれにおかされている11表-2は発芽個体について病班のあるものを罹病個体として罹病率を調査したものである。供試材料の多い場合に又茎葉被覆の場合に少く、裸地区85%に対して茎葉4kg/m²区は25~30%である。

i. 生育収量

供用材料の多い程又特に茎葉処理は茎長が高く、開花期が早く、総風乾植物体重及び精粒種子重の生産が高い。

総括すれば地面被覆特に茎葉被覆は土壤環境を適良にし又有機物分解過程産物は土壤の理化学性を良好にし同時に土壤微生物の参加協力を促し作物の生育を適正健康に導いている。

Ⅳ 施用方法を異にする有機物の土壤環境並に作物の生育収量に及ぶ影響試験

いね科牧草の同量を敷草として、鋤込として又草灰として施用する場合の地力に及ぶ影響を比較した。本試験は1966年5月(雨季末期)から12月(雨季初め)までの干季に実施した。

1. 試験方法

(1) 供試作物と有機物施用方法 (試験区)

a. 供試作物 Cowpea 品種 - '40日

b. 供用有機物

有機物は Mato grosso-Gram 風乾茎葉 4 Kg/m^2 とし次のように供用した。

(a) 敷草 (b) 鋤込 (c) 草灰 (所定有機物量から取得した草灰 450 g/m^2)

(d) 無施用 (標準区)

c. 栽培と有機物施用方法

敷草: Cowpea を播種した直後茎葉を試験区全面に敷草した。播穴の部分だけ敷草を寄せ明けて筒状の空間をつくり幼植物の伸長を助けた。鋤込: 表土 15 cm を取除き茎葉を敷詰め充分灌水して表土を元に戻した。草灰: 地表に撒布し 10 cm の深さに混合した。尚各区一様に播種一週間前、炭酸石灰 200 g/m^2 を施用、表土と混合した。Cowpea は $25 \times 25 \text{ cm}$ 間隔に各穴5粒宛播種し間引いて1本立とした。而して1期作を終ると引続き、2期作を栽培し、3期作まで経続した。播種期は、1期作5月3日、2期作7月26日、3期作10月3日である。

d. 1区面積及び区制

1 m^2 4区制

2. 試験成績と考察

調査結果は12表の如くである。

- (1) pH (H_2O) 一様に炭酸石灰を施与したために播種直後の pH は、無処理区 5.8 に対して草灰区は最も高く 7.9 その他の区は 7.5 程度である。期作が進むにつれて数値は低減し、草灰区は著しく、3期作の終りには他の処理区の数値に近くなり 6.6 に低下した。草灰中の石灰、加里等の溶脱が速いためと考えられる。
- (2) 畦間蒸発量: ガラス製秤量皿に定量の水を入れ畦間の日別蒸発量を測定した。この調査は地力が衰へ茎葉繁茂の少なくなった3期作に行ったが、生育の比較的良好な敷草区と鋤込区が他の処理区よりも著しく少い。(12表-2)
- (3) 地温 (地中 5 cm): 各期作を通して敷草区が最も低く次いで鋤込区、草灰区、無処理区の順に次第に高くなっている。即作物自身の地面被覆作用よりも敷草による作用の方が強いことを示している。又無処理区地温の畧等しい時期の処理区/無処理区 の比の値を見ると、各区とも1期作が小さく、3期作が大い、即、生育が衰え茎葉繁茂が劣ってくるにつれて植物自身の被覆作用が衰えることを示している。(12表-3)
- (4) 土壤水分: 地表から 3 cm までの土壌について土壤水分を測定した。1期作に於ては、被覆区が最も多く、鋤込区、草灰区、無処理区の順に次第に少い、生育が劣り被覆度の少ない地面からの蒸発量は想像以上に多いものであることがうかがえる。(12表-4)
- (5) 根瘤の発達: 間引苗の発育程度は必しも等しくはないが2回に分けて間引した植物体につ

12表 施用方法を異にする有機物と土壤環境

試験区 項目 期作 調査月日		石灰加用				石灰 無加用
		敷草	鋤込	草灰	無処理	
1. pH(H ₂ O)						
第1期作	5/5, 5/15	7.5	7.5	7.9	7.6	5.8
	6/15, 7/12	7.3	7.4	7.6	7.4	5.6
第2期作	8/4	6.9	7.0	7.0	6.9	5.5
第3期作	12/11	6.4	6.1	6.6	6.6	5.5
2. 畦間蒸発量 cc						
第3期作	10/26	33	32	35	35	35
	11/7	31	31	32	32	34
3. 地温(5cm地中) °C						
第1期作	6/15	28.9	30.3	32.5	38.5	38.8
第2期作	8/31	30.3	30.3	31.0	31.3	31.8
第3期作	10/16 ~ 10/21	35.4	36.7	37.3	37.2	38.0
4. 土壤水分 %						
第1期作	6/15	7.7	5.3	3.7	2.8	3.1
	6/22	4.6	2.2	1.0	0.3	0.4
第2期作	8/31	3.7	0.8	1.4	1.6	1.2
5. 根瘤を持つ個体数割合						
第1期作	6/6	91	58	79	47	70
第3期作	10/18	73	40	25	18	18
6. 根瘤重/株 mg						
第1期作	6/6	7.1	0.7	4.1	0.4	1.3
第3期作	10/18	##	##	+	+	+
7. 罹病株歩合 %						
第1期作	6/6	2	20	37	41	50
第3期作	10/18	1	0	1	10	28

いて根瘤形成個体割合及び1個体当り根瘤乾燥重量を求めた。各区とも、1期作に於ては、3期作よりも形成個体の割合が高く、特に敷草区に於て高い。又、根瘤重量に於ても各作とも敷草区が多く次いで鋤込区となり有機物無施与区に於ては極めて少い。(12表-5-6)
有機物の施与は土壤微生物の活動を促したものである。

(6) 罹病： 1期作に於ては *Sclerotium rolfsii* によって、3期作に於ては *macrophoma phaseoli* によって夫々罹病した。罹病株歩合を見ると、12表-7のように敷草区、鋤込区に於て特に少い。土壤有機物が富化され且つ地面被覆によって、土壤条件が適良になり土壤微生物相の均衡が保たれると同時に作物の生育が順調健康に進んだために因ると考えられる。

(7) 生育と収量： 13表の如く、1期作の莖長に於て敷草区が特に高いのは、播種当時敷草に円筒状空間を作ったことによる徒長のためである。これを除くと各期作に於て生育のよい区程植物総生産重及び精種子重とも高い即、鋤込区が最も生産が高く次いで敷草区であって、1期作に於ては前者の89%に相当している。草灰区、無処理区になると生産は一段と低くなる。草灰区は焼畑農法区を意味するもので、有機物及び窒素の施与が殆どなくその上施与された草灰は溶脱が速く、土壤理化学性の向上に余り役立たないことを物語っている。

(8) T/R の値： 収穫後、根を静に引抜き根際部分に於て根部と地上部を区分して乾燥秤量し、T/R 比の値を求めた。(地上部には種実重も含む) 各期作を通じて、生育のよい区程即、鋤込区及び敷草区は草灰区及び無処理区に比べてその値は遙に高い。有機物施与によって土壤の理化学性が良くなり根の機能が向上することを示している。

(9) 石灰加用草灰区と草灰区との生育の比較： 本試験に於て各試験区一様に石灰を加用したために石灰加用草灰区の pH 値は 7.6~7.9 に上った。この区の生育は焼畑農法とも見られる草灰区の生育とは相異り異状生育をたどったものではないかとの疑問を解くために新に草灰区と石灰加用草灰区とを設け前項試験と同様の方法を以て生育を調査した。

14表のように両区に於て pH の値の差は認められるが、生育状況は全く相等しい。即、この程度の pH の相異は、この作物の生育には大差をもたらししていない。即、石灰加用草灰区の生育は慣行焼畑農法とも見られる草灰区の生育と相等しいと理解された。

敷草の生産上の効果を i) 地面被覆による土壤環境の適良化と ii) 被覆有機物による土壤理化学性の改良と土壤微生物の参加協力とに大別して本成績を考察すると Cowpea は或程度自体による地面被覆作用を持っているので被覆効果よりは、土壤理化学性改良の効果がより大きく表示される。従って Cowpea の場合は鋤込の方が敷草よりも生産が高くあらわれた。然し胡椒の場合は自身の地面被覆作用は少く裸地面積が非常に広い。その上養分吸収根は浅く地表近く全面に張りめぐらされている。従って土壤理化学性改良効果よりも被覆効果の方がより高く表現されるものと思われる。胡椒の敷草効果は、IPEAN に於て見られる。8年生胡椒の果実生産は、慣行栽培に於て 2.7 Kg/株。これに対して敷草栽培に於て 4.2 Kg/株 となっている。Amazon 地域及び東北伯地域に於て敷草栽培の実施は稀ではあるが、この実施園の生育生産は

