

羊蹄系腐植質火山性土における混層耕の効果*

——主としててん菜に対する効果とその要因について——

平井義孝† 高尾欽弥† 後藤計二†

EFFECT OF MIXING LAYERS BY MECHANICAL POWER ON THE HUMIC VOLCANIC ASH SOILS AT YŌTEI SERIES

On the Effect for Sugar Beet and Main Effectual Factors

Yoshitaka HIRAI, Kinya TAKAO & Keiji GOTO

羊蹄系腐植質火山性土において、混層耕(60 cm)の効果を試験した結果、てん菜の初期生育が著しく増進し、施行初年目では標肥条件で普通耕(15 cm)より25%増収した。年次の経過に伴い増収率は漸減したが、3年経過後でもなお普通耕に比べて収量は高く、その要因は、粗粒火山性土の場合と異なり、土壌中の有害糸状菌密度低下による初期生育の促進と、土壌の理化学性改善によるものであった。また、当地方の主幹作物の1つであるばれいしょに対する混層耕の影響は、低温多雨年では効果がみられたが、平年気象条件では影響が小さかった。

I 緒 言

北海道における混層耕の効果は山田¹⁰⁾によって根釧地方の火山灰土を対象に実施されて以来、各地において行なわれてきた。ことに戦後不良火山性土の開発の必要性和、大型耕耘機械の開発によって、急速な発展がみられた。なかでも、粗粒火山性土はその成層状態から混層耕の効果が最も高いものとされ、広範な試験研究がなされている^{5) 8) 9)}。大垣⁶⁾はこれらの試験研究の成果を要約し、混層耕の効果をつぎの3つであると指摘している。すなわち、1) 作土の肥沃化、2) 土壌水分条件の好転、3) 土層の均一化によるものであるとしている。

ここで報告する羊蹄系腐植質火山性土における混層耕は、前記粗粒火山性土の場合と火山灰土の

堆積層序が著しく異なり、下層に埋没腐植層を有しないにもかかわらず、一部の地域ではすでに事業としてとりあげられ効果をあげている。このような立地条件から、その効果要因は必ずしも従来のものと同一視することはむづかしく、この解明について昭和41~44年にわたり検討した結果をとりまとめて報告するしだいである。

この研究の実施に当たり、中央農試長谷部俊雄特別研究員には終始有益な助言をいただいた。また同農試化学部水野直治、石井忠雄ならびに八木沼純義研究職員には試験遂行上多大の援助をいただいた。さらに現地試験の実施に当って、喜茂別町役場および同地区農業改良普及所の職員各位にも多大の援助をいただいた。土壌糸状菌の分離検出は北海道農業試験場畑作部沢田泰男技官の好意により行なわれたものであり、かつ有益な助言をいただいた。それぞれ付記して深く感謝の意を表する。

II 試 験 方 法

この試験は虻田郡喜茂別町字留産の台地で行なったもので、この地帯は羊蹄山を噴出源とする古

† 中央農業試験場

* 本報告の一部は昭和43年12月、日本土壤肥料学会北海道支部講演会において発表した。

期火山灰土が厚く堆積した緩波状～波状傾斜地であ
ばれいし、てん菜および豆類を主幹作物とした
畑専経営の地帯である。

試験地の土壌断面ならびに理化学的性質は第 1

表-1~3に示したが、その下層土は土性が粗く、
腐植含量は低い。またち密度はやや高く、塩基な
らびに有効態磷酸も少ないなど、表土に比べ理化
学性はいずれも劣る土壌である。

第 1 表-1 土 壌 断 面 形 態

層序	層 厚 (cm)	土 性	土 色	礫	構 造	ち 密 度 (山中式)	孔 隙	備 考
1	0~13 ~28	CL 〃	N ⁺ N ⁺	極 少 〃	細 粒 状 〃	5~7 15~18		作土層 } Y火山灰土
2	~42	SL	5 YR 3/4	〃	〃	20~22	細孔含む 小孔含む	〃
3	~50	SL	5 YR 3/4	〃	細粒状/粒状	23~24	細孔含む 小孔あり	〃
4	~84	G	5 YR 3/4	1~3 mm 角 礫	無構造連結			〃
5	84~	G		5~10 mm 角 礫	〃			〃

第 1 表-2 理 学 的 性 質

層位	腐 植 (%)	粒 径 組 成 (%)					三 相 分 布 (%/V)				飽和透水係数 (定水位)
		粗 砂	細 砂	シルト	粘 土	假比重	固 相	液 相	気 相	全孔隙	
1	13.94	9.3	36.2	27.6	24.9	0.65	26.9	44.9	28.2	73.1	1.07×10^{-2}
2	10.88	14.4	57.5	16.5	11.6	0.51	21.2	55.7	23.1	78.8	3.32×10^{-2}
3	6.80	23.0	50.9	16.6	9.5	0.66	27.5	54.1	18.4	72.5	1.14×10^{-1}

第 1 表-3 化 学 的 性 質

層位	pH		T-C (%)	T-N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Ex-Base(mg/100g)			塩 基 飽和度 (%)	磷酸吸 収係数	Truog's P ₂ O ₅ (mg/100g)
	H ₂ O	KCl					CaO	MgO	K ₂ O			
1	5.40	4.30	8.08	0.61	13.2	32.8	194.3	15.7	16.0	25	2.025	4.1
2	5.40	4.60	6.31	0.57	11.1	36.5	93.7	11.3	9.0	12	2.678	3.1
3	5.95	4.95	3.89	0.42	9.3	26.3	69.8	8.8	4.6	11	2.550	1.5
4	6.40	5.65	1.11	0.12	9.2	14.4	19.7	3.2	2.4	7	1.215	2.1

