

畑作物の連作障害と作付体系に関する研究

佐々木健治*・高橋康利**・佐藤忠士***

Studies on Injury by Continuous Cropping and Cropping System of Upland Crops

by

Kenji SASAKI, Yasutoshi TAKAHASHI, Tadao SATO

目 次

I はじめに	探索
II 長期連・輪作における収量変動とその要因	IV 総合考察
1. 連・輪作と収量の経年的変化	V 摘 要
2. 連作下における各耕種条件と収量	VI 引用文献
III 野菜と普通作物結合による合理的作付体系の	

I はじめに

連作障害という用語が農業研究者の間で使い始められたのは、1950年代の終り頃といわれている。

それからすでに30年余りの年月が経過している⁴⁾。この間、連作問題は一定の研究の進展をみながらも、基本的に解決されず、今も「古くて新しい課題」として重要な研究対象の一分野となっている^{9),10)}。

連作障害に関するわが国最初の共同研究は、

1969年から1973年の5ヶ年間に行なわれた「連作障害に関する研究⁵⁾」があり、さらに1978年以降の「地力維持、連作障害克服を基幹とする畑地新管理方式の開発に関する研究¹⁰⁾」に引き継がれ、その成果はいずれも今後の研究指針として活用されている。

しかし、連作問題をとりまく環境は、野菜産地を中心に、年とともに深刻化しており、今後早急に対策を講じる必要に迫られている^{3), 6), 7)}。

一方、本県における連作障害および作付体系関

* 現 盛岡農業改良普及所
** 現 岩手県立農業試験場県南分場
*** 現 岩手県園芸試験場高冷地開発センター

連の試験研究事例は極めて少なく、今後の畑作農業の発展にとって、避けて通ることの出来ない課題となっている。

本報告は、このような背景を踏まえ、1973年から実施している「連作障害回避対策基礎試験」、1977年から1981年までの5ヶ年間に行なわれた総合助成課題「畑地高度利用のための野菜と普通作物の合理的作付体系の確立」、および一部現地試験の結果と既報の成績も含めてとりまとめたものである。

本研究を実施するに当り、農林水産省東北農業試験場前栽培第二部長、吉田美夫氏、同栽培第二

試験方法

(1) 作付体系

年次 区名		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
		連作	ばれいしょ	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	畑 稲	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	大 豆	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
輪作体系	I	㊦	小麦	㊦	小麦	大豆	人参	畑 稲	大豆	㊦	㊧	大豆
	II	畑作	大豆	畑 稲	㊦	大豆	㊦	人参	白菜	畑 稲	人参	㊦
	III	大豆	畑 稲	大豆	㊦	畑 稲	大豆	㊦	畑 稲	大豆	㊦	畑 稲
	IV	人参	大根	大豆	㊧	人参	畑 稲	㊧	人参	㊨	白菜	㊨

注) ㊦ : ばれいしょ、㊧ : レタス、㊨ : ニンニク

(2) 供試作物および耕種概要

作物	播種期 月日	栽植密度	施肥量 (kg/a)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
ばれいしょ(男爵薯)	4. 25	75 cm × 30 cm	0.8+0.4	1.5	1.5
畑 稲(シモキタ)	4. 25	100 cm × 12 cm (2条マルチ)	1.0	1.5	1.2
大 豆(白目長菜)	5. 25	60 cm × 10 cm	0.4	1.5	1.2

(3) 供試土壌 厚層腐植質黒ボク土、大津統

(4) 試験規模 各区50m² 1連制

試験結果および考察

(1) 連作の収量推移と輪作対比 : 供試作物の

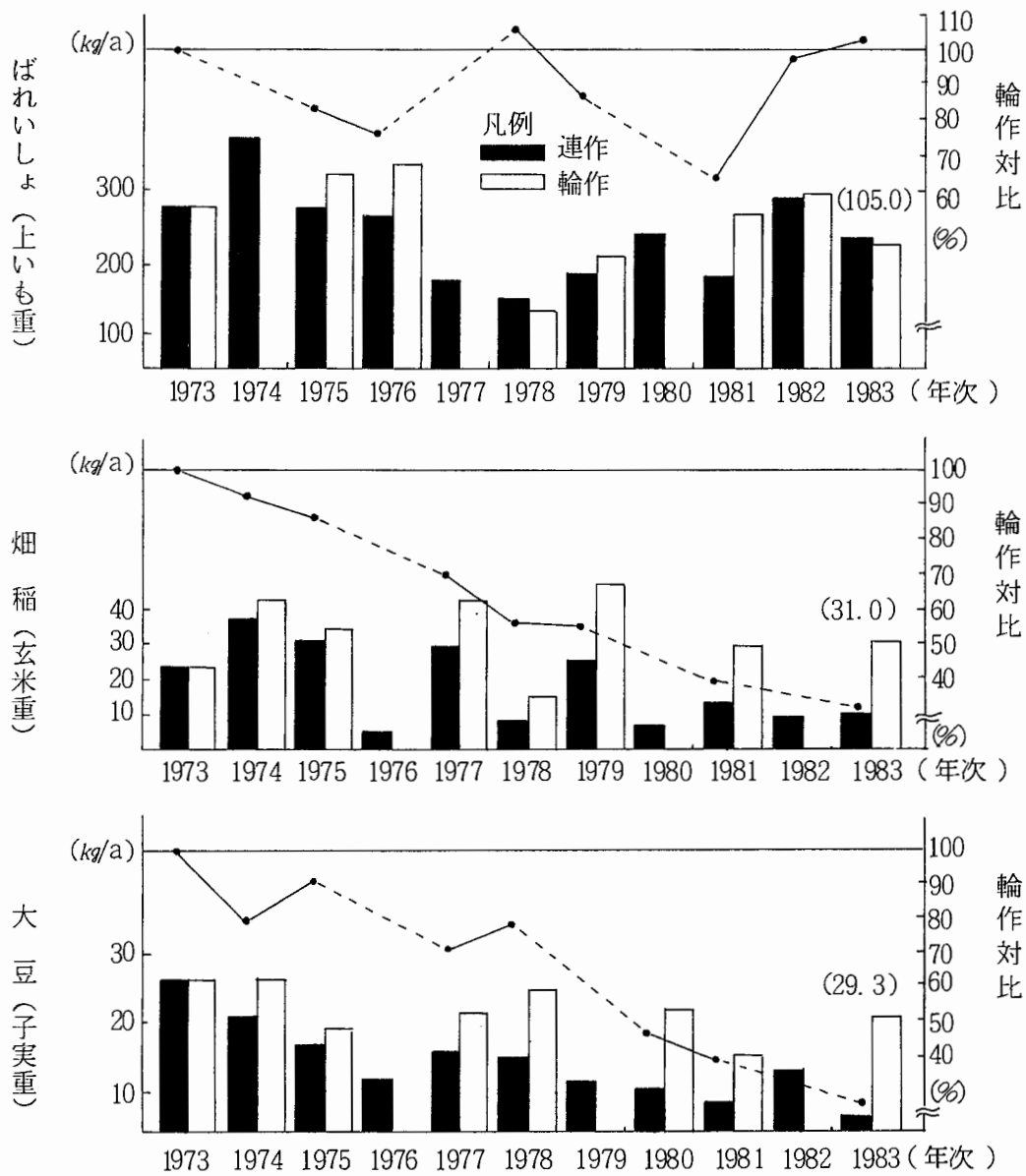
部前第7研究室、渡辺和之氏に御指導をいただいた。また、当场技術部鎌田信昭畑作科長には、終始有益な御助言と配慮をいただいた。さらに当场環境部赤坂安盛専門研究員から貴重な資料の提供をいただいた、記して感謝申し上げたい。