13表 施用方法を異にする有機物と生育収量

試験区 項目	石灰加用				石灰 無加用
	敷草	鋤込	草灰	無処理	
1. 収穫時の茎長 cm					
第1期作	28	23	20	14	13
第2期作	18	19	14	10	9
第3期作	12	13	10	9	7
2. 植物総乾生産重量 g/m ²					
第1期作	345	389	188	34	34
第2期作	75	105	39	11	7
第3期作	25	39	16	14	10
3. 精種実重量 g/m ²					
第1期作	162	181	89	8	8
第2期作	33	51	14	1	1
第3期作	7	11	2	1	1
4. 第1期作総生産重に対する 各期作の割合 %					
第1期作	100	100	100	100	100
第2期作	20	28	15	13	13
第3期作	4	6	2	13	13
5. T/R の値					
第1期作	17	19	15	7	5
第2期作	18	15	9	8	6
第3期作	6	10	5	5	3

14表 石灰加用と無加用の草灰区の生育比較

項目	調査月日	試験区	
		石灰無施用 草灰	石灰加用 草灰
1. pH - H ₂ O	7/12	6.5	7.5
	8/20	6.5	7.7
	12/11	5.9	6.6
2. 茎長 - cm	8/14	21	21
3. 開花始一月日		7/31	7/30
4. 罹病率 - %		15	15
5. 総植物生産重 乾重 g/m ²		123	120
6. 精種実重 g/m ²		66	64

播種期 6/24 収穫期 8/28

附近の慣行栽培圃に比べて高いだけではなく、生育は健康的で罹病（根腐病）株が無い、あっても極めて少く、而も病気の蔓延が見られていない、観察であるが敷草は確に胡椒を健康に育てている。

草灰区の生育を見て思うことは、焼畑移動農法即、巨大な森林を焼き払いその木灰を肥料源として利用しているが、有機物及び窒素の補給は少く、又木灰の肥料分は溶脱流亡が速かであるので、土壤理化学性改良には余り期待出来ないこと、又開畑に多大の労力を要することが知られた。（原始林を伐採、焼払い整理するに47人/haを要す）

(IV) 胡椒の生態特性に関する試験

胡椒栽培改善の資料を得るため1975～1976年に下記の試験を実施した。

1. 地温と生育との関係試験

発泡スチロールを地面に敷詰めて地温を下げた区の生育と自然状態の地温区の生育を比較した。

(i) 試験方法

a. 地温低下材料： うどん状の発泡スチロールを地表に被覆し、供試量の多少によって地温に差を設けた。

b. 供試作物： 胡椒 singapor 種

c. 試験区： 試験框を地温の差によって次の3区を設けた。

(a) 高温区： 試験区を自然状態に保った。たゞ、地面蒸発を防ぐために Vinyl film を間隔をあけて地表に覆った。

- (b) 中温区 発泡スチロールを地表に 5 cm 高に敷いた。
- (c) 低温区 発泡スチロールを地表に 10 cm 高に敷いた。更にその上に隙間をあけて平板をのせた。
- d. 試験框 縦横 50 cm、深さ 30 cm の無底の Vinyl film の框を地中に造成した。框の地表部には木框をはめて発泡スチロールの敷詰めを安定にした。
- e. 供試個体 各框 1 株植とし各区 4 個体
- f. 栽培管理 胡椒苗植付は 6/Jan/'75 試験終了は 1/Dec/'75 この期間に株当り、尿素 5.5 g 溶燐 18.5 g 塩加 11.0 g を 25/mar、11/jun 及び 23/oct の各々に施与した。土壌水分は高温区に於て不足勝ちになるので 2~3 回灌水した。

(2) 試験成績と考察

- a. 試験区の地温： 6 月より毎日 11:30~12:00 時に地中 5 cm と 10 cm の兩地温を調査した、各月の平均と各月の最高地温は、15 表のようである。尚この期間は干季に相当している。調査期間 6 ヶ月の平均 5 cm 地温と 10 cm 地温は夫々、高温区 35-32℃ 中温区 31-29℃ 低温区は共に 29℃ 前後、即高温区は 35~32℃ であり、中温区は前者よりも 4~3℃ 低温区は高温区よりも 6~3℃ 低い。最高地温は 5 cm 地温に於て高温区は 40℃ のとき、低温区では 30℃ を示した。
- b. 試験区の土壌水分： 高温区に於ては Vinyl film を以て地面を被覆し蒸発を防いだが土壌水分は処理区に比べて常に少いように見受けられた。11 月下旬測定した土壌水分においても高温区が少い。(16 表)
- c. 相異なる地温下に於ける生育： 植付後約 1 年間に於ける生育状況は、17 表のようである。
 - (a) 高温区に於ては 50%、中温区に於ては 25%、低温区に於ては 0% の枯死株を出した。枯死株の根を培養検鏡したが枯死後長期間経過した事もあって、根腐病 (*Fusarium solani f. piperi*) は検出されなかった。干季の植付けであるので幼植物時代、高温によって活力を失っていた処、化学肥料の濃度障害を受けたためであろうと見られる。収穫時の莖長に於ては高温区 44 cm、中温区 55 cm、低温区は 120 cm であって、低温区の生育は格別に良好である。各区の最も生育のよい株についてみると、平均の場合以上に各区間の差が大きく又低温区が格段と生育がよくなっている。地上部総風乾物重量に於ても又根重量に於ても、地温の高い区程、生育が劣り反対に低地温区の生育は事更に良好である。特に注目すべきは、根系の発達低温である程、良好であり、且つ T/R の値に於ても低温程 高くなっている。自然状態下の裸地地温に於ては、根系の発達及び機能は順調を欠いている事を示すもので、適正な発達を図るためには地温をより低くする要がある。

15表 処理区に於ける5cmと10cmの地温(測定時11.30~12.00)

試験区 地中		高温		中温		低温		気温 °C
		5 cm	10 cm	5 cm	10 cm	5 cm	10 cm	
6	平均	35.7	33.1	30.8	29.8	29.4	28.6	
	最高	38.0	35.0	33.0	31.0	32.0	30.0	
7	平均	34.7	31.7	30.5	29.2	28.3	28.0	
	最高	40.0	35.0	35.0	32.0	30.0	30.0	
8	平均	35.1	32.7	31.2	29.8	29.0	28.4	33.9
	最高	37.0	34.0	34.0	31.0	30.0	30.0	
9	平均	35.5	32.9	30.9	30.0	29.5	29.4	32.9
	最高	40.0	37.0	35.0	32.0	31.0	31.0	
10	平均	35.4	32.3	30.8	29.5	29.3	28.9	32.6
	最高	39.0	35.0	33.0	31.0	31.0	30.0	
11	平均	33.4	30.2	29.7	28.8	27.9	27.6	32.6
	最高	35.0	32.0	31.0	30.0	30.0	29.0	
平均	平均	35.0	32.2	30.7	29.4	28.9	28.5	33.0
	最高	38.2	34.7	33.5	31.2	30.7	30.0	

16表 試験区の土壤水分

項目	試験区	高温	中温	低温
土壤水分%		4.5	7.3	7.6

17表 地温と収穫時の生育

項目	試験区		
	高温	中温	低温
枯死株率 %	50	25	0
茎長 - cm	平均	55	123
	最高個体	90	190
地上部乾重 - g	平均	50.3	129.3
	最高個体	81	274
根乾重 - g	平均	24.0	41.3
	最高個体	31	93
最長の根 - cm	平均	71.7	76.3
	最高個体	90	150
細根発達程度	+	+++	++++
地上部/地下部の比の値	平均	2.1	3.1
	最高個体	2.6	3.0

2. 胡椒苗の水びたし期間と生育との関係試験

雨季大雨時によく見られる水びたしと胡椒の生育との関係を調査する手始めに胡椒幼植物を供試してこの試験を実施した。

(1) 試験方法

a. 供試品種 胡椒 Singapor 種

比較的若い亜主枝を5~6節つけ長さ約30cmに切断し、これを直径1.2cm、高さ1.6cmのVinyl袋の土壤に挿し、遮光室内で育てた苗を供試した。挿苗は3/Jul/'75、それより約80日を経過した苗から同一程度に生育したものを選定した。

b. 試験区 供試苗を大い木箱に納め常時Vinyl袋の地表まで浸水するよう水道水を流込んだ。而して浸漬(水びたし)期間を次のようにした。

(a) 浸漬1日 (b) 3日 (c) 5日

浸漬開始は23/Sepである。水温は約20℃

c. 供試個体数: 各袋1株植、24株

d. 供試植物の取扱い: 所定日数の浸漬処理を行った植物体は育苗時の遮光室に置き適温を保つよう努めた。

(2) 試験成績と考察

調査成績は18表のようである。

a. 枯死株率： 1日浸漬区には枯死株は見られないが、3日区では約15%、5日区では約50%の枯死率を示した。

b. 生育状況： 浸漬後2ヶ月を経過した時期の枝数及び葉数は浸漬日数の長い程、減少してきて、枝も枯れ、落葉も多くなっている。苗木時代は未だ体内養分を多く保持し、且つ葉数葉面積は少く蒸散量も少量である、浸漬による水分吸収が低下しても体内水分の均衡は比較的保持され易いので上記の生育にとどまったものと考えられる。植物体が大きく、しかも光熱の高い環境に置かれる場合には蒸散量は莫大な量になり短期間の間に水分の不均衡を来して一層多くの枯死株を来すものであろう。胡椒栽培にはつとめて排水に留意すべきである。