本報告はA、てん菜、ばれいしに対する混層
耕の効果確認およびB、てん菜を中心とした混層
耕効果の要因解析の2課題を包含しているが、本
項では前者のみについて詳述、後者の試験方法は
試験結果の項においてそれぞれ記載する。

混層耕の施工はけん引式大型ボトムプラウにより
深さ60 cmまで耕起し、これと対比して普通耕
は15 cm、深耕は30 cmをそれぞれトラクターけん
引ボトムプラウにより行なった。混層耕は試験

開始当年のみとし、以後は普通耕により耕起し
た。

試験区の構成は年次によって画一ではないが、
初年目は各耕起法ごとに標肥、標肥+土壌改良資
材(以下標+資材と略す)、増肥の3処理区を設けた。
2年目以降は深耕系列はとりやめ、また施肥処理
も標肥および増肥処理のみにて試験した。施肥量
ならびに土壌改良資材の施用量は第2表のとおり
である。

第 2 表 施肥量および土壌改良資材量 (kg/10a)

区 別	てん菜 1.3 年目			てん菜 2 年目			ばれいしょ 1.3 年目			ばれいしょ 2 年目		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
標 肥	13	20	10	16	30	15	11	20	10	10	30	15
増 肥	18	30	15	—	—	—	15	30	15	—	—	—
改良資材	炭酸石灰*: 普通耕, 深耕 320, 混層耕 200 } 耕起後全面散布し, ローターベータにて攪拌 ようりん: 各耕起とも 200 } (深さ15cm)											

*炭酸石灰は pH 6.0 矯正量

なお、試験開始後 3 年目の 43 年に隣接は場に混層耕をあらたに実施し、同一年次下における混層耕効果の年次経過による差異と、効果の再確認を行なった。

栽培法、品種などについては当地方の一般慣行法によって行なった。またてん菜は 3 か年とも移植栽培により行なった。

III 試 験 結 果

A てん菜、ばれいしょに対する混層耕の効果確認

第 3 表にてん菜、ばれいしょの生育調査結果を

表示した。混層耕系列のてん菜の生育を普通耕に対比して最も特徴的であるのは、初期生育の相違である。すなわち、生育の初期段階ほど混層耕の優位性は顕著に認められた。しかし生育が進捗するとともに、その優位性は漸減し、生育の後半における地上部の生育は普通耕系列がむしろ優れており、その生育相は混層耕に比べて遅延型の様相を呈した。根周に及ぼす耕起法の差異は明らかでなかったが、根長では混層耕>深耕>普通耕と耕深に応じた順位で優る結果を示した。以上の生育相の違いは混層耕施行後の年次経過と関係なく、各年次とも共通して認められた。

第 3 表 てん菜、ばれいしょの生育

耕起法	処 理	てん菜の生育(初年目 41 年)								ばれいしょの年次別草丈 (cm)					
		草 丈 (cm)			生 葉 数 (枚)			収穫期の		初 年 目		2 年 目		3 年 目	
		23/Ⅶ	2/Ⅷ	収穫期	23/Ⅶ	2/Ⅷ	収穫期	根周 (cm)	根長 (cm)	1/Ⅶ	2/Ⅶ	4/Ⅶ	8/Ⅶ	25/Ⅶ	21/Ⅶ
普通耕 (15cm)	標 肥	16.8	50.3	48.5	10.9	20.7	20.6	28.9	14.7	21.0	81.4	51.5	81.2	14.1	23.2
	標+資材	17.9	53.9	49.8	10.7	22.6	20.1	29.8	14.4	19.7	82.9	—	—	—	—
	増 肥	18.1	53.9	50.3	11.1	21.0	17.4	29.1	14.7	20.6	83.9	—	—	14.2	26.7
深 耕 (30cm)	標 肥	16.6	51.1	47.8	10.1	20.9	19.3	29.3	14.9	19.2	79.5	—	—	—	—
	標+資材	18.2	53.8	46.7	11.2	19.9	20.1	29.9	15.3	21.0	85.0	—	—	—	—
	増 肥	17.5	57.0	50.7	10.5	20.9	19.8	30.0	15.4	18.0	83.6	—	—	—	—
混層耕 (60cm)	標 肥	18.3	51.9	44.9	11.1	21.0	20.0	29.0	15.7	19.9	70.0	47.2	76.8	11.8	24.4
	標+資材	19.0	52.3	48.7	10.7	21.7	19.6	29.6	15.7	18.8	70.9	—	—	—	—
	増 肥	18.9	55.0	49.1	10.7	21.1	19.5	29.2	15.1	17.5	71.8	—	—	12.4	26.0

一方、ばれいしょの生育状況は、てん菜の生育相と異なり、普通耕および深耕系列の草丈は初期生育より混層耕系列を凌駕し、低温多雨年* であった初年目の場合には、むしろ過繁茂な生育とな

* 俱知安測候所観測気象 (5~9 月)