II 長期連・輪作における収量変動とその要因

1. 連・輪作と収量の経年的変化

1973年、農試場内に連・輪作圃場を設置し、10年間の収量の推移を比較検討した。

ばれいしょ(上いも重)、畑稲(玄米重)、大豆(子実重)の連作11年間の収量、指数の推移を第1図に示した。



第1図 連、輪作の年次別収量推移および輪作対比

連作による収量の経年推移は、気象による影響を除くために輪作収量との対比でその傾向をみた。

初作の各作物の10a当り収量は、ばれいしょ 2,785kg、畑稲 240kg、大豆 265kgであった。畑稲、大豆の収量は図からも明らかなように、連作年次の経過に伴いほぼ直線的な減収傾向を示しており、連作11年目の収量は畑稲で95kg、大豆66kgと、いずれも輪作対比でそれぞれ31%、29%に落

ち込んでいる。

これに対し、ばれいしょでは年次間で若干の変動があるものの、連作11年目の収量は2,288kgで輪作対比105%となっており、連作による明瞭な収量低下は認められなかった。

(2) 連・輪作と生育量比較：減収傾向の著しい畑稲、大豆について、連作9年目の生育量を第1表に示した。

第1表 連作9年目の生育・収量

(1981)

作物	品 種	連・輪作	生 育 量					
			全重 (kg/a)	子実重 kg/a	主茎長cm	茎 太cm	莢数ヶ/m ²	百粒重g
大 豆	白目長菜	連 作	21.7	8.4	33.4	0.53	232	24.6
		輪 作	44.6	18.6	45.7	0.64	387	27.5
		輪作対比	49%	45%	73%	83%	60%	89%
畑 稲	シモキタ	連 作	33.4	18.6	45.7	16.1	11.8	16.8
		輪 作	85.2	25.6	63.8	17.8	22.5	12.2
		輪作対比	39%	34%	72%	90%	52%	138%

大豆については、主茎長、茎太、莢数、百粒重がいずれも輪作の生育量に比べ劣っており、なかでも莢数の減少が著しく、輪作対比で60%になっている。また畑稲については、欠株による穂数の減少が大きく、輪作に比べ52%と、それぞれの減収の大きな要因となっている。

(3) 連作障害の発生原因：連作障害の症状は観察調査によるものであるが、ばれいしょではそうか病の発生、畑稲では立枯性障害による欠株とその後の生育不良、また大豆についてはシストセンチュウの発生と早期落葉等が特徴的であった。

以上、連作による収量推移を中心に述べてきたが、供試3作物中畑稲、大豆では連作で明らかな減収が認められるのに対し、ばれいしょは20%の減収範囲で安定的に推移している。これは、畑稲、

大豆がともに立枯性障害やシストセンチュウの発生等、具体的な減収原因があるのに対し、ばれいしょでははっきりとした要因が認められないためと考えられる。

2. 連作下における各耕種条件と収量

前述の連・輪作圃場に各種の耕種条件を設定し、その減収軽減効果について検討した。

なお、作付体系、土壌、供試作物および耕種概要は各試験共通である。

1) 連作と土壌改造

試験方法

土壌改造：試験開始初年目に、燐酸吸収係数の10%相当量の燐酸資材を施用

試験結果および考察

第2表 土壌改造、未改造の収量推移 (kg/a)

作物	年 次	連 作				未改造対比
		未 改 造		改 造		
		収 量	初年目対比	収 量	初年目対比	
ば れ い し ょ (上 い も 重)	1973	278.5	(100)	298.4	(100)	107
	1974	378.7	(136)	255.2	(86)	67
	1975	270.4	(97)	260.3	(87)	96
	1976	257.3	(92)	221.6	(74)	86
	1977	168.2	(60)	159.5	(53)	95
	1978	136.0	(49)	133.5	(45)	98
	1979	176.1	(63)	204.9	(69)	116
	平 均	237.9	(85)	219.1	(73)	92

作物	年次	連作				未改造対比
		未改造		改造		
		収量	初年目対比	収量	初年目対比	
畑 稲 (玄 米 重)	1973	24.0	(100)	28.8	(100)	120
	1974	39.3	(164)	31.2	(108)	79
	1975	31.1	(130)	36.8	(128)	118
	1976	6.4	(29)	3.9	(14)	61
	1977	30.1	(125)	35.1	(122)	117
	1978	8.0	(33)	13.5	(47)	169
	1979	26.2	(109)	23.5	(82)	90
	平均	23.6	(98)	24.7	(86)	105
大 豆 (子 実 重)	1973	26.5	(100)	23.9	(100)	90
	1974	20.7	(78)	22.5	(94)	109
	1975	17.2	(65)	17.4	(73)	101
	1976	13.2	(49)	14.4	(59)	109
	1977	16.0	(60)	13.7	(57)	86
	1978	19.7	(74)	21.7	(91)	110
	1979	11.5	(43)	11.2	(47)	97
	平均	17.8	(67)	17.8	(74)	100

連作7年間の土壌改造、未改造の収量推移を第2表に示した。

各作物の7年間の10 a当り平均収量は、ばれいしょの未改造区が2,379 kg、改造区が2,191 kgで改造区が8%の減、畑稲では未改造 236 kg、改造 247 kgで改造区が5%の増、また大豆では未改造、改造とも178 kgで変化なしという結果であった。

これらのことから、連作ばれいしょ、畑稲、大豆に対する磷酸資材投入による土壌改造の減収軽減効果はほとんど期待出来ないものと思われる。また、ばれいしょでは土壌改造によりそうか病が著しく増加しており、磷酸質資材の増施が発病を助長するという既往の知見を裏付ける結果となった。

2) 連作と堆厩肥施用

試験方法

堆厩肥施用：連作8年目の圃場に堆厩肥を2,000 kg / 10 a施用。

試験結果および考察

連作8年目の圃場への堆厩肥施用による収量推移を第3表に示した。

堆厩肥施用による減収軽減効果は表からも明らかかなように大豆、ばれいしょでみられる一方、畑稲では逆に、堆厩肥施用により無施用対比で、60～70%に減収した。

なお、連作畑稲で堆厩肥施用が減収を助長する結果となっているのは、生育初期の立枯性障害と堆厩肥との間に何らかの相互作用が推察される。

第3表 連作圃場への堆肥施用効果 (kg/a)