18表 浸漬期間と生育 (25/Nov/'75)

浸漬日数	枯死株		枝数	葉数
	株	比率%		
1	0	0	2.0	5.5
3	4	17	1.2	4.3
5	7	29	1.0	2.5

(V) 有機物の緩衝作用に関する試験

今までの敷草及び有機物鋤込の試験に於て有機物の施与による発芽率の向上、罹病率の低減が見出された。

当地域の農業開発に當って有機物施与の重要性を一層強く認識するために本試験を取上げた。

1. 化学的緩衝作用に関する試験

(I) 土壤有機物含有量と化学肥料による発芽障害との関係試験

a. 試験方法

(a) 供試作物： 第1回 菜豆 Julho EEP-358

第2回 Cowpea 40日

(b) 供試土壤と化学肥料： 牧草地土壤と自然草地土壤を供試し、上層土の巨大根を取除いた。両土壤の有機物含量は、試験Ⅱの25表のように牧草地土壤に多く自然草地に少い。

各土壤を直径及び高さ共に約30cm、容積5ℓの素焼鉢に底部2.5ℓには砂土を、上部2.5ℓには供試土を夫々次のように化成肥料とよく混合して詰めた。化成肥料は N-18

P_2O_5-23 、 K_2O-18 の組成で供試量を次のように区分した。

i 無施肥 ii 2g/ℓ iii 5g/ℓ iv 10g/ℓ

(c) 播種粒数 各区1鉢とし25粒宛播種 間引いて3本立の予定

b. 試験成績と考察

第1回試験に供した菜豆種子は硝子皿発芽試験に於て発芽率64%の活力の弱い種子であった。両土壌とも19表のように化学肥料施与量の増加と共に発芽率は次第に低下し最多施与量に於ては共に0%となっているが自然草地土壌ではその低減程度は著しく0%の発芽段階は牧草地土壌よりも一段階少量区に現われている。

第2回試験に於ても第1回試験と同様の傾向を示し、発芽障害は牧草地土壌に於て5g/l区から現われるのに反し、自然草地土壌に於て1段階少量区から出始めしかもその程度は高い。幼植物に病気が発生したこの病菌は *Rhizoctonia* sp のように見られた。牧草土壌では10g/l区に於て初めて全株罹病しているが自然草地土壌では2段階少量区から殆ど全株罹病している。19表のように作物生産上化学肥料の効果は充分認められるが、土壌によって発芽障害、罹病を伴い易い。

(2) 有機物及び化学肥料の施与と発芽障害との関係試験

試験Ⅱ-Ⅳの成績を引用する。施与する肥料成分量を等しくし、有機物 (*Brachiaria* の茎葉) と化学肥料の各単用と両者を組合せた試験区に於ける Cowpea の発芽歩合を見ると31表のように、化学肥料単用の場合は低く特に施与量の多い場合は一層低い。又化学肥料の有機物に混合する割合の少い程高く、有機物単用の場合は最も高い。

2. 生物的緩衝作用に関する試験

(1) 有機物量と罹病との関係試験

a. 試験方法： 自然草地土壌を採土し粗大な根を取除き、これを無底の Vinyl film を側面に張りめぐらした 50×50cm 深さ30cm の框に詰め、左記の有機物量を供試土壌とよく混合した。この框は75lの容積があり供試土壌 128Kg を入れた。有機物はいね科野草 *Homolepis aturensis* の茎葉を3~5cmに切断したものである。各框に施与した有機物量は、土壌重量に対して次の重量割合とした(試験区) (a) 標準無施与 (b) 1% (c) 2% (d) 4%

供試作物： Cowpea 40日

栽植距離： 25×17cm - 6穴/框

播種量： 各穴 4粒宛

b. 試験成績と考察

第1回試験は発芽後間もなく虫害を受けた。3回の試験を通して考察すると、有機物無施与の場合は発芽歩合が最も低く有機物量の増加と共に高くなっている。これに反して、罹病率は有機物量の増加と共に減少していて、有機物量が或程度以上施与されると罹病が現われない。(20表)

(2) 土壌有機物量と罹病との関係試験

試験Ⅲの成績を引用する。12表に見るように、1期作に於ける罹病率は、敷草区及び茎葉

19表 土壤有機物の多少と化学肥料による生育の差異

試験区	(調査日)	(土 壤)	無 肥	29/L	59/L	109/L
第1回播種 発芽歩合%	10/7	牧草地	44	28	4	0
		自然草地	44	8	0	0
第2回播種 発芽歩合%	18/7	牧草地	92	92	64	12
		自然草地	92	40	8	0
罹病率%	26/7	牧草地	0	0	0	100
		自然草地	0	80	100	
開花始(月.日)		牧草地	9/4	8/21	8/24	9/15
		自然草地	9/4	8/21	-	-
総植物体重 (風乾-9)		牧草地	14.3	21.3	17.9	9.0
		自然草地	13.1	18.4	5.3	-
種実重(g)		牧草地	3.8	5.8	3.8	-
		自然草地	3.0	6.0	0	-
供試個体数		牧草地	3	3	3	1
		自然草地	3	2	1	-

20表 有機物量と生育との関係

項目	有機物量 調査日	0%	1%	2%	4%
		第1回試験 (播種 25/7/'73)			
発芽率 %		25	66	79	79
茎長 cm	13/8	11.2	11.6	11.3	12.9
第2回試験 (播種 15/8/'73)					
発芽率 %	22/8	25	50	96	96
罹病率 %	28/8	100	8	0	0
茎長 cm	28/8	-	11.0	12.0	13.0
"	10/9	-	13.5	17.1	17.1
植物体全重 g	14/9	-	8.0	10.1	12.6
第3回試験 (播種 17/9/'73)					
発芽率 %	20/9	67	89	83	97
罹病率 %	25/9	63	0	0	0
開花始 (日.月)		Nov. 26	Nov. 7	Oct. 31	Nov. 2
収獲株数		9	12	12	12
風乾莢重 g		0	1.0	8.5	11.0
植物総生産重 g		2.0	10.5	18.5	20.0

鋤込区のように有機物を施用した区に於ては草灰区や無施用区のように有機物を施用しない区に比較して極めて少い。又、3期作に於ては有機物無施用区に於てだけ罹病が現れ、その率が高い。

Amazon地域の土壤粘土は概してカオリン系であり、その上有機物に乏しいので熾烈な気象の影響を直接受けて土壤環境の適宜を失い勝ちである。有機物の施用によって土壤の理化学性がよくなり、又土壤環境が穏かになるので土壤微生物の参加協力が得られ易くなり、お互に均衡がとられ、作物の生育は順調健康に維持され、発芽率も高く、罹病率も少くなるものと考えられる。

(M) 胡椒に対する敷草作物の選定及び作付所要面積に関する調査

1. 敷草作物の選定

敷草材料作物は、胡椒1条毎に或は胡椒2条毎に隣接交互に栽培するのが作業率が容易となる。この場合敷草作物選定上考慮すべき形態上の性質について述べてみよう。

(1) 敷草作業が容易に行い得る性質をもっていること： 最近刈取りと同時に吹揚操作をもつ簡易な動力刈取機が市販されている。

この機械を使用する場合に於ても手刈の場合に於ても茎の細い、いね科牧草の *Brachiaria* 或は茎の極めて短く葉身の長い、いね科の *mato grosso* , *Capim Santo* 等が適している。現段階では葉量の多い *mato grosso* が最も優れていると思われる。

(2) 胡椒生育に障害を与えない植物であること： 根系や地上部の発育が余りにも旺盛に過ぎ、隣接の胡椒生育に悪影響を及ぼすような作物はさげなければならない。例えば、*Capim elefante* , *C. guatemala* 等 (Cは *Capim* いね科牧草を示す) はこれに属し、且つ茎の各節から容易に発根増殖して胡椒圃を荒す。又豆科の *Pueraria* は後述のように肥効は高いが莖は匍匐性で胡椒植物にからみつき易い。

(3) *Nematoda* 忌避作物の中から茎葉量の多い作物を選定すること： 胡椒根腐病は *Nematoda fungus complex* に因っておかされるのでこれを防ぐには *Nematoda* の侵害をおさえることが先決とされている、*Nematoda* 忌避性を持つ *Crotalaria spp.* 及び *Eupatorium odoratum* 等から茎葉量の多い系統を選定したい。

(4) 種子繁殖の可能な作物であること： 当地域では豆科植物は種子繁殖であるが、いね科牧草は多くは根分け、茎挿しによっている。労力が多くかかるので、種子繁殖可能な種類が望ましい。