平均気温 (°C): 41 年 15.60 42 年 17.12 43 年 16.48

降 水 量 (mm): 41 年 580, 42 年 501, 43 年 585

日照時間 (h): 41 年 821.1 42 年 801.0 43 年 771.3

第4表-1 てん菜の年次別収量

耕起法	処 理	初 年 目									2 年 目			3 年 目			
		4 1 年					4 3 年				4 2 年			4 3 年			
		頭菜重	菜根重	T/R	根中 水分 %	菜根 重比	頭菜重	菜根重	菜根 重比	頭菜重	菜根重	菜根 重比	頭菜重	菜根重	菜根 重比	根腐 れ率 %	
普通耕 (15cm)	標 肥	2,382	2,929	0.82	19.8	100	3,700	3,635	100	1,809	3,667	100	2,976	3,139 (2,753)	100 (100)	12.3	
	標+資材	2,432	3,329	0.73	19.3	115	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	増 肥	3,051	3,273	0.83	19.4	114	3,819	3,823	105	—	—	—	3,849	3,709 (3,386)	118 (124)	8.7	
深 耕 (30cm)	標 肥	2,220	3,032	0.66	19.0	103	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	標+資材	2,195	3,370	0.65	19.5	115	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	増 肥	2,682	3,442	0.68	19.7	118	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
混層耕 (60cm)	標 肥	2,273	3,655	0.62	19.8	125	4,261	4,376	120	2,149	4,066	111	2,849	3,358 (3,341)	107 (121)	0.5	
	標+資材	2,319	3,858	0.60	19.5	132	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	増 肥	2,629	3,894	0.68	18.9	133	4,865	4,469	123	—	—	—	3,769	3,996 (3,996)	127 (145)	0	

注) 収量の単位はkg/10a

() 内は根腐れ個体を考慮した推定収量

り若干の倒伏がみられた。

第4表-1にてん菜の収量調査結果を示した。初年目における普通耕、深耕系列間の菜根重にはほとんど差異はみられなかったが、混層耕系列は普通耕系列に比べて各処理平均で20%の増収を示した。混層耕系列の菜根重の年次経過についてみれば、普通耕系列に比べて2年目で11%、3年目で7%と年次の経過に伴いその効果は漸減する傾

向を示している。しかし3年目の場合、てん菜の作付休閑年限が短いため(2年前てん菜作付)、普通耕系列では根腐れ個体が発生した。この影響を考慮に入れて計算すれば、混層耕の効果はさらに高くなるものと考えられる。

頭菜重については年次により同一傾向を示さないが、混層耕系列は普通耕系列に比べて T/R 比が低い値を示している。

第4表-2 ばれいしょの年次別収量

耕起法	処 理	初 年 目 (4年)					2 年 目 (42年)					3 年 目 (43年)			
		いも 個数	いも 重量	同左 比	上いも 半 (%)	澱粉価 (%)	いも 個数	いも 重量	同左 比	上いも 半 (%)	澱粉価 (%)	いも 個数	いも 重量	同左 比	上いも 半 (%)
普通耕 (15cm)	標 肥	29,190	2,599	100	33.5	13.92	45,450	3,586	100	33.5	15.57	27,833	2,383	100	40.8
	標+資材	27,590	2,488	97	38.5	13.71	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	増 肥	26,540	2,076	80	32.1	13.39	—	—	—	—	—	28,673	2,741	115	62.3
深 耕 (60cm)	標 肥	31,650	2,673	105	39.9	14.56	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	標+資材	30,020	2,756	108	41.4	15.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	増 肥	30,770	2,743	107	46.5	13.60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
混層耕 (60cm)	標 肥	34,210	2,918	114	40.9	15.20	45,780	3,440	96	29.1	15.59	27,980	2,366	99	49.1
	標+資材	30,800	2,848	111	48.4	14.77	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	増 肥	30,740	2,989	117	50.3	14.03	—	—	—	—	—	28,053	2,639	111	53.5

注) 収量の単位は10a 当り個、kg

第4表—2には、ばれいしょの収量結果を表示したが、低温多雨年であった初年目の収量は、普通耕の場合過繁茂な生育を示し、受光態勢を悪化して塊茎の肥大、澱粉蓄積が低く、結果的には混層耕系列に比べて平均87%の収量であった。このことはとくに増肥処理ほど影響が強く、減収度合が大きかった。しかし、2、3年目における混層耕系列の収量は、普通耕系列に比べ同程度あるいはやや低い収量であった。