作物名	年次	連作			輪作	
		無施用	施用	無施用対比	無施用	連作施用対比
ばれいしょ (上いも重)	1973~1979	237.9	—	—	252.4	—
	1980	232.0	298.0	128	—	—
	1981	167.0	212.0	127	262.0	124
	1982	292.9	305.4	104	—	—
	1983	228.8	214.3	94	217.9	102
畑 稲 (玄米重)	1973~1979	23.6	—	—	34.5	—
	1980	—	—	—	—	—
	1981	11.6	8.6	74	29.7	345
	1982	9.9	7.1	72	—	—
	1983	9.5	5.9	62	30.6	519
大 豆 (子実重)	1973~1979	17.8	—	—	23.7	—
	1980	11.0	14.1	128	22.8	162
	1981	5.9	8.4	142	15.4	183
	1982	14.0	19.7	141	—	—
	1983	6.6	9.3	141	22.5	242

3) 連作と品種間比較

試験方法

(1) 連作9年目の圃場で、初年目から継続供試して来た品種と新たに供試した品種について、その反応を収量面から検討した。

(2) 新たに供試した品種：ばれいしょ(ワセシロ)、畑稲(岩系30号)、大豆(ナンブシロメ)

試験結果および考察

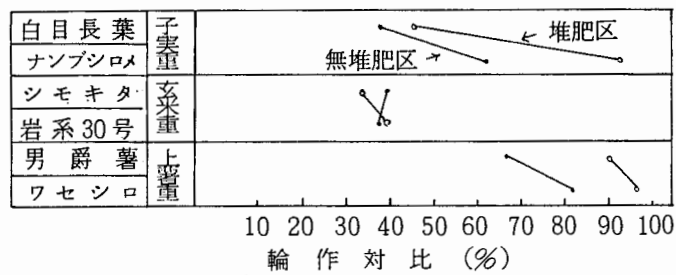
各作物の連作に対する品種間比較を第4表、第2、3図に示した。

第4表 連作に対する品種間の減収傾向(1981)

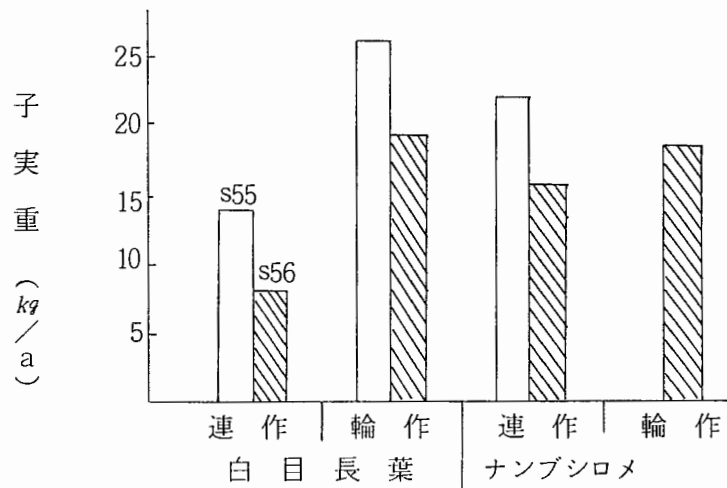
作物	品 種	連・輪作	無堆肥区		堆 肥 区					
			全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	主茎長 (cm)	茎太 (cm)	莢数 (ヶ/㎡)	百粒重 (g)
大	白目長葉	連作	19.9	5.9	21.7	8.4	33.4	0.53	232	24.6
		輪作	38.8	15.4	44.6	18.6	45.7	0.64	387	27.5
		輪作対比	51%	38%	49%	45%	73%	83%	60%	89%
豆	ナンブシロメ	連作	29.9	9.0	41.6	14.9	47.5	0.66	290	26.6
		輪作	42.2	14.9	48.4	16.7	49.0	0.68	412	25.0
		輪作対比	71%	60%	86%	89%	96%	97%	70%	106%

作物	品 種	連・輪作	無堆肥区		堆 肥 区					
			全 重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	全 重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	穂 数 (本)	千粒重 (g)
畑	シモキタ	連 作	42.1	11.6	33.4	8.6	45.7	16.1	11.8	16.8
		輪 作	86.6	29.7	85.2	25.6	63.8	17.8	22.5	12.2
		輪作対比	49%	39%	39%	34%	72%	90%	52%	138%
稲	岩系30号	連 作	35.3	10.3	42.4	11.3	54.6	19.6	14.3	19.8
		輪 作	77.3	27.0	92.9	29.1	66.9	20.2	19.5	20.4
		輪作対比	46%	38%	46%	39%	82%	97%	73%	97%
ば れ い し よ	男爵薯	連 作	総薯重 (kg/a)	上薯重 (kg/a)	総薯重 (kg/a)	上薯重 (kg/a)	上 薯 個 数			
		輪 作	184.5	166.8	225.5	211.9	3,467			
		輪作対比	277.6	262.1	256.8	246.3	3,478			
	ワセシロ	連 作	66%	64%	88%	86%	100%			
		輪 作	218.7	210.8	252.8	248.9	2,656			
		輪作対比	271.2	266.7	273.9	271.3	2,678			
輪作対比	81%	76%	92%	92%	99%					

注 上段の品種：1973年から継続供試、下段の品種：1981年に新たに供試



第2図 連作による減収の品種間比較



第3図 大豆品種の連・輪作における収量比較

長期間連作している圃場で品種を変えた場合、継続供試品種との間に減収率で差があるかどうか検討した。

各作物は輪作対比で見ると、新たに供試した大豆ナンブシロメ、ばれいしょワセシロ、はいずれも継続品種に比べ減収率が小さかった。

特に連作によりシストセンチュウの被害が年々増加していた大豆ではその傾向が大きく、白目長葉の連作収量が輪作対比の45%と半分以下に落ちているのに対し、ナンブシロメでは輪作対比89%の収量低下にとどまっており、シストセンチュウ抵抗性品種の導入効果が顕著であった。

しかしながら、第3図に示すとおり、連作のナンブシロメの収量は2か年間いずれも連作の白目長葉に比べ高いものの、輪作の白目長葉の収量に

及ばず、シストセンチュウ以外の要因も複雑に関与していることを示唆している。

なお、ばれいしょではワセシロが、男爵薯に比べ減収率が8~15%小さかったが理由については明らかでなく、畑稲同様、今後の検討を待つことになる。

4) 連作と土壌消毒

試験方法

ディトラベックス処理：連作11年目の圃場に4月13日ディトラベックスを30ℓ/a施用し、4月22日にガス抜きを行なった。

試験結果および考察

ディトラベックス処理による各作物の生育収量を第5~7表に示した。

第5表 連作基礎試験における大豆の生育収量(1983)