2. 敷草作物の作付所要面積

試験Ⅱに見るように敷草の土壤環境並に土壤理化学性に及ぶ効果は敷草量の多い程高いが経営的には出来るだけ少量、少面積を望むのであろう。胡椒圃1㎡に対して敷草材料を最少限風乾2 Kg/㎡とし、又既述のように雨季と干季の両対策のため年2回行うこととして、年間風乾4 Kg/㎡ = 生草13.3 Kg/㎡を要する。これに対して *Brachiaria* の年間生産量は一般的に9 Kg/㎡とみられるので、胡椒圃1㎡に対して、Br.作付所要面積は1.5㎡即胡椒圃100%に対してBr.の作付所要面積は150%になる。即、胡椒1条植(植巾2.5m)或は2条植(植巾5.0m)の場合はBr.の植巾を夫々胡椒の150%にして交互に細長い帯状に間作する。

3. 胡椒植物の肥料所要量と敷草作物の肥料供給量

Brachiaria 茎葉乾草の肥料成分率は、21表のようである。これに基づいて、胡椒圃1㎡当りの敷草乾草3.3 Kg/㎡(生草13.3 Kg/㎡)は、胡椒1株当りの占有面積6.25㎡(2.5m × 2.5m)に対しては、乾草20.6 Kg/株となり、同量の1株当りの肥料供給量を算定した。一方胡椒植物の各生育年次の1株当り肥料吸収量を基礎とし三要素の利用率をN—50%、P₂O₅—25%、K₂O—4.5%に想定して、1株当り年間施肥必要量を算出した。(22表) 但し4年

21表 自然草地及び牧草地に於ける優位植物の化学成分

Arcolino de Oliveira Matos-IPEAN に依る

植物 \ 成分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	CO
Brachiaria (牧草地)						
茎 葉	0.72	0.426	4.24	0.27	0.42	36.52
根 部	0.52	0.279	2.63	0.13	0.12	33.27
Paspalum Maritimum (自然草地)						
茎 葉	0.68	0.238	3.98	0.39	0.25	35.27
自然草地の根部	0.69	0.238	3.08	0.10	0.12	34.69

22表 胡椒生育年次毎の施肥必要量 g/株

千葉・寺田 - IPEAN に依る

生育年次 \ 成分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO*	MgO*
1 年 生	12.9	18.7	36.2	1.4	4.7
2 年 生	54.8	41.9	111.3	23.6	6.1
3 年 生	117.3	77.4	161.3	44.7	7.5
4 年 生	129.3	86.1	169.3	67.8	7.6

* 吸収量から無肥料区の成分量を差引いた値

生植物の生産重量は幼木及び成木を合せての平均値を示すものと一般に認められている。敷草 Br の胡椒 1 株当りに対する肥料供給量と、胡椒 4 年生 1 株当りの施肥必要量とは殆ど相等しいことが知られた。即、肥料試験を実施していないが計算的には胡椒圃 1 m² に対して、Br の作付 1.5 m² は肥料供給量と施肥必要量とが殆ど相等しくなる。但し Br の生産が年次の経過と共に生産が衰え生草 9 Kg/m² より減少するような時期には肥培管理をおこたってはならない。C.Mato-grosso の場合は Br. に準じて大差ないと思われる。

Br. の生産は肥培管理によって大きく動くので、管理を集約的にすれば敷草用としての植巾を少なくして、胡椒の植巾と同等とすることも可能である。

(Ⅶ) 敷草材料作物の作付方式に関する試験

敷草作物を胡椒植物に近い位置に栽培出来れば、敷草作業が容易になる。根系調査に於て養分吸収根群は浅根であり地表下浅く発達していることに着眼し、胡椒植物を高畦に敷草材料作物を低畦に間作すれば、両作物の根系の競合がさけられるであろうと考えた。

これを確認するために本試験を実施した。

1. 試験方法

(1) 供試作物： 胡椒 Singapor 種

(2) 敷草材料作物： Capim Matogrosso - *Tripsacum dachtyloides* Gram.

(3) 試験区（作付方式）： 敷草作物は各区一様に同一水準の低畦に作付けすることとし、胡椒を隣接の高畦としその高さに次の段階を設けた。

- a. 胡椒畦の高さを敷草作物畦と同一水準
- b. 胡椒畦の高さを敷草作物畦より 20 cm 高
- c. 胡椒畦の高さを敷草作物畦より 30 cm 高

胡椒苗は胡椒畦の端寄りに、敷草作物は低畦の畧中央に夫々植付けた。（8図）而して両作物間作栽培に於て根の競合の程度を充分検討しうるよう各試験区に敷草作物草作（隣畦無作付）、胡椒単作（隣畦無作付）、敷草作物と胡椒の間作の3区分を設けた。高畦は近くの表土を盛土しその上に低畦と同様に原野の黒土を約 3 cm 高に敷いた。

(4) 栽植距離： 各試験区に設けた作物作付区分の畦長は一様に 4 m、畦巾は 1 m とし作物の株間は、胡椒 1 m、敷草作物 30 cm とした。

(5) 栽培管理： 植付時 胡椒 6/Jan/'75 敷草作物 22/may/'75

施肥 胡椒植物にのみ、1株当り尿素 5.5 g 溶燐 18.5 g 塩加 11.0 g を 25/may 11/Jun, 23/Oct の夫々に施与した。尚、敷草作物は 1.5 m 程度に伸長すると刈取って胡椒畦全長に均等に敷草した。

2. 試験成績と考察

(1) 敷草作物と胡椒との間作に於ける根系の分布

この間作栽培に於ける両作物の根系を調査したのは胡椒苗植付後 15ヶ月目の 4/Mar/'76 である。調査の結果、胡椒の 20 cm 高畦と 30 cm 高畦とは殆ど大差はなかった。

高畦胡椒の根系： 養分吸収根と水分吸収根の形態的相異は認められるが両者の根の伸長の深さは判然と区別出来ず大体 35 cm 即、高畦底面より稍々深い層まで分布している。中には、高畦の斜面に沿うて伸び、隣接低畦の下層を浅く走って敷草作物の根株元には入り込んでいる。（8図）

低畦胡椒の根系： 敷草作物と胡椒とが同水準畦に栽培された場合胡椒根系の発達の高畦の場合に比べて一段と劣っている。即、根系には分枝根、細根の発達が高畦の場合に比べて一段と少く根長は 50 cm 以下で隣接の敷草作物の畦巾内には伸びていない。

高畦胡椒隣接の敷草作物の根系： 敷草作物の冠根は浅く横に伸び、高畦底辺を横切って胡

23表 胡椒高畦，敷草作物低畦の間作栽培に於ける草丈 cm

胡椒畦の高さ cm	低 畦 (水平)				20 cm 高 畦				30 cm 高 畦			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
4/6/'75		75		48		39		51		44		65
14/7	92	80	104	54	94	45	122	70	96	60	112	86
31/7	99	85	117	59	105	54	123	75	104	75	115	96
1/9	132	92	153	62	140	58	134	78	107	93	127	110
21/10	143	105	155	67	140	80	177	103	147	94	152	112
(刈取量Kg) "	2.5		4.7		2.5		4.5		2.1		2.9	
12/11	105	108	107	68	107	87	128	103	111	94	123	112
4/12	150	123	177	68	153	90	180	110	140	94	173	121
(刈取量Kg) "	2.1		3.4		1.9		3.0		2.0		2.3	
21/1/'76	170	123	195	73	180	115	190	145	160	112	195	139
(刈取量Kg) "	2.6		4.2		2.6		3.8		2.4		4.2	
4/3	135	123	145	84	138	132	152	147	138	130	172	159
平 均	128	123	144	84	132	132	151	147	125	130	146	159
(刈取量Kg 計)	7.2		12.3		7.0		11.3		6.3		9.4	

Note: A : 敷草単作 (低畦, 隣畦無作付)
 B : 胡椒単作 (隣畦無作付)
 C & D : 敷草+胡椒 (両作物間作)

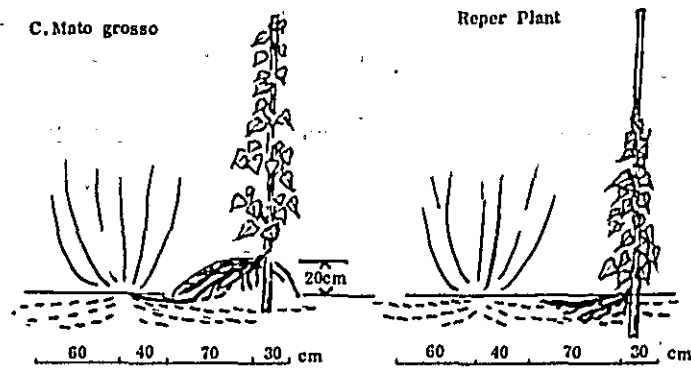
胡椒支柱の線外 30 cm にも伸びている。又、高畦底面より上方に少しく侵入しているものもあるが 胡椒根系との競合は見られない程である。

胡椒と同一水準畦の敷草作物の根系: 地下 3~10 cm 下層を横に伸び胡椒根圏内を自由に横切り胡椒支柱線を 20 cm も乗り越えている。而して胡椒根の伸長を抑えているが如く見られた。