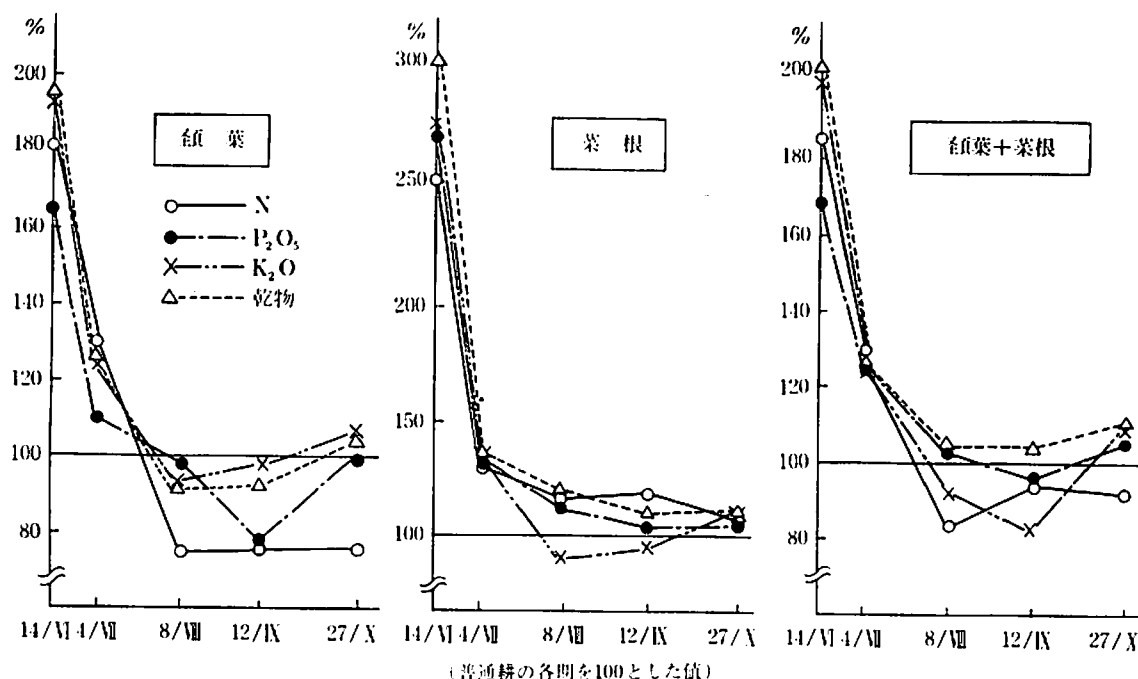
B てん菜を中心とした混層耕効果の要因解析

1) 養分吸収の経過

方法；普通耕および混層耕ほ場（2年目、42年）に $N\ 16$, $P_2O_5\ 30$, $K_2O\ 14\ kg/10a$ を施用して均

一栽培した移植てん菜「つきさっぷ」について、生育時期別に養分吸収の経過を調査した。

結果；第1図に示すように、 N , P_2O_5 , K_2O の混層耕における吸収量は、生育初期ほど顕著に多く、とくに地上部より根部で明らかであった。この吸収量の著しい増加は含有率の増加によるものでなく、乾物重の増加に基因するものである。しかし、てん菜の生育が盛んとなった8月以降では根部の N , P_2O_5 , K_2O はわずかに普通耕を上回る値を示したが、頸葉部ではむしろ劣る結果であった。また前記要素のほか CaO , MgO および微量要素 (Mn , Cu , Zn , Mo) についても同時に分析したが、図示した結果と同傾向であった。



第1図 混層耕におけるてん菜の乾物重、養分吸収量の推移

2) 層位別土壌の生産力と混合土の圧密の影響

方法；第1表に示した1～3層の土壌を木枠（70×70 cm、深さ60 cm）に土層別に充填して生産力を比較した。また、60 cmの混層耕によって混和される土層までの土壌を混和し、膨軟充填区（山中式硬度計で作土15 cm以下を全層15～18に充填）と圧密充填区（普通耕の原土状態まで圧密しながら充填）を設け、土層膨軟化の影響についても併せて試験

した。以上の各処理の対照として、第1表に示した原土状態になるように各層の土壌を充填し普通耕区とした。施肥量は $N20$, $P_2O_5\ 30$, $K_2O\ 20kg/10a$ を表層15 cmに全層混和し、移植てん菜により2連制で行なった。

結果；試験の結果を第5表に示した。初期生育は下層土ほど良好となり、また混合土も普通耕の生育を凌駕した。

第5表 土層別土壌の生産力と土層圧密による影響

区 別	各 期 の 草 丈 (cm)				収 量 (g/0.5m ²)		葉根重収量比
	23/Ⅶ	1/Ⅷ	2/Ⅷ	29/X	葉 重	葉 根 重	
普 通 耕	16.0	22.5	41.7	53.9	4,983	4,198	100
第1層土壌	17.3	22.9	45.3	58.2	6,360	5,105	122 (100)
第2層土壌	18.4	25.5	44.8	55.2	4,905	4,160	99 (82)
第3層土壌	19.2	26.7	44.8	51.4	4,965	3,885	93 (76)
混合土膨軟	20.1	27.0	51.4	58.6	7,340	5,575	133
混合土圧密	18.8	20.3	51.7	57.9	7,033	5,008	119

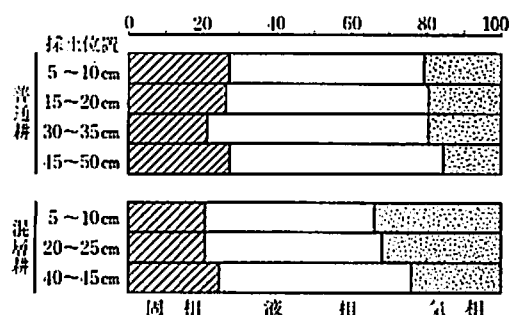
土層別の葉根収量は第1層土壌が最も多く、ついで第2層土壌と上層土ほど生産力は高かった。また、混合土では膨軟状態に充填した場合が、圧密充填区の葉根収量を上回る結果を示した。

3) 混層耕土壌の三相分布と地温の変化

方法；三相分布の測定に供試した試料の採取は耕起後土層が比較的安定したと思われる初年目(41年)の7月1日に100 ml容採土管を用いて行なった。これを土柱法によってpF 1.5における水分状態の三相分布を測定した。