			莖長 (cm)	分枝数 (本)	総節数 /株	稔実莢数 /株	一莢内粒数	100粒重 (g)	a 当り		同標左準 対比 (%)
									全重 (kg)	子重 (kg)	
有堆・改造	ディトラベックス 処 理	連作	64.7	5.3	37.8	30.8	2.27	24.6	62.9	24.2	250
		輪作	78.0	5.6	39.6	32.8	2.33	29.2	75.1	29.1	313
	無 処 理	連作	43.4	0.6	17.2	13.4	2.24	25.4	21.9	9.3	100
		輪作	55.9	5.3	35.0	26.0	2.51	29.1	60.4	28.9	311

第6表 畑稲の生育収量

			稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	a 当り		同標左準 対比 %	千粒重 g	備 考
						全重 kg	精重 玄米kg			
有堆・改造	ディトラベックス 処 理	連作	63.9	16.8	617	122.4	41.5	703	19.2	倒伏中
		輪作	68.3	16.5	581	131.9	44.4	753	19.8	倒伏多
	無 処 理	連作	37.9	15.3	235	25.1	5.9	100	17.2	
		輪作	64.1	17.6	397	101.5	38.1	646	19.7	

第7表 ばれいしょの生育収量

			くずいも kg/a	上いも重 kg/a	同左対 標準化 %	でんぶん 価 %	品 質		
							そうか病 %	黒あざ 病 %	い も 表 皮
有 堆 ・ 改 造	ディトラベックス 処 理	連作	12.6	230.7	108	10.7	73(重)	19	滑
		輪作	17.3	240.4	112	10.5	5	29	滑
	無 処 理	連作	29.6	214.3	100	10.7	80(重)	24	粗
		輪作	15.9	246.7	115	10.7	4	24	組

表からも明らかなように、連作大豆、畑稲に対するディトラベックス処理の障害軽減効果は極めて高いものであった。

具体的には、収量について無処理対比でみると、大豆で260%、畑稲で703%となっており、また輪作無処理に対し、連作ディトラベックス処理の収量は、大豆で84%、畑稲では93%まで回復しており、当場の大豆、畑稲の連作障害はディトラベックスに感受性のセンチュウあるいは糸状菌などの土壌伝染性の病害虫に起因するものと考えられる。

一方、ばれいしょについてはディトラベックス処理で、幾分収量の回復傾向がみられるものの、前述したとおり、減収率も大豆、畑稲に比較して少なく、また減収要因もはっきりとしておらず、大きな効果は期待出来なかった。

なお、連作により品質上大きな問題となるそうか病に対しても、処理効果は確認されなかった。

5) 連作と一般的耕種対応

試験方法

立枯性障害の発生した短根にんじん連作4年目の圃場で、以下の処理を行ない減収程度を検討した。

(1)処理条件：①無処理、②青刈エンバクすき

込み(乾物重 31.8 kg/a)、③石灰窒素(5.7 kg/a)、④堆肥多投(400 kg/a)、⑤深耕(25~30cm)

(2)供試作物：短根にんじん

(3)供試土壌および面積：厚層腐植質黒ボク土、各処理1a1区制

(4)耕種概要：①播種期5月6日、②栽植密度50cm×10cm、③施肥量(kg/a) N~1.2+0.4 P₂O₅~1.5、K₂O~1.2+0.4+0.4

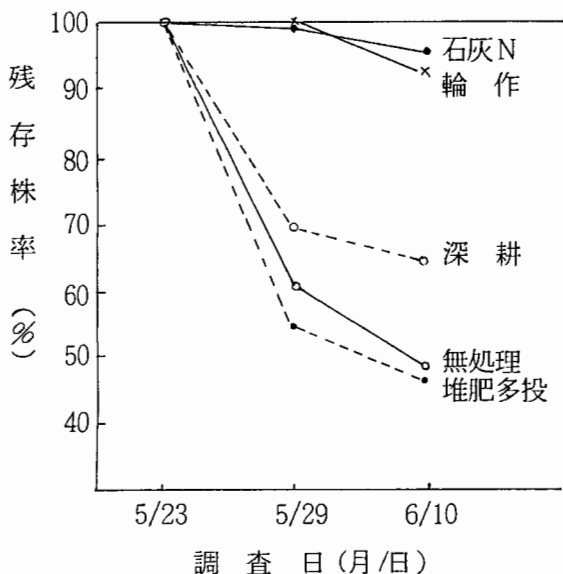
試験結果および考察

各処理別の生育収量を第6図に、また枯死株率からみた立枯性障害の発生程度を第5図に示した。

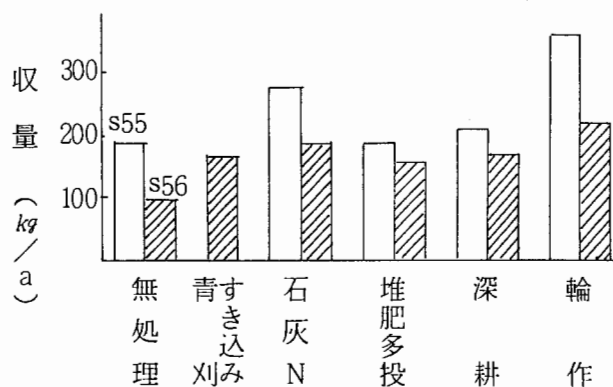
立枯性障害の発生程度を5月23日時点の発芽個体を100として、その後の残存株でみると、堆肥多投<無処理<深耕の順で急激に低下しており、石灰窒素は輪作(参考)と同様高い割合で堆移した。

しかし各処理別の収量はいずれも無処理を上回っているものの、その差は極めて小さく、輪作の収量に及ばなかった。

これらのことから、一度障害が発生した場合は一般的な耕種上の対応ではほとんど収量面での期待は出来ないものと思われる。



第4図 処理別の残存株率の推移



第5図 ニンジンの処理別上物収量

Ⅲ 野菜と普通作物結合による合理的作付体系の探索

1. 作付体系別野菜の収量および普通作物導入

のクリーニング効果

1977年、農試験内にレタス、短根にんじんと普通作物を組み合わせた10系列の作付体系圃場を設置し、野菜の収量および品質からみた合理的体系について検討した。

試験方法

(1) 試験区の構成

区番	初年目(1977)	2年目(1978)	3年目(1979)	4年目(1980)	5年目(1981)
1	レタス	レタス (2)	レタス (2)	レタス (2)	レタス (2)
2	ニンジン	ニンジン	ニンジン	ニンジン	ニンジン
3	レタス	大豆	レタス (2)	トウモロコシ	レタス (2)
4	レタス	麦 レタス	レタス	麦 レタス	レタス 麦
5	ニンジン	大豆	ニンジン	トウモロコシ	ニンジン
6	ニンジン	麦 レタス	ニンジン	麦 レタス	ニンジン
7	大豆	レタス (2)	トウモロコシ	ニンジン	麦 レタス
8	トウモロコシ	ニンジン	大豆	レタス	麦 レタス
9	レタス (2)	ニンジン	麦 白菜	大豆	レタス
10	ニンジン	レタス (2)	ニンジン	レタス (2)	ニンジン