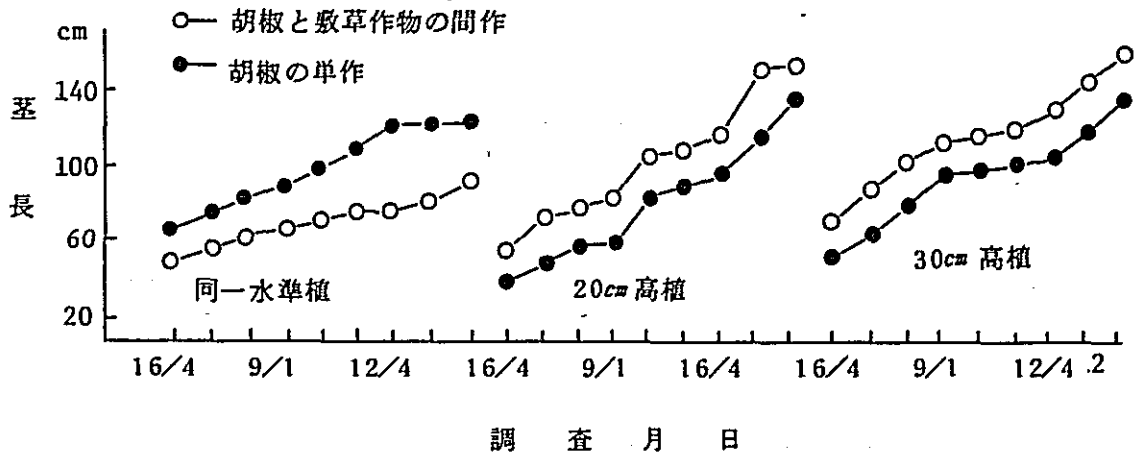
(2) 胡椒と敷草作物の生育

敷草作物: 胡椒根が活着伸長し出した後に、根株を植付けて (22/may)、14/Jul から月毎に草丈を、又 150 cm 程度に伸びたとき地上部を刈取り 21/Jan まで3回茎葉の生産量を測定した。23表の数字は作条 4 m の生草生産重である。各試験区とも単作の場合は間作の場合に比較して一様に少くなっているのは明かに地力の差によるもので観察の結果と相一致している。而して間作の場合は、胡椒高畦の高い区程生産量が少くなっているがその差は極めて少い。

胡椒: 胡椒の草丈を1ヶ月毎に測定した。23表及び9図のように、単作の場合は各区と



8 図 胡椒高畦敷草作物低畦と胡椒，敷草作物同一水準畦に於ける根系模図



9 図 胡椒畦の高さを異にした場合 胡椒の単作と敷草作物との間作における胡椒の生長

も畝相等しい経過をたどっているが間作の場合を見ると同一水準植えの場合のみ伸長が単作の場合よりも劣っており、即ち、水平畦の場合は伸長が劣り高畦の場合は一段と伸長が良い。この事は水平畦の場合は敷草作物根の侵入により生育が抑えられ、高畦の場合はこの侵入がないことに因るものと見られる。根系分布調査の結果とよく一致している。本試験の胡椒栽植距離は慣行より縮小したのであるが、栽培年次が経過しても胡椒を20～30cmの高畦に栽培すれば、隣接の低畦栽培の敷草作物との根系競合はさけられるものと考えられる。

むすび

Amazon 地域に於ては、胡椒の敷草栽培が最も合理的であろうと確信し、この栽培の有利性を探求しつづけた。又同時に栽培改善のための資料を求めて胡椒の生態特性調査を実施した。その結果、胡椒の敷草栽培は生態特性によく適合した条件を醸成することを知った。敷草栽培によって胡椒を順調に且つ健康に育てることが出来る。尚、敷草作業が容易に行い得るよう胡椒と敷草作物の間作栽培法をみ出した。

II 農耕開発方式の改善に関する試験研究

Amazon 地域に於ては、緒論に述べたように農耕を開発するに当っては、耕作予定地が焼払われた後は直に牧草を栽培し地面を被覆して地力を維持増進し、経営的には養畜を主体とする。短期作物を栽培するに当っては、牧草地の一部を利用して作付を始め、地力が衰えた場合には、牧草根群を肥料源として隣接牧草地に移るよう順次これを繰返して牧草圃と短期作物圃との輪換を行うことが、最も合理的な農耕開発方式であろうと考えた。この開発方式の可能性、有利性を検討した。本試験は、1973～'76年 に実施した。

(I) 既設の自然草地と牧草地との地力比較試験

土壌の形成発達を同じくする1団地に於て、一方は3年以前からいね科牧草 *Brachiaria decumbens* を作付している牧草地と他方は同様3年前から耕作を放棄し自然状態に放置し雑草木本で覆われている自然草地(再生林とも云う)との地力— Cowpea を栽培しその生育、収量を以て地力の指標とした—を比較した。

1. 自然草地と牧草地とに於ける地上部及び地下部の重量

調査時期: 30/Apr ~ 22/Jun 1973

調査面積: 地上部調査 1 m²— 3ヶ所宛

地下部調査: 0.25 m²— 2ヶ所 1 m²— 1ヶ所宛

(1) 両地区の優位植物

牧草地: *Brachiaria* が優位を占め、部分的には *Cynodon dactylon* (C. Burro-Gram) *Paspalum maritimum* (C. Gengibre-gram) *Schrankia leptocarpa* (Leg) *Ipomea asarifolia* (Salsa) 等がまじっている。

自然草地: 植生は1例であるが24表のように *Gengibre* が優位を占めている。

(2) 両地区に於ける植物重量

地上部は根際より緑色部と枯葉とに分け、地下部は地下10cm毎に30cmまで各層毎に夫々秤量した。25表のように植物総風乾重量に於ては両地区とも畧相等しいが地上部に於ては、牧草地が少く自然草地の70%に相当し、根重に於ては牧草地が多く自然草地の135%に相当している。且つ地中深くまでに分布している。尚、牧草地地表には自然草地より比較にならない程の腐植が推積している。

2. 自然草地と牧草地との生産力の比較

(1) 試験方法

a. 供試作物 *Cowpea - vigna sinensis*

品 種 40日

b. 試験区 無肥料区 施肥区 但し施肥は、1期作時のみ基肥として施した。

c. 1区面積及び区別 4 m² 3区制

24表 自然草地の植物構成の1例
 - Secao Botani IPEAN に依る

	A 風乾物重 g	割合 %
*Paspalum maritimum-Gram	714	52
Homolepis aturensis-Gram	305	23
Borreria verticilata-Rubia	130	10
Borreria latifolia-Rubia	160	11
其 の 他	47	4
計	1,351	100

* Gengibre と呼ぶ

25表 自然草地と牧草地に於ける地上部と地下部の重量

項 目	自然草地		牧草地		牧草地/自然草地 %
	風乾 g/m ²	%	風乾 g/m ²	%	
地上部 - 緑部	659	51	413	47	63
- 枯褐部	627	49	474	53	75
計	1,286	100	887	100	69
地下部 - 0-10cm	956	96	1,054	78	110
10-20cm	22	4	233	17	1,060
20-30cm	13	1	65	5	500
計	991	100	1,352	100	136
総 計	2,277		2,239		98

26表-1 生育状況

期作	項目	播種期	収穫期	生育状況
第1期作		3/6/'73	19/9	降雨分布良好、発芽整一、生育順調
第2期作		22/10/'73	3/1	発芽良好、開花期以降降雨日数多く、無肥区施肥区共登熟不良、牧草地施肥区変化す
第3期作		28/6/'74	2/9	発芽良好、微量要素欠乏症状あらわれる 開花し得ない株多く見られる。特に自然草地に於て多い
第4期作		21/10/'74	30/12	発芽良好、生育中期以降降雨多く登熟不良

d. 栽培方法 地上部を刈取り他に持出した後次のように処置した。

施肥： 炭酸石灰 200 g/m^2 (自然草地) 100 g/m^2 (牧草地) を地表に撒布し地下 10 cm によく混合した。

化成肥料 (N-18 P₂O₅-23 K₂O-18) 55.5 g/m^2 を施肥区に条施した。

栽培距離： $50 \times 25 \text{ cm}$ 1穴4粒播き 間引いて2本立とす。

(2) 試験成績と考察

1期作は 3/Jun に播種しその後は気象条件の許す限り期作を継続した。

各期作の生育状況： 両試験地に於ける各区の生育状況は26表-1のように干季前期6月播種の場合は順調に生育したが干季后期10月播種の場合は生育後期に降雨に見舞われ登熟不良となった。又期作が進むにつれて作物の生産が低減し次第に微量要素欠乏徴候が現われ生育が衰え 開花結実しない株が多くなり、遂に土壤菌 *Fusarium sp* による罹病株が多くなった。(26表-2-10)