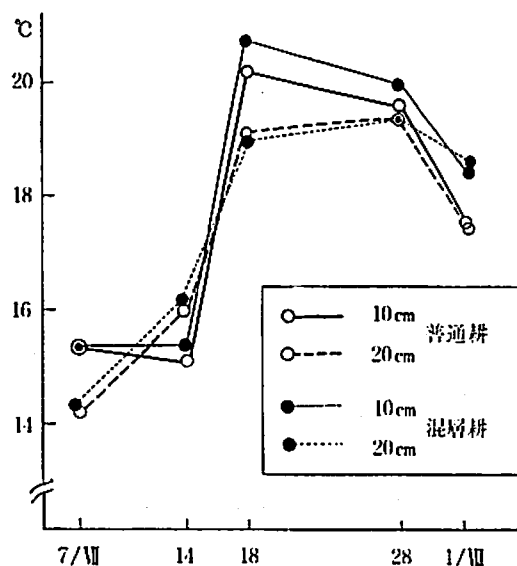
また、地温の調査は現地は場に深さ10, 20 cmに曲管地温計を埋設し、41年7月7日から同年8月1日までの期間午前9時に観測した。表示した結果は2連の平均である。

結果；第2図に示すとおり、混層耕土壌の三相分布は普通耕土壌に比べて固相、液相率がそれぞれ減少し、相対的に気相の占める割合が高く、深さ25 cmまでの気相率は30%以上を示し、普通耕のそれに比べて約50%も多かった。



第2図 pF 1.5における三相分布(Ⅴ/Ⅴ)

層ほどその傾向は高いことがみられた。



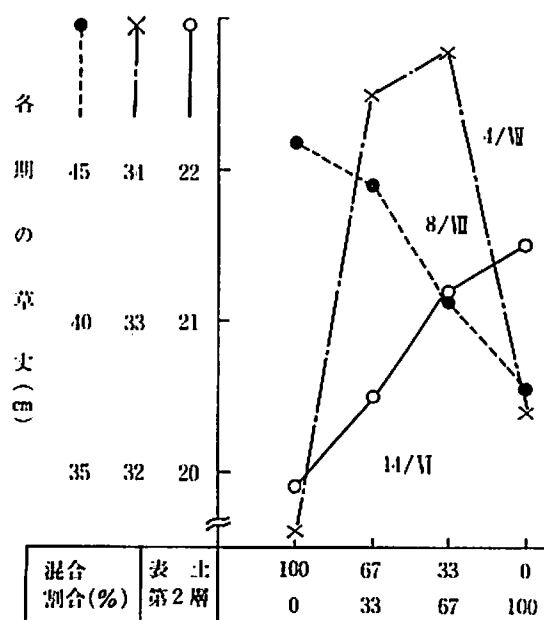
第3図 地 温 の 比 較

4) 表層土の混合割合と初期生育

方法；普通耕におけるてん菜の初期生育の不良性を検討する目的で、第1層土(表土)と第2層土の混合割合の異なる土壌を70×70 cm、深さ30 cmの木枠に充填し、N 20, P₂O₅ 40, K₂O 20 kg/10 aを表層15 cmに混和し、これにてん菜を移植して2連制で栽培し、初期生育の反応をみた。

結果；草丈の調査結果について、比較を容易にするため模式図によって第4図に示した。まず6月14日の草丈では、これまでの試験結果と同じく、表土の混合割合が少ないほど優れた結果を示すが、その後20日経過した時点では、第2層土のみで生育するてん菜の草丈は、土壌の肥沃度が反

また、地温については第3図に示すとおり、混層耕土壌は普通耕土壌より高く経過し、ことに表



第4図 表層土の混合割合と初期生育

映して劣り、かつ表土は依然最も劣る結果であった。しかし、てん菜がおう盛な生育を示す8月では、表土の生育が最も良好となり、これまでの生育状況とは全く逆転した関係を示した。また、これら処理区の跡地土壌の化学性については表示しなかったが、第2層土の混合割合が高いほど有効成分量は低かった。

5) 表層土の蒸気殺菌と農薬施用の効果

方法；数年間てん菜作付けのない現地は場より採取した表土を、25ポンド加圧1時間蒸気殺菌し、これに $\text{NO}_3\text{-N}$ 300, P_2O_5 500, K_2O 200 ppm/乾

土の施肥を行ない11容小型ポットに充填し、てん菜を直播(1ポット5本立)して30日間3連制で栽培した。

農薬施用試験は、成分量で DAPA 剤 50ppm および PCNB 剤 100ppm になるように、現地より採取した表土(普通耕、混層耕)にそれぞれよく混和し、a/5,000 ポットに充填した。またクロールピクリン処理は、土壌を充填したポットに 3 ml の薬量を注入し、ビニール袋で密封して1週間くん蒸処理をしたのちガス抜きを十分に行なった。施肥量はポット当たり N , K_2O 0.5 g, P_2O_5 1.0 g を施用し、てん菜(直播)を44年6～7月の期間栽培した。