注 レタス(2):年2作

(2) 供試作物および耕種概要

(3) 耕種概要

作物名	播種期	栽植密度	施肥量 (kg/a)			共通項目
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
レタス (グレートレックス 366)	春播 4月28日	50 cm × 30 cm	1.6+0.4	1.5	1.6+0.4	堆肥 200 燐 10
	夏播移植	9230 Bフィルム				
ニンジン (MS春播 5寸)	5月6日	50 cm × 10 cm	1.2+0.4+0.4	1.5	1.2+0.4+0.4	炭カル10

(3) 供試土壌 厚層腐植質黒ボク土、大津統

各作付体系別のレタス、短根にんじんの5ヶ年

(4) 供試面積 各系列 1 a 1区制

間の収量、品質および雑草調査の結果を第8表、

試験結果および考察

第7～9図に示した。

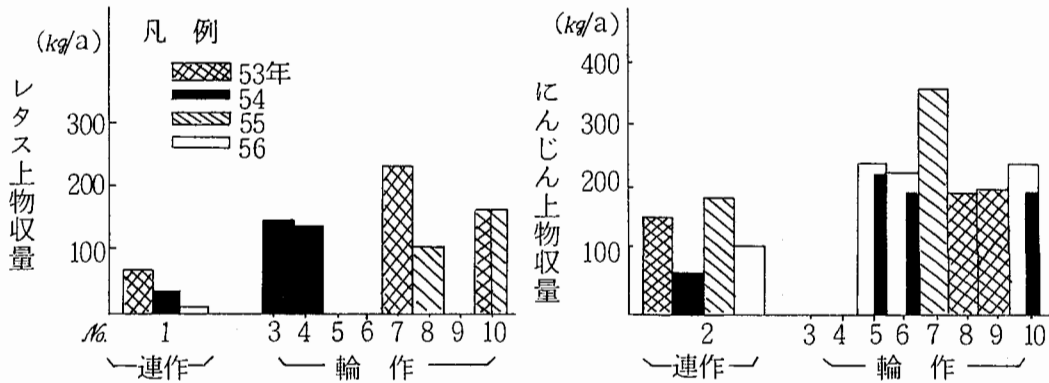
第8表 レタス、にんじんの年次別生育収量

(レタス)

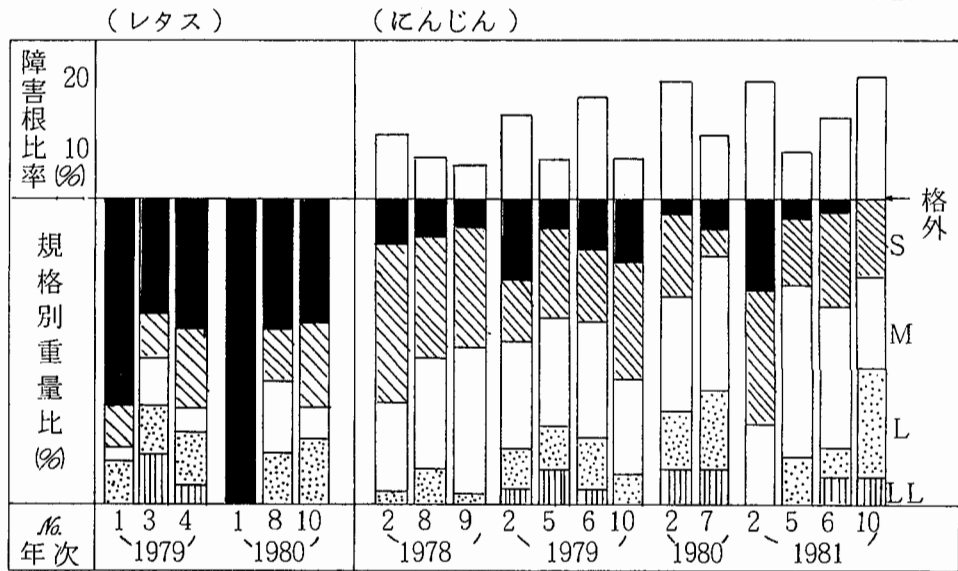
(にんじん)

年次	区番号	収量 (kg/a)				一球重 (g)	球高 (cm)	球径 (m)	区番号	収量 (kg/a)				一根重 (g)	根長 (cm)	根径 (m)
		全重	結球重	上物重	同左比(%)					全重	根重	上物重	同左比(%)			
1977		535	262	-	-	394	-	-		-	344	290	-	172	-	-
1978	1	645	275	74	100	413	14.5	15.9	2	274	205	149	100	104	-	-
	7	563	276	230	311	414	16.2	15.4	8	298	221	181	121	111	-	-
	10	455	210	158	214	315	13.1	14.6	9	314	233	194	130	116	-	-
1979	1	398	114	33	100	177	10.5	9.7	2	129	89	64	100	96	12.8	3.9
	3	631	234	141	427	351	11.2	10.1	5	317	244	219	342	135	14.4	4.5
	4	590	244	136	412	381	11.8	11.4	6	337	233	191	298	140	15.2	4.6
										10	335	238	185	289	116	14.9
1980	1	82	34	0		50	10.4	10.3	2	323	227	190	100	131	15.4	4.4
	8	495	175	98		263	13.8	13.3	7	573	397	360	189	178	15.7	5.1
	10	505	200	129		301	13.1	13.1								
1981	1								2	211	161	96	100	87	14.0	3.5
	3								5	381	266	226	235	129	15.6	4.2
	4								6	361	261	221	230	135	15.9	4.3
	9								10	424	296	239	249	150	16.3	4.6

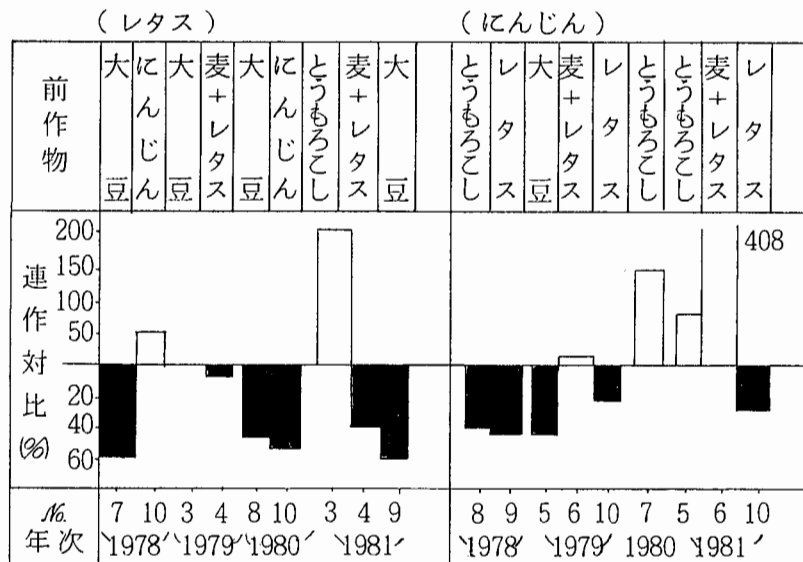
第6図 レタス、にんじんの年次別上物収量推移



第7図 普通作物導入とレタス、にんじんの品質比較 (レタス上物収量: 300~700gの正常球, にんじん " : 80g以上の正常根)