生育, 生産量： 26表-2のように

a. 両地域に於ける無肥料区及び施肥区とも植物総生産重及び種実重は、1期作が最も高く期作の進みと共に次第に低減する。土壤中の有機物(根)の分解が極めて速く作物によって吸収利用されていることを示す。

b. 無肥料区に於ては、牧草地の方が自然草地よりも著しく生産が高く、1期作及び2期作では約3倍を示している。

c. 施肥区について見ると、生産総体重に於ては、各期作とも牧草地が自然草地よりも高く、1期作の如きは、牧草地 6 Kg/m^2 に対し、自然草地 5 Kg/m^2 である。然し肥効率(施肥/無肥)に於ては反対に2期作までは牧草地が低く、自然草地の方が格段と高い。即、1期作に於ては牧草地 200% に対して自然草地は 500% を示している。然し施肥による高生産の維持期間延長には無肥の場合と同様に期待出来ない。

d. 種実重/総生産重の値を以て植物生理機能力の指標とした。この数値は期作の進みと共に

2.6 表-2 自然草地と牧草地に於ける生育

項目・期作	自然草地			牧草地		
	無肥	施肥	平均	無肥	施肥	平均
1. 総風乾生産重 $g/10m^2$						
第1期作	986	4,799	2,893	2,906	5,917	4,412
2 "	763	2,443	1,603	2,406	3,432	2,953
3 "	371	275	294	455	830	643
4 "	—	—	—	184	404	294
2. 種実重量 $g/10m^2$						
第1期作	393	2,299	1,346	1,420	2,803	2,112
2 "	276	1,049	663	915	1,433	1,174
3 "	93	75	84	133	288	211
4 "	—	—	—	29	119	74
3. 総風乾生産重の対1期作の比率%						
第1期作	100	100	100	100	100	100
2 "	77	51	55	85	58	67
3 "	32	6	10	16	14	15
4 "	—	—	—	6	7	7
4. 種実重の対1期作の比率%						
第1期作	100	100	100	100	100	100
2 "	70	46	49	64	51	56
3 "	2	3	6	9	10	10
4 "	—	—	—	2	4	3
5. 総風乾生産重の 牧草地/自然草地 %						
第1期作	100	100	100	295	123	153
2 "	100	100	100	323	140	184
3 "	100	100	100	145	301	219
6. 総風乾生産重の 施肥/無肥 の比 %						
第1期作	100	487	—	100	204	—
2 "	100	320	—	100	139	—
3 "	100	88	—	100	182	—
4 "	100	—	—	100	200	—
7. 灼熱減量%						
第3期作栽培前	280	273	—	450	416	—
8. 種実重/総生産重 %						
第1期作	40	48	46	49	47	48
2 "	36	43	41	37	42	40
3 "	30	27	29	29	35	33
4 "	—	—	—	16	29	25
9. 開花始(日.月)						
第1期作	17/8	9/8	13/8	16/8	9/8	13/8
2 "	29/11	26/11	28/11	27/11	27/11	27/11
3 "	10/8	11/8	11/8	14/8	11/8	12/8
4 "	—	—	—	*	9/12	*
10. 罹病率**						
第3期作-2/9月	92	92	92	86	80	83

* 開花株が総株数の1/3に達した日を開花始としたがこれに達せず

** *Fusarium solani* f. *phaseoli* に侵された

低減する。土壤有機物の消耗によって植物体の機能が次第に衰え、花蕾を形成し得ない個体や結実を完了し得ない個体が次第に増加する。

e. 灼熱減量を以て土壤有機物量とみなし、3期作栽培前にこの数値を求めたところ両地区とも同様に施肥区の方が無肥区より少くなっている。化学肥料の施与は著しく生産を増大するが同時に有機物の消耗を増大するようである。

f. Cowpea の生産は土壤有機物の多い牧草地に於て極めて高い。然し有機物の分解が極めて速いので高生産の維持継続期間は短く経営的には2期作迄と考えられる。作期の短い Cowpea の2作は、作期の長い短期作物では1期作に相当すると見るのが安全である。

化学肥料の施与による高生産は期待出来るがその維持継続期間の延長は期待出来ない。又当地域では一般穀作物に対しての化学肥料施与は経営的に引合わないとされている。

(III) 新設の自然草地と牧草地との地力比較試験

試験(I)の試験地の1である自然草地区に於て新に自然草地と牧草地を造成し各々生育1ヶ年経過後の地力を調査した。本試験に於ては新に1~2の牧草を加え、又地上部1部の鋤込み施与を増加した。

1. 試験方法

(1) 地力調査作物: Cowpea - 40日

供試牧草: *Brachiaria decumbens* (Brと略記す)

Stylozantes (St) *Pueraria* (Pu)

(2) 供試面積及び区制: 試験(I)と同じ

(3) 栽培方法: 牧草植付に当り炭酸石灰 200 g/m^2 (23/may) 化成肥料 (N-18 P_2O_5 -23 K_2O -18) 55.5 g/m^2 (29/may) を施与

(4) 植付: Br(31/may) St(5/jun) Pu(12/jun) Br- $50 \times 50 \text{ cm}$ St- $50 \times 30 \text{ cm}$ Pu- $50 \times 50 \text{ cm}$ Cowpea- $50 \times 25 \text{ cm}$

(5) 試験区: 造成して1ヶ年生育後 a-地上部を刈取り他に持出した-持出し区

b-自然草及び牧草の最終刈取り分量を鋤込んだ-鋤込区とを設けた。

2. 試験成績と考察

(1) 牧草の生育

牧草 St. を除くと各牧草とも順調に生育した。1ヶ年間に刈取った生草量は、27表のようである。但し自然草地区は牧草の最終刈取期に刈取りした。各牧草の刈取り量は大体 IPEAN の生産量に等しかった。St. の第3回刈取量の少いのは第2回刈取時に根際近くから刈取ったために枯死株を多く出したのに因る。

(2) 自然草地と牧草地の地力

地上部を持出した試験区と、27表の3回目刈取量を鋤込んだ鋤込区に於ける各区の生育収量を取纏めると、28表のようである。

27表 牧草の刈取り量 生草 Kg/10 m²

草種	回数(時期)			計
	1回 8/Oct.	2回 12/Feb.	3回 31/May	
地上部持出し区				
Brachiaria (Br)	20.6	22.4	8.6	51.6
Stylozanthos (St)	13.0	25.1	0.7	38.8
自然草地 *3			28.4	28.4*1
地上部1部鋤込区				
Brachiaria	34.4	33.5	17.8*4	85.7
Stylozanthos	23.6	23.7	0.6	47.9
Pueraria	16.8	20.6	11.8	48.4
自然草地 *3			28.7	28.7*2

*1 木本 2.9 Kg

*2 木本 1.6 Kg を含む

*3 優勢植物は Gengibre

*4 鋤込量

a. 生育状況 持出し区及び鋤込区を通してみると、Br.区が他の区よりも開花期が早く茎長は高い。Br.区の土壤の理化学性が適良であるからである。鋤込区に於てはSt.区を除いた全区は1期作に於ては全区が徒長変化した。

特にPu区に於て著しかった。地上部1部を鋤込んでの有機物量の増加と生育後期の降雨とが重なったことと、Puは豆科であり、いね科に比べて茎葉の肥料成分が高く且つ分解し易いこと等に因ると考えられる。又、栄養条件のよい鋤込み全区に於ては収穫時 *Fusarium solani f phaseoli* による罹病は殆ど見られなかった。(28表-2-4) これに対し試験(I)の第3期作に於ては(本試験と播種期は同時である)期作を繰返して生育が衰えているので殆ど全株が同病に罹っていたことは注目すべきである。

b. 総生産重及び種実重に於ては何れの区も1期作が最も高く、期作の進みと共に次第に低減している。又植物生活機能力の指標である種実重/総植物体重の値は期作の進みと共に減少している。これらは試験(I)の場合と同様である。

c. 総風乾物重及び種実重を見ると持出し区及び鋤込区とも各期作を通してBr区が大体最も高いと見ることが出来る。即、自然草地よりもBr牧草地の地力が高い。鋤込の場合Pu区は1期作に於てはBr区に相等しいが2期作以降は低減程度が著しくBr区に比べると格段

28表-1 持出し区及び鋤込区の生育概況

期作	項目	播種期(日,月)	収穫期(日,月)	生育状況
第1期作		27/6/'74	2/9	生育順調
第2期作		21/10/'74	30/12	生育中後期多雨登熟不良
第3期作		9/6/'74	21/8	生育順調、鋤込区全面的に蛾の食害を受け生産量は無被害株をもとにして株換等す

28表-2 持出し区及び鋤込区の生育

項目	期作	試験区			持出し区				鋤込区			
		Br	St	自然草	Br	St	Pu	自然草	Br	St	Pu	自然草
1. 開花始(日,月)												
	第1期作	11/8	14/8	13/8	19/8	19/8	16/8	19/8	19/8	16/8	19/8	19/8
	第2期作	6/12	8/12	7/12	6/12	13/12	7/12	9/12	6/12	13/12	7/12	9/12
	第3期作	19/7	*	*	18/7	*	*	*	18/7	*	*	*
2. 茎長(cm)												
	第1期作	22	20	19	43	30	40	44	43	30	40	44
	第2期作 *1	26	23	28	33	23	31	26	33	23	31	26
	第3期作	10	10	10	12	10	11	10	12	10	11	10
3. 莖化及び収穫後新葉発生程度												
	第1期作	0	0	0	卅	0	卅	卅	卅	0	卅	卅
4. 罹病株率 % **												
	第1期作				7	0	2	5	7	0	2	5