結果；第6表に示すように、蒸気殺菌土のてん菜は無殺菌土に比べ著しく生育が良好になることがみられた。

第6表 土壌の蒸気殺菌の効果

区別	乾物重 (g/ポット)	同左割合
無殺菌土	1.54	100
殺菌土	3.30	214

農薬施用の効果は第7表に示した。この試験に用いた土壌はてん菜の作付跡地であったため、立枯れ病の発生は著しく多かった。無処理における立枯れ病の発生は、混層耕表土に比べ普通耕表土が明らかに多い。また薬剤処理の効果は、混層耕表土ではDAPA剤、クロールピクリン剤によって立枯れ病は皆無となった。これに反し、普通耕表

第7表 農薬施用の効果

土 壌	農 薬 処 理	草 丈 (30日目)	立 枯 れ 病 の 発 生			土 壌 来 歴
			全株数	罹病株	発生率	
普 通 耕 表 土	無 処 理	4.3 ^{cm}	18.0 [*]	16.0 [*]	88.9 [%]	41年てん菜 42年ばれいし 43年てん菜 44年ばれいし 作付跡地土壌
	D A P A 剤	9.4	18.0	13.0	72.2	
	P C N B 剤	5.3	18.0	10.0	55.6	
	クロールピクリン剤	13.0	18.0	0	0	
混 層 耕 表 土	無 処 理	4.5	17.5	12.0	68.5	41年混層耕施行 作付来歴は上記同様
	D A P A 剤	9.4	17.5	0	0	
	P C N B 剤	5.3	17.0	3.0	17.6	
	クロールピクリン剤	15.6	17.0	0	0	

土の場合は、クロールピクリン処理は高い効果がみられるが、DAPA剤、PCNB剤は無処理に比べ立枯れ病の発生率は低下したが、なおかなりの発生が認められた。

6) 立枯れ病の発生原因菌

第7表に示した作付来歴の普通耕表土、第2層土ならびにその混合土(重量比1:1)を44年秋ばれいしょ収穫後に採取し、小型ポットに充填しててん菜を播種し、初期生育を不良にするとと思われる立枯れ病の糸状菌の発現頻度について調査した。栽培法は前記蒸気殺菌の場合と同じである。30日栽培後植物体を注意して抜き取り、水洗後鏡谷¹⁾の方法によって供試部位を切り取り、1,000倍昇こう液で30秒間表面殺菌し、殺菌水で数回洗じょうし、ばれいしょ、しょ糖寒天培地にて25

C°7日培養し、発現糸状菌の頻度を調査した。栽培は44年11~12月に温室内にて行なった。

また、糸状菌の分離検出に用いた土壌は、数年間てん菜を作付けしなかった現地の表土、第2層土およびその混合土(重量比1:1)をそれぞれ50gをシャーレに入れ、種皮を剥離した単胚種子を70%アルコールと漂白粉液で表面殺菌して播種した。室温(25~28°C)で栽培し、生育中に発生した立枯れ個体を順次に抜き取り、罹患部位を殺菌水で洗って水滴中に培養し、優勢に生育する糸状菌を検鏡分離した。

結果; 糸状菌の発現頻度は第8表に示すように両部位とも表土に生育させたてん菜が最も多くみられ、第2層土では少なかった。ここで栽培したてん菜の根の状態は、表土の場合は生育が悪く、

第8表 糸状菌の発現頻度

土 壌	25日目草丈 (cm)	調 査 個 体 (本)	糸 状 菌 発 現 率 (%)		根 の 生 育 状 態
			A 部 位	B 部 位	
表 土	4.5	17	64.7	58.8	生育不良、黒変粗剛
混 合 土	6.8	14	35.7	57.1	やや黒変
第2層土	6.7	10	20.0	30.0	生育良、健全

注) A部位; 地際部, B部位; 地際上部

かつ黒変し異常であったが、立枯れ病特有の地際部の壊死病徴は認められなかった。しかしこのような状態においても、糸状菌の感染があることが

第9表 立枯れ病を発現した糸状菌

土 壌	個体数	立枯れ 数	立枯れ 発生率 %	発現糸状菌(発現数)
表土	18	14	78	<i>Aphanomyces</i> (8)
				<i>Pythium</i> (3)
				<i>Fusarium</i> (1)
				<i>Aphanomyces</i> ・ <i>Pythium</i> (1)
				<i>Pythium</i> ・ <i>Fusarium</i> (1)
混合土	16	8	50	<i>Aphanomyces</i> (4)
				<i>Pythium</i> (1)
				<i>Pythium</i> ・ <i>Fusarium</i> (1)
				不 明 (2)
第2層土	16	4	24	<i>Fusarium</i> (2)
				<i>Phoma</i> (?) (1)
				不 明 (1)

明らかとなった。

立枯れ病の罹患部の糸状菌を培養し、検鏡分類した結果を第9表に示したが、その原因菌は*Aphanomyces* 属菌が表土で最も多く検出された。また表土の立枯れ病発生率が最も多いことは、これまでの結果とよく一致していた。

IV 論 議

羊蹄系腐植質火山性土における混層耕の効果を検討した結果、てん菜では標肥条件で初年目普通耕に比べ25%増収を示し、年次の経過に伴い増収率は漸減したが、なお3年目でも効果がみられていた。一方、ばれいしょは気象不良な年次では増収効果がみられたが、平年の気象条件ではその効果は認められなかった。従来混層耕の効果が高い樽前系粗粒火山性土地帯に比べ、その土壌条件は著しく異なっており、当地方の混層耕の効果は特異なものと予想される。この点についててん菜を