第8図 普通作物導入とレタス、にんじんの雑草発生



試験区№1、2はレタス、短根にんじんの連作系列、№3はレタスに大豆、とうもろこしを組み入れたレタスの2年輪作、№4はレタスと小麦の交互作となっている。また№5、6は同様に短根にんじんと大豆、とうもろこし、小麦を組み合わせた系列となっており、№7、8は大豆、とうもろこし、小麦のすべてを組み入れた体系となっている。なお№9はレタスの4年輪作、№10はレタスと短根にんじんの交互作となっている。

(1) レタス、短根にんじんの連作と収量、品質：レタス連作区では輪作区に比べ、上物収量の低下が2年目(3作)からみられ始め、3年目以降次第に結球重の減少もみられ、4年目(7作)では上物収量がゼロとなった。また品質的にも規格外比率が著しく増加している。

一方、短根にんじんの連作区も同様に、3年目(3作)から急激な収量低下がみられ、品質面でも規格外比率に加え、障害根比率も高くなる傾向を示している。

なお、連作障害の内容としては、レタスで根こぶセンチュウによる生育不良、短根にんじんでは初期の立枯性障害による欠株の発生等が観察された。

(2) 作付体系別比較：レタス、短根にんじんの連作系列に対し、輪作系列はいずれの体系においても収量・品質で上回った。

しかし、輪作系列内の各作付体系間の比較では普通作物の種類および組み合わせ回数にかかわらず、

必ずしも明瞭な差が認められず、5年程度の輪作年数では作付体系の違いによる収量差は極めて小さいものと考えられる。

また、№10のように普通作物が組み込まれていないレタスと短根にんじんの交互作においても、他の輪作体系と同程度の収量・品質が得られており、5年間に限ってみれば、異科のものであれば野菜同士の組み合わせであっても、連作に比べ効果的であるものと思われる。

(3) 普通作物導入とクリーニング効果：№3～10までの各作付体系における土壌伝染性病害虫の発生活長および跡地土壌の養分の経年的変化については、十分な検討を行なっておらず、その面におけるクリーニング効果は明らかに出来なかった。

しかし栽培上問題となる雑草については第9図からも明らかなように、導入作物として前作に大豆を組み入れた場合、後作の雑草量が著しく減少しており、大豆の茎葉繁茂による高い抑草効果が認められており、耕種的除草の上から有効な輪作作物と思われる。

2. 連・輪作比較と作付体系の基本型確立

1979年から4年間、野菜と普通作物を組み合わせた短期輪作体系の基本型を現地において検討した。

試験方法

(1) 場所および土壌：岩手郡岩手町、厚層腐植質黒ボク土。

(2) 試験区の構成

作付体系	年次				施用有機物			備考
	1年目(1979)	2年目(1980)	3年目(1981)	4年目(1982)	無施用	前作物残渣	堆厩肥	
(I) 輪作	レタス、白菜～大豆～人参、麦～白菜				①	②	③	a) 肥培管理等は県耕種基準による b) 障害の発生時点で、栽培法の改善、資材投入、病害虫防除等の対応処置をとる
(II) 輪作	レタス、白菜～スイートコーン～人参～レタス、白菜				④	⑤	⑥	
レタス	人参	〃	〃	〃		⑦		
	白菜	〃	〃	〃		⑧		
	レタス	〃	〃	〃		⑨		
	大豆	〃	〃	〃		⑩		

注 ○内数字は試験区№

(3) 耕種概要

作物名	播種期	栽植様式	施肥量 (kg / a)			備考
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
大豆 (ナンプシロメ)	5月29日	70cm×25cm(2本立)	0.2	1.5	1.2	堆厩肥 400 kg / a
人参 (MS春蒔5寸)	5月7日	50cm×10cm	1.6+0.5	2.1	1.6	堆厩肥 400 kg / a
白菜 (松島交配春秋)	5月6日	70cm×40cm	1.6	2.1	1.6	堆厩肥 400 kg / a 土壌改造 (初年目)
レタス (マイレタス)	4月23日	50cm×30cm	1.6	2.1	1.6	堆厩肥 400 kg / a 土壌改造 (初年目)
加工トマト (K 801)	定植 6月4日	150cm×50cm黒マルチ	1.5+0.5	1.5	1.5	堆厩肥 400 kg / a 土壌改造 (初年目)
小麦 (ナンプコムギ)	9月22日	60cm×播幅12cm	0.4	2.0	1.5	堆厩肥 400 kg / a 土壌改造 (初年目)