* 第1着蕾莖部までの高さを示す

** *Fusarium solani* f. *phaseoli* に侵された

28表-3

項目	期作	持出し区			鋤込区			
		Br	St	自然草	Br	St	Pu	自然草
1. 総風乾生産重 ($g/10m^2$)								
	第1期作	868	678	800	2,261	1,216	2,366	1,613
	2 "	489	351	500	1,202	267	685	548
	3 "	618	298	405	468	260	275	308
2. 種実重 ($g/10m^2$)								
	第1期作	460	325	415	878	413	733	495
	2 "	223	112	214	514	39	235	185
	3 "	240	80	130	138	50	55	73
3. 総風乾生産重の対1期作比率 (%)								
	第1期作	100	100	100	100	100	100	100
	2 "	56	52	63	53	22	29	34
	3 "	71	44	51	21	21	12	19
4. 種実重の対1期作比率 (%)								
	第1期作	100	100	100	100	100	100	100
	2 "	48	34	52	59	9	32	37
	3 "	52	25	31	16	12	8	15
5. 種実重/総風乾生産重 (%)								
	第1期作	53	48	52	39	34	31	31
	2 "	46	32	43	43	15	34	34
	3 "	39	27	32	29	19	20	24
6. 総風乾生産重の 牧草区/自然草地 (%)								
	第1期作	109	85	100	140	75	147	100
	2 "	98	70	100	219	49	125	100
	3 "	153	74	100	152	84	89	100
7. 種実重の 牧草区/自然草地 (%)								
	第1期作	111	75	100	177	83	148	100
	2 "	104	52	100	278	21	127	100
	3 "	185	62	100	189	68	75	100
8. 灼熱減量 (%)								
	10月/'74-第2期作前	3.69	3.06	3.12	4.50	4.24	4.42	4.34
	2月/'75-第3期作前	3.54	3.21	2.99	3.73	3.45	3.53	3.52

- に少くなっている。即、Pu の茎葉は極めて分解し易く生産持続期間が短いので Br に劣る。
- d . St 区の生産が特に低いのは上述のように第 2 回刈取りの失敗によることが大いだが、この植物の草型が直立性であり又葉身が小さく地上部を透して地面が見通し得る程、被覆度が弱いため土壤侵食を招いたことも 1 因であろうと思われる。
- e . 所定の時期に各区の灼熱減量を調査した。これと調査時期を挟んだ両期作の平均総生産重との相関図を求めると両者間に正の相関が見られた。(10 図) 本地域に於ては土壤有機物量が生産を支配する重要な要因である。

これを総括すると栽培期間の短い場合に於ても、いね科 Br 牧草地は自然草地より生産が高く優っている。茎葉鋤込みの場合、Pu は初作の生産力は高いがその経続期間は極めて短いので Br よりも劣る。又土壤有機物量の多少と生産量とは正の相関が見られる程で、有機物は生産を支配する重要要因である。

Ⅳ 牧草 *Brachiaria* による地力回復試験

前項試験において *Brachiaria* 牧草地の地力は自然草地に比較して遙に高く又植物栽培期間が長いと一層地力が増進することが判明した。これは作物の栄養源となるべき根群の量質及び地中の分布によるものである。一般標準の作物生産を確保するに要する Br の栽培年数を検討してみる。

これは牧草圃と作物圃との輪換年数に関係するからである。

(i) せきはく地に於ける地力回復試験

試験(i)の試験圃場の 1 つである自然草地区に於て *Cowpea* を連続 3 期作栽培し生産力が極度に落ち込んだ試験あと地(26 表-3 参照)に於て、一方は自然放置した自然草地区と他方は新に Br を植付けた Br 区を設け、両区とも 8 ヶ月の栽培生育を経過したあと地の地力を求めた。

1. 試験方法

(1) 試験区： 自然草区 Br 区

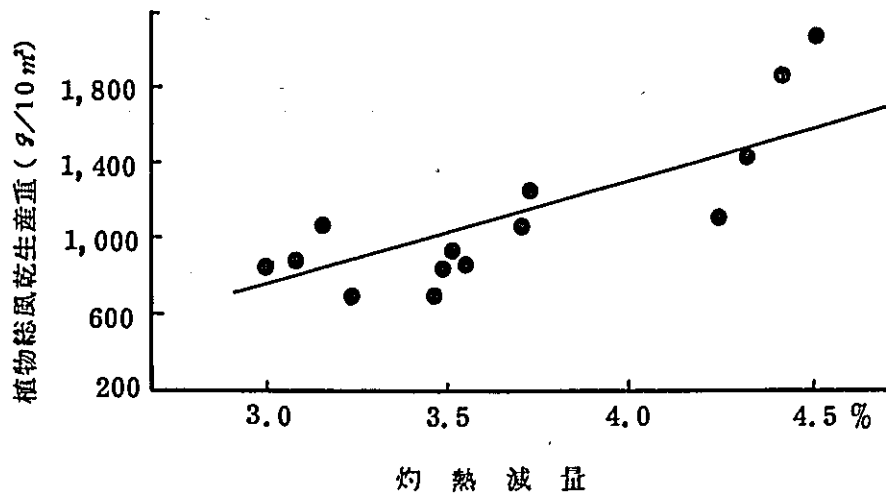
(2) 供試面積並に区制： 1 区 $4 m^2$ 2 区制

(3) 試験区の取扱い： Br 区は 16/Jan/'75 Br の根株を植付け、自然草区は自然状態に放置し両区とも 8 ヶ月経過した。17/Sep に地上部を刈取り外に持出し、そのあと地を耕起し *Cowpea* を栽培した。

2. 試験成績と考察

a . Br の地上部生産量は $7.0 \text{ Kg}/m^2$ 、自然草は $4.2 \text{ Kg}/m^2$ であった。これを試験Ⅱの 1 ヶ年栽培の Br $86 \text{ Kg}/m^2$ 自然草 $27 \text{ Kg}/m^2$ に比べると甚だしい。自然草の優位植物も以前の *Gengibre* と変り草本は *Sebastiana sp.* と *mollugs sp.* に木本は *Waltheria sp.* に変わっている。(29 表)

b . Br 区と自然草区との *Cowpea* の総生産重と種実重は、29 表のように、総生産重は Br 区約 $520 \text{ g}/10 m^2$ で、自然草区の $400 \text{ g}/10 m^2$ の 133% に相当し、ここでも Br あと地の地力の高いことが知られるが、その生産量は余りにも少ない。



10 図 灼熱波量と植物総生産重量との関係

29 表 生育期間 8 ヶ月の Brachiaria と自然草地の地上部生産重量と其の地力 (Cowpea の生産重量)

	Cowpea g/10 m ²					対自然草比%
	牧草地上部 生産量 Kg/10m ²	総生産重	種実重	種実/総生産%	莖長 cm	
Brachiaria 区	7.0	521	267	49	19	133
自然草区	4.2 草本 3.4 木本	392	148	38	19	100

30 表 栽培年数を異にする牧草地と自然草地の地力 (Cowpea の生産重量) g/10 m²

期作	栽培年数		試験Ⅱ(持出し) 1 ヶ年		試験Ⅱ(鋤込) 1 ヶ年		試験Ⅱ(持出し) 2 ヶ年		試験Ⅱ(持出し) 3 ヶ年	
	Br	自然草	Br	自然草	Br	Pu	Br	自然草	Br	自然草
第 1 期作	868	800	2,261	2,366	1,613	2,906	2,906	2,906	2,906	986
第 2 期作	489	500	1,202	685	548	2,466	2,466	2,466	2,466	763
第 3 期作	618	405	486	275	308	455	455	455	455	371

* 播種期は第 3 期作に相当する

** Br 区のみ自然草地と離れている牧草地の生産量である

(ii) 栽培年数を異にした牧草地の地力

今までの試験成績から Br の栽培年数とそのあと地の生産量との関係を検討してみる。ここに引用する試験区(30表)の由来は次のようである。

試験Ⅱ(持出し)1ケ年: 牧草を1ケ年栽培し地上部を刈取り他に持出して後 Cowpea を作付けた。

試験Ⅱ(鋤込)1ケ年: 牧草を1ケ年栽培し地上部を刈取りこれを他に持出し最終回刈取量だけを鋤込んで Cowpea を作付けた。

試験Ⅱ(持出)2ケ年: 前項の試験と同時に牧草を作付し2ケ年後に地上部を刈取り他に持出して Cowpea を播種した。この播種時は前項試験より1年おくれており前項試験の3期作と同時である。

試験Ⅰ(持出)3ケ年: 本試験を開始する3ヶ年前から夫々 Br を栽培していた牧草地であり又同様、自然草地であった。

1. 成績と考察

本試験においては地上部は養畜に利用するものとして他に持出し地下部のみを作物栄養源(地力)とみなしている。この場合において常に Br 牧草地は自然草地より勝れ 地力は一層高く 地力維持期間は長くなっている。そして Br 牧草の栽培年数が長い程次第に地力は増進し 一般畑作物の標準生産量をあげ得る地力(第二期作においても $1,000 \text{ g/m}^2$ 以上)を保持するには最少限3年を要するとみられる。