中心として、土壌の理化学的ならびに微生物的な見地から、混層耕効果の要因について考察することにする。

1. 土壌物理性と効果の関係

まず土壌水分系との関係について、土壌断面形態などからみて、普通耕地は排水困難な土壌ではない。さらに粗孔隙量は増島¹⁾が指摘する作物生育に好適な量にほぼ同じ値を示している。一方混層耕地での粗孔隙量は40% (容積当り)と過大な値を示し、かつ毛管孔隙量は普通耕地より低くなり、有効水からみて混層耕地は不利であろうと察せられる。この試験を行なった3カ年とも春季降雨が少なく土壌は乾燥したが、このような環境であっても、混層耕に生育するてん菜の生育は普通耕に優る結果は、土壌水分系と関係がなく、ほかの要因によるものと考えられる。

しかし、混層耕は土層を膨軟にし、かつ地温を高めていることは、てん菜の根系発育により条件を与えているものと考えられる。事実、枠試験により土壌の圧密状態を変えて、てん菜の生育収量の反応をみると、膨軟状態が優り、または場のてん菜の有効根長は普通耕より混層耕が優れていることがみられ、土壌物理性の改善効果は土層の膨軟化と地温上昇の面において認められた。

2. 土壌化学性と効果の関連

化学分析による下層土の養分含量、CEC、磷酸固定力あるいは塩基状態など作物生育と関係の深い成分はいずれも表土に比べれば劣っている。このことは枠試験による土層別土壌の生産力の比較により明らかに認められた。しかしながら、てん菜の初期における生育は下層土ほど優る事実が、もし土壌のもつ化学的性質によるものとするならば生育後半までその生育の優位性が持続するものと考えられるが、現実には生育後半の生育相は土壌の化学的肥沃度と一致した生育を示している。これらを総合し、混層耕の優位な生育は土壌の化学性とは関係がなく、むしろ混層耕の施行によって土壌肥沃度の低下することがうかがえた。

3. 土壌微生物と効果の関係

前述のように、下層土あるいは混層耕の初期生育の優位性は、土壌の化学性や土壌水分系に基因

しているものでなく、また土層の膨軟化による初期生育の促進効果も、小規模なポット試験結果などから推定し、大きいものでないと考えられる。以上の事象は表土に何らかの生育阻害要因がありその結果相対的に混層耕の生育が優れたものであらうと考えられる。事実表土を下層土によって希釈しててん菜を栽培すると、その生育不良性は弱まり、また表土を蒸気殺菌することにより、著しく生育が良好になる結果から、表土のもつ生育阻害作用は土壌微生物の可能性が強いことがうかがえた。

この点について土壌糸状菌による立枯れ病の発現状態をみると、病徴の有無にかかわらず表土に生育したてん菜の根部には著しい糸状菌の感染を認め、下層土ほどその程度は低かった。さらに感染糸状菌は *Aphanomyces* 属菌が最も多いことがみられた。石沢²⁾ は本邦畑土壌のミクロフロラの垂直分布について調査した結果、下層土ほど分布が少ないことを指摘していることから、混層耕における初期生育の優位性は、有害糸状菌の密度の少ない下層土の混入によって、稚苗時のてん菜根圏の有害糸状菌密度を低下させたことが、初期生育を優位にさせた主な原因であると考えられる。

本報告の現地試験は、すべて移植てん菜によって行なったため、紙筒によって幼苗が保護されているが、普通耕条件では糸状菌密度が高いため、紙筒外に伸長した幼根が有害糸状菌に侵され、立枯れ病特有の病徴が生じなくても生育への影響が大きかったものと推定される。その後てん菜の生育が進み、根系の拡大と環境の変化によって、てん菜の生育が有害糸状菌の活性に打勝つ段階に至って、土壌のもつ理化学的な肥沃度に反映した生育反応を示すものと思われる。しかしながら、気象条件の比較的不良なこの地方では、生育後期に至って普通耕の生育が良好になっても、初期生育の不良性を回復することはむずかしく、結果的には混層耕の水準までの収量が得られなかったものと推察される。

一方、ばれいしょに対する混層耕の効果要因はこれまで考察したてん菜の場合と異なった面がみ

られた。すなわち、普通耕の生育は終始混層耕のそれを凌駕しているが、低温多雨年では過繁茂となり受光態勢を不利にして、塊茎の肥大が劣る結果、混層耕に比べ劣る収量であったが、このような条件がなければ、混層耕の収量は普通耕に比べ、同等かわずかに劣る結果を示すものと思われる。

さて、てん菜に対する混層耕の効果が、年次の経過に伴って減少することには2つの理由が考えられる。その1つは膨軟化した土層の圧密であり、さらに土壌中の有害糸状菌密度が混層前の状態へ復元する可能性である。この点について考察すれば、石塚ら³⁾ はてん菜の連作障害を究明し、その主因は土壌中に棲息する有害糸状菌密度の増加を指摘している。この試験を行なったほ場は、数年間てん菜を作付けしなかったほ場で行なったにもかかわらず、糸状菌密度の高かったことは、この土壌が糸状菌の生活環境に適していることを暗示しているのかも知れない。しかし現時点では土壌環境と糸状菌活性の関係は明らかにされていない点が多く、この面からの考察はむずかしく、微生物的要因の立場からみた混層耕効果の持続性についてはさらに検討すべき点が多い。