試験結果および耕種概要

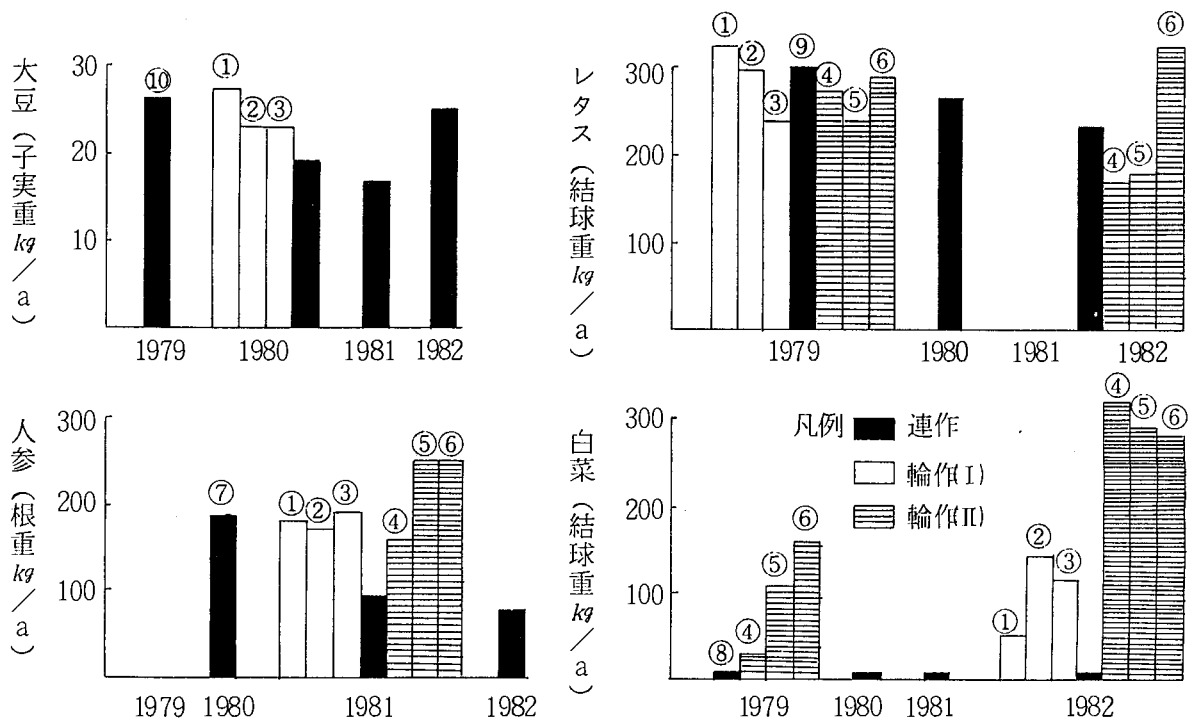
各作付体系別の作物の収量推移を第10図に示した。

(1) 供試作物(大豆、レタス、短根にんじん、白菜)は概して、連作により減収傾向を示し、その程度は大豆、レタスで小さく、連作3年目で立枯性障害が発生した短根にんじんで大きかった。

また、白菜については初年目から根こぶ病が多発し、収穫皆無で推移した。

(2) 連作に対する輪作の有効性は各作物で見られるものの、4か年の結果からは野菜の輪作作物としての大豆、小麦導入の積極的な効果は確認出来なかった。

(3) 有機物施用では、作物残渣のすき込みの効果はほとんど認められなかったが、肥沃な野菜畑でもa当り400kg程度の堆厩肥施用で安定した効果がみられた。



第9図 連、輪作と収量推移 (①、④:有機物無施用、②、⑤:残渣、③、⑥:堆厩肥)

Ⅳ 総合考察

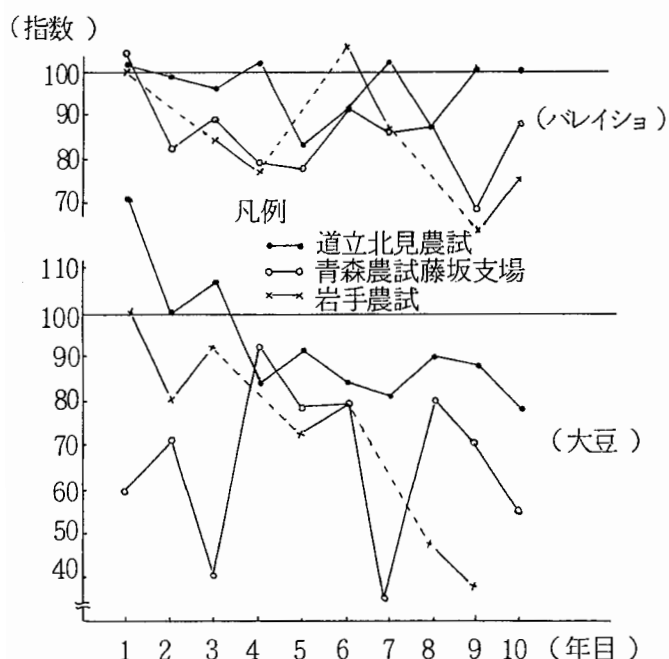
連作障害はその名の示すとおり、同一作物の連続栽培により生じる障害である以上、なんらかの輪作を実施することにより基本的に解決しうる問題である。

また、作付体系については、作物の輪作特性からみて禾本科作物、豆科作物、根菜作物の結合が最も合理的であることが、すでに理論的に明らかとなっている²⁾。

しかしながら、現実の問題として、農業経営が農家所得の追求を目的としている以上、いかに経営上有利な作物を栽培するのかということが重要な問題となって来る。

このため、連作を肯定する立場からは、連作可能性の追求、連作年限の延長が、また一方連作を否定する立場から、収益性の高い作物を基幹とした結合形態が研究対象となる。

筆者らは、作物の栽培は基本的に輪作を前提とすべきであるとの立場から、その可能性を検討した。



第10図 輪作に対する連作の収量指数の推移

連作障害に関する試験では、ばれいしょ、畑稲、大豆等の連作を通じて減収傾向をみた。

畑稲、大豆については連作年次を重ねるにつれ、ほぼ直線的に減収を示しているのに対し、ばれいしょは連作でそうか病の発生が増加するものの、収量に直接影響する要因は認められず、両者の間には明らかに減収パターンの差がみられた。

このため、当場外で長期連作試験を実施している北海道立北見農試および、青森県農試藤坂支場の試験結果を参考に比較検討した^{8), 11)}。

三場所における連作大豆、ばれいしょの収量推移の傾向を第10図に示した。

各場所における試験はいずれも年次、品種、耕種内容等が異なっており、厳密な意味の比較は困難と思われるが、一応試験開始から連作10年目までという条件で比較をした。

ばれいしょは三場所とも、連作2年目から僅かながら減収がみられているものの、輪作に対する収量指数は、ほぼ100~80で推移しており、全体として輪作に比べ、収量の低下はみられるものの、比較的安定した推移を示しており、その点では一定の類似性がみられた。

一方、大豆については、道立北見農試の試験では連作4年目頃まで減収を示し、その後は90~80の指数で推移しており、岩手県農試は連作2年目からほぼ直線的な減収を示し、また青森県農試藤坂支場の結果では、一定の傾向がみられなかった。

これらのことから、ばれいしょでは各場所とも減収を促進するような主要な障害発生要因が共通して少ないのに対し、大豆については地域によって、センチュウなど関与している障害発生要因が異なっており、減収傾向に大きな差を生じさせているものと考えられる。

従来、連作作物の減収パターンについて種々類型化がなされて来た⁸⁾。しかし地域性についての検討は必ずしも充分とは言えず、気象、土壌条件は勿論のこと、関与する病虫害の種類や栽培農家の

耕種、肥培条件によっても収量に大きく影響することが予想される。

これらのことから、連作作物の減収パターンの決定は、数多くの連作試験の蓄積を踏まえ、各作物について地域、栽培条件を越えて不偏的に確認される事項に限るべきであり、また各種の連作試験については試験条件を明示することの重要性が痛感される。

連作障害に対する農家の対応技術としては、種々実態調査がなされているが、県内において代表的なものは、輪作を除いて堆肥多投、深耕、土壌消毒などとなっている。しかし実際的には連作年次および条件とこれら個々の技術的效果については必ずしも明らかとなっていない。

そこで本報告では、限ぎられた条件ながら、種々の耕種的対策について検討してみた。以下連作ばれいしょ、畑稲、大豆についてその結果を列挙すると、第1に、磷酸資材投入による土壌改造の減収軽減効果は認められず、逆にばれいしょではそうか病の発生を助長させた。磷酸の直接的な富化がそうか病の好適条件をつくったのか、あるいは土壌中の微生物相になんらかの変化をもたらしたものは、今後の研究に待つことになる。