(iv) 有機物及び化学肥料の施与が生育収量に及ぼす影響試験

化学肥料の施用効果は極めて高いがその価格は高いので一般穀作には経営的には引合ないとされている。最近、胡椒のように高価な作物にはこの施肥は拡大される一方である。而してこれに伴う諸障害も出はじめている。今後の化学肥料施与に具へて作物の生育、諸障害への影響を、有機物施与と比較しながら調査研究することとした。

1. 試験方法

(1) 供試肥料: Brachiaria 茎葉 化学成分率は21表の通りである。

化学肥料: 尿素(N-45%) 溶成磷肥(P_2O_5 -19% CaO-30% Mg-18%)
塩加(K_2O -60%)

(2) 試験区

施肥総分量に於て100%と50%の2大区分を設けて夫々の分量になるよう有機物及び化学肥料の各単用と両者の組合せを次のように設けた。

材料 \ 番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
化学肥料	100		25	50	75	—	50		25
茎葉		100	75	50	25	—		50	25

- (3) 施肥量： 施肥量の基準である 100% は、第 1 回試験に於ては Br の乾燥 480 g/m²、第 2 回試験に於ては Br の乾燥 310 g/m² とし、肥料供用量は Br の成分率と化学肥料各成分率とから算出した。
- (4) 供試作物 Cowpea 40 日
- (5) 1 区面積 区数 1 × 2 m = 2 m² 3 区制
- (6) 栽植距離 50 × 25 cm
- (7) 播種と収穫時期

試験区 の 作業 期 日

	鋤 込	化学肥料施与	播 種	収 獲
第 1 回	2/ 6/'75	6/ 6/'75	9/ 6/'75	28/ 8/'75
第 2 回	26/ 9/'75	26/ 9/'75	30/10/'75	15/ 1/'75

2. 試験成績と考察

調査成績は第 31 表の如くである。

- (1) 発芽歩合： 第 1 回試験に於ては化学肥料単用の場合は若しく低く特に 100% の場合に低い。又 有機物との混合の場合、化学肥料の割合の高い程低い。その反対に有機物単用の場合に高く、又有機物混合割合の多い場合程高い。第 2 回試験ではこの現象は明らかではない。
- (2) 開花始： 第 1 回試験に於ては発芽歩合の高い区程、開花時期が早い傾向が見られる。
- (3) 生育と収量： 第 1 回試験の化学肥料 100% 区のみ 生産重量は株換算によって修正した。第 1 回試験に於ける総生産量は施肥量 100% 区に於ては 50% 区に比較して一段と高く、又混合施肥の場合は有機物、化学肥料各単用の場合より高い。第 2 回試験に於ても 100% 施肥量の場合は、第 1 回試験と同様な傾向が見られる。又総生産量と種実量とは同様な傾向にある。
- 当地域の土壤は塩基飽和度が小さく有機物量も少ないので有機物は化学肥料に因る濃度障害を緩和する。而して化学肥料及び有機物各単施の場合より有機物と化学肥料との混合施肥は肥効を高める。

31表 有機物と化学肥料の施与と生育との関係

項目	試験区								
	100%			標準			50%		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
第1回 生育状況									
1. 発芽歩合 - %	172	77.6	52.6	31.3	26.6	82.3	43.8	82.8	36.5
2. 発芽始 - 6月日	17	14	14	16	16	14	16	14	16
3. 開花始 - 7月日	22	16	17	18	18	17	19	18	19
第2回 生育状況									
1. 発芽歩合 - %	78	84	92	67	70	80	75	84	83
2. 開花始 - 12月日	12	12	11	9	9	13	12	10	11
3. pH(H ₂ O) - 19/12	4.9	4.8	4.8	4.8	4.8	4.5	4.8	4.0	4.3
第1回 生産量									
1. 総生産風乾重 - g/10m ²	3,680	3,275	4,190	4,030	4,150	2,895	3,125	3,170	3,125
2. 種実重 - g/10m ²	1,575	1,470	1,880	1,925	1,915	1,330	1,450	1,400	1,395
3. 種実重/総生産重 - %	43	45	45	48	46	46	46	44	45
第2回 生産量									
1. 総生産風乾重 - g/10m ²	1,175	1,145	1,295	1,495	1,535	590	1,000	1,010	1,035
2. 種実重量 - g/10m ²	625	620	790	825	815	205	475	565	600
3. 種実重/総生産重 - %	53	54	61	55	53	35	48	56	57

む す び

本試験を通じて次のような農耕開発方式が有利に成立つことが理解された。即ち、当地域に於て農耕を開発するに当っては、森林を開くと同時に、いね科牧草 *Brachiaria* を植付け地面を覆い養畜を主体となし、短期作物を栽培する場合には、牧草地と短期作物圃との輪換を行うよう意図する。具体的には、牧草地の多量の根群が作物の栄養源となるように、本試験の場合は地上部は家畜飼料として利用しこれに期待せず地下部のみを作物の栄養源として利用することとして牧草地は生育期間の極めて短い Cowpea の 2 期作 即ち生育期間の長い稲（又はとうもろこし或は *mandioca*）の一年一作か稲（又はとうもろこし）— Cowpea（又は菜豆）の年 2 作を経済的に有利に栽培することが出来る。一方牧草栽培による地力回復は 即ち一般畑作物の標準生産量をあげるために要する牧草根群量を確保するには最少限 3 年を要する。従って 3 年栽培した牧草地に短期畑作物圃が移るよう毎年輪換をつづけるようにする。但し化学肥料及び茎葉を施与すれば短期作物の栽培年数は延長出来るがこの場合は牧草の根群のみを利用した場合のことである。

謝 詞

本試験研究を実施するに当っては、前場長の J. Maria Conduru, Alfonso Wisniewski, Italo C. Falesi, および現場長 Jose Furlan は試験運営上多大の配慮を賜った。Dr Milton Albuquerque は Amazon 地域の農業全般について指導教示された。Dr Fernand C. Albuquerque Dr Anne Sitarama Prabhu は植物病菌の同定に Secão Botani と Secão Agrostragen の Staffs は野草、牧草の同定に、Dr Celio Francisco Melo Dr. Emmanuel de Soueacrus は土壌の理化学性の分析にそれぞれ協力された。又勤務時期を等しく派遣された 千葉守男氏 岩佐安氏 永田巖氏 馬淵信宏氏 の協力援助を煩わした。尚、三井物産支店長 平井英一氏 は学術振興のため胡椒園を提供された。ここに心からの感謝をささげる。

引用文献

1. A.Duck e G.A.Black (1954) Notas sobre a Fitogeografia da Amazonia Brasileira Boletim Tecnico IAN, no.29
2. 千葉守男(1973) アマゾンの土壌と農業 日本土壌肥科学雑誌 44-6, 44-7
3. 千葉守男(1970) アマゾン地域に於ける土壌肥料 総合報告書 海外技術協力事業団 1-87
4. 千葉守男, 寺田慎一(1976) アマゾン地域に於ける胡椒の養分吸収量から決定した最適施肥量 熱帯農業学会 vol.20-No.1
5. Fernando C.Albuquerque, Jose M.P.Conduru (1971) Cultura da Pimenta do Reino na Região Amazonica vol.12 no.3 IPEAN
6. Falesi I.C.(1966) : O Estado Atual dos Conhecimentos sobre os Solos da Amazonia Brasil IPEAN
7. 熊田恭一(1972) 農業環境としての土壌 科学 vol.42 no.9
8. 井碩 昭(1975) アマゾン地域に於ける胡椒園 土壌の二, 三の物理性について 熱帯農業 18-4
9. IPEAN (1966) Capim Braquiaria Culturas da Amazonia
10. Jose C.J.Schmidt (1947) O Clima da Amazonia IBGE Conselho Nacional de Geografia
11. Litzenger, S.C e Ho Tong Lip (1961) Utilizing Eupatorium odoratum L. to improve Crop yields in Cambodia Agronomy Journ.V. 53
12. 多田文男(1957) アマゾンの自然と社会 東大出版会 5-20
13. 寺田慎一(1970) Amazonia 地域総合報告 海外技術協力事業団資料 23-39
14. 寺田慎一(1971) Amazonia 地域に於ける有機物施用方法の土壌環境ならびに作物の生育収量におよぼす影響 熱帯農業 15-1
15. 寺田慎一 千葉守男(1971) Amazonia 地域に於ける胡椒の根系から見た栽培上の問題 熱帯農業 15-1
16. 山田 登(1975) 開発途上国農業の諸問題 海外農林業開発技術情報
17. 山根一郎(昭49) 日本の自然と農業 農山漁村文化協会
18. 吉田武彦(1971) 日本の耕地の生産力と施肥 農業技術 26-5
19. ウイリアムス(1951) 科学的な農業耕作 農業科学研究所編 三一書房
20. 渡辺 巖(1974) 農業と土壌微生物 農山漁村文化協会
21. 岩佐 安(1976) アマゾンにおける土壌及び粘土鉱物に関する技術協力総合報告書 国際事業団
22. Buringh P. -菅原道太郎 訳(1968) 熱帯土壌学提要 鹿島出版会
23. Herbert Wilhelmy -大野盛雄 訳(1949) 南アメリカ原始林における植民 農林水産生産性向上会議