また一方、混層耕によらず、農薬の利用によって有害糸状菌を死滅させるか、あるいは活力の低下を図る方法もこのような土壌では手段として考えられる。事実、クロールピクリン処理によって立枯れ病の発生は皆無となり、DAPA 剤・PNCB 剤もそれぞれ立枯れ病の発生を低下させる効果は認められた。しかし現実的な視野から考察すれば農薬の利用は経済的問題を度外視しても、沢田⁷⁾ の述べるように土壌へ農薬を完全に混和することは困難であり、広大な畑地を対象としては局所的な施用しか手段はなく、この方法では農薬施用の効果は低下することが予想される。この意味から農薬の適正な施用技術が確立されたとするならば、混層耕の効果は土層の膨軟化、地温の向上が主な効果とみられ、当試験地の土壌断面形態や理化学的性質からみて混層耕の効果は小さいものとなるであろう。

この地方においては、混層耕の効果が明らかに

されないままにすでに事業化している。その理由として、これまで考察してきた幾つかの事象を経験的にみているほか、ばれいしょでは混層耕によって塊茎に土粒の付着が少なく、食用としての商品価値が高いこと、また年次によって普通耕は過繁茂となり倒伏などにより減収するが、混層耕は多肥栽培でもそのようなことはなく、施肥設計が容易であるなどの理由をあげている。以上の事例は本試験を通じて確認されたが、さらに混層耕の効果は、作物によって効果要因が異なることを理解し、かつ混層耕後の土壌肥沃度の管理については、施行前にも増して留意すべき必要性の多いことが痛感される。

V 摘 要

てん菜の生産改善を目的として、羊蹄系腐植質火山性土に対する混層耕 (60cm) の効果について試験した結果、

- 1) 混層耕により、てん菜の葉根重は標肥条件で普通耕 (15cm) に比べ25%の増収を示した。深耕 (30cm) は普通耕に比べ生育収量に及ぼす影響はみられなかった。混層耕の効果は年次の経過に伴い低下するが、3年目でも効果がみられた。
- 2) 混層耕におけるてん菜の生育は、初期生育が良好となるのが特徴的であった。これに反し普通耕は生育後半に生育が良好となるが、T/R 比は高かった。
- 3) 混層耕の初期生育の優位性と、収量の向上は初期生育を抑制する有害糸状菌の密度の減少と土壌の理化学性改善 (土層の膨軟化、地温の上昇) によるものと考えられた。
- 4) この地方の主幹作物の1つであるばれいしょに対する混層耕の影響は、低温多雨年では効果的であったが、その他の年次では明らかでなかった。

引 用 文 献

- 1) 鎌谷大節, 1965: 日本植物防疫協会刊, 土壌病害の手引Ⅱ, 20~25.
- 2) 石沢修一, 豊田広三, 1964: 本邦土壌の微生物フローラに関する研究, 農研報告B 14, 226-227.

- 3) 石塚喜明, 横田勝徳, 1967: 甜菜の連作障害に関する研究 (第1報), 甜菜の連作障害による収量低下の实態と立枯れ病との関連, 土肥誌, 38, 345-350.
- 4) 増島 博, 森 哲郎, 1962: 畑の土壤水分系と作物の生育に関する研究: 十勝火山灰土壌の生産要因としての土壤水分, 北農試験報, 79, 30-35.
- 5) 野村 琥, 中山利彦, 1967: 粗粒火山性土の地力増進に関する研究, 第1報, 倶利伽羅における混層耕後の土壤管理について, 道農試集, 15, 72-83.
- 6) 大垣昭一, 1970: 火山灰土の反転客土—北海道における混層耕の効果について—, 近代農業における土壤肥料の研究, 日本土肥学会誌, 55-60.
- 7) 沢田泰男, 1969: 緑肥の分解に伴う畑作物の生育障害に関する研究, 北農試報告, 76, 44-45.
- 8) 高田 亨, 1961: 駒ヶ岳火山性土に対する混層耕の効果事例, 北農, 28, 8-11.
- 9) 上田秋光, 1954: 火山灰土に対する混層耕ならびに心土混層耕の効果, 北農, 20, 2, 33-39.
- 10) 山田 忍, 1928: 根釧原野火山灰地方における混層耕, 北農, 3, 8, 15-19.

Summary

In order to improve the production of sugar beet, the authors investigated the effect of mixing layers of soil (60cm depth) by mechanical power on the humic volcanic ash soils at Yötei Series in Hokkaido.

The results were summarized as follows;

1) The root yield of sugar beets grown in mixed layers showed about 25 percent increase over those in soil with ordinary plowing (15cm depth) under the standard fertilizaion, but the effect of deep plowing (30cm depth) was not recognized. This effect has decreased gradually year by year, but was recognized at high level even on the third year.

2) Ordinary plowing had been characterized by the badness of the growth in the early stage of the sugar beet and the highness of the top-root ratio, but these defects were improved by the treatment of mixing layers, so that the maturity of the sugar beet was very good.

3) The author pointed out two effects of mixing layers. Those are the decrease in density of fungus which caused the obstruction of growth in the early stage and the improvement of physical properties in the soil.

4) Mixing layers effected the yield of potatoes, one of the chief crops in this district, in the cool and rainy weather in summer, although their effects were not remarkable in the other weather.