第2に、堆肥施用はばれいしょ、大豆で減収軽減効果はみられるものの、畑稲では立枯性障害による欠株を増加させた。今後この点については、立枯性障害の解明と、堆肥施用との関係についての検討が必要となろう。

第3に、連作大豆でシストセンチュウが主要な減収要因となっており、この場合は、抵抗性品種の利用が効果的であり、輪作対比でも89%の収量低下にとどまっている。さらに第4に、土壌消毒剤デトラベックスの処理効果は極めて高く、土壌伝染性の病害、線虫が主因と考えられる畑稲、大豆では、輪作対比でも、それぞれ84%、93%まで収量の回復がみられている。しかし薬剤の取り扱いや価格の面で、土地利用型の作物にはお

のずと使用に限界があるものとおもわれる。

一方レタス、短根にんじんなど野菜の連作障害の発生は、ばれいしょ、畑稲、大豆などの普通作物より概して早く、連作3～4年頃から急激な収量低下がみられており、現実的には、連作の許容範囲は2～3年と考えられた。

また、連作発生時に、深耕、堆肥多投、青刈りエンバクのすき込み等の処理を試みたものの、いずれも十分な効果は期待出来ず、障害発生後の耕種的対策には一定の限界が感じられた。いずれにせよ現状では、何らかの輪作を組むことにより、障害発生を未然に防止することがより重要と考えられた。

作付体系に関する試験は県内における代表的土地利用型野菜であるレタス、短根にんじんを取り上げ、それ等を基幹とし、普通作物を組み合わせた体系について検討した。

病虫害の調査および土壌分析等については触れず、収量面からのみ体系比較を行った。

結果は連作野菜に対し、大豆、とうもろこし、小麦を組み入れた体系はいずれも安定した野菜の収量が得られたものの、輪作としての効果の域を出ず、レタス、短根にんじんの交互作においても普通作物を導入した体系と変りない収量を上げており、5ケ年間という条件で行なわれた本試験では必ずしも輪作作物として普通作物を導入した積極的意義は確認出来なかった。

なお、大豆を前作として導入した体系では、後作の雑草発生が著しく減少しており、従来から言われているように大豆の抑草効果は高く、耕種的除草を考える上で有効な輪作作物であると思われる。¹⁾

作付体系は本来、輪作特性の異なる作物の結合が最も好ましい。その点本試験で実施した野菜を基幹とし、普通作物を結合した体系は合理的と考えられた。

しかし作物の輪作特性を個別農家単位で評価す

ると、アレロパシー的要因を含めた土壤病害虫特性を除いた有機物生産還元、養分収支、根系分布の各特性は、堆厩肥の系外搬入、施肥量調節、深耕等でかなりの部分解決される性格のものである。つまり狭い地域範囲で、かつ5年程度の輪作であれば、普通作物を改めて導入する必要はなく、野菜同士であっても遠縁種の組み合わせで充分対応が可能ではないかと思われる。

今後、普通作物が野菜の輪作作物として、相当の評価を得るためには、長期的、広域的視点からの総合的検討が必要と考えられる。

V 摘 要

本報告は1973年から場内（一部現地）圃場において実施した連・輪作試験および作付体系試験について、主として耕種面から検討した結果についてとりまとめたものである。

(1) ばれいしょ、畑稲、大豆を長期間連作すると、その収量推移は輪作対比で、畑稲、大豆でほぼ直線的な減収パターンをとる。これに対しばれいしょは輪作収量を下回るものの、その範囲は64～105%で推移し、連作による減収割合は小さい。

(2) 各作物の主要な連作障害としては、ばれいしょでそうか病、畑稲では立枯性障害、大豆ではシストセンチュウの発生がそれぞれ観察された。

(3) 連作初年目に磷酸資材投入による土壤改造はばれいしょ、畑稲、大豆に対する減収軽減効果はみられなかった。またばれいしょでは土壤改造により、そうか病が著しく増加した。

(4) 連作8年目における堆厩肥の施用効果は、大豆、ばれいしょで減収割合が幾分抑えられたものの、畑稲では逆に肋長された。

(5) シストセンチュウの被害が増加した連作大豆に対し、抵抗性品種ナンブシロメを導入することにより、輪作対比で89%の収量低下にとどまり顕著な効果がみられた。

(6) 連作大豆、畑稲に対する土壤消毒剤デトラベックス処理の障害軽減効果は極めて高く、輪作対比でみるとそれぞれ84%、93%まで収量の回復がみられた。

(7) 立枯性障害の発生した短根にんじんの連作4年目の圃場で、深耕、堆肥多投、青刈りエンバクのすき込みを行ったが、いずれの処理も効果は小さかった。

(8) 連作による減収パターンの地域性をみると、北海道、青森県、岩手県と気象、土壌、耕種の各条件は異なるものの、連作10年間のばれいしょの減収は各場所とも20%程度の範囲にあり、一定の類似性がみられた。しかし大豆については三場所とも異なる減収パターンを示した。

(9) 連作レタス、短根にんじんの急激な収量、品質の低下は概ね3～4年目頃から認められ、レタスでは根こぶ線虫、短根にんじんでは初期の立枯性障害による欠株の発生が観察された。

(10) レタス、短根にんじんに大豆、とうもろこし、小麦などの普通作物を結合した作付体系の収量は、いずれも連作の収量を上回るものの、普通作物の種類および組み合わせ回数と収量の関係については明らかに出来なかった。

(11) 輪作作物として大豆を前作に組み入れた場合、後作の雑草量が著しく減少しており、耕種的除草上有効な作物である。

(12) 現地における作付体系試験は効果の評価が難しく、4年間の結果からは野菜の輪作作物として大豆、小麦導入の積極的効果は確認出来なかった。

Ⅵ 引用文献

- 1) 渡辺泰・尾崎薫 (1964) : 畑輪作における前後作組合せ様式に関する研究、第 4 報、作付順序が雑草発生におよぼす影響、北農試彙報 83
- 2) 大久保隆弘 (1979) : 作物輪作技術論、農文協
- 3) 農林省野菜振興課 (1977) : 野菜産地の連作障害の実態について
- 4) 平野暁 (1977) : 作物の連作障害、農文協
- 5) 農林水産技術会議事務局 (1977) : 連作障害に関する研究
- 6) 野菜試験場 (1978) : 野菜における連作障害の現況 野菜試研究資料第 5 号
- 7) 岩手県 (1980) : 野菜連作障害防止対策指針
- 8) 松田幹男ほか (1980) : 畑輪作に関する研究 日本作物学会紀事 49 - 4
- 9) 徳永美治ほか (1980) : 農作物の連作障害対策 農業および園芸 55 - 1
- 10) 農林水産技術会議事務局 (1981) : 地力維持、連作障害克服のための畑地管理技術指針
- 11) 北海道立北見農業試験場 (1981) : 畑作物の連、輪作に関する長期試験 北見農試資料第 3 号