

陸稲における各種輪作作物の連作障害軽減効果

八尋 健・田中 滋郎*
(九州農業試験場・*東北農業試験場)Effects of rotation crops on lightening the injury caused
by continuous cropping in upland rice productionTakeshi YAHIRO and Shigeo TANAKA*
(Kyushu Natl. Agric. Exp. Stn., *Tohoku Natl. Agric. Exp. Stn.)

陸稲は連作障害の出やすい作物で、一般に短期の輪作では障害を回避できない³⁾。しかし一方では、障害軽減効果に作物間差異があることが指摘されている²⁾。輪作は土壌消毒などに比べて環境への影響が緩やかで、地力維持上も優れているが、長期の輪作は現在の農業形態に適合し難い。そこでこの障害を短期輪作で回避する可能性を探るため、多数の作物について連作障害軽減効果を検討した。

材料および方法

1. 圃場試験

陸稲を7年連作した九州農業試験場(都城市)第1圃場の連作障害発現畑(ボラ混入の多い火山灰砂壤土)に、1984年37作物を導入(第2表)、1985年全区に陸稲を栽培して短期輪作導入効果を判定し、1986年には判定を基に15作物と新たに4作物(カンショ品種を含む)を選定(第2表)、栽培し、1987年に再び全区に陸稲を栽培し、導入効果を再度判定した。なお輪作作物栽培年次を休閑とする区も設けた。他に陸稲初作、2年連作、3年連作(1987年のみ)、長期連作、2年輪作(1987年のみ)の各処理を設けた。長期連作は1985年で9年、1987年で11年となった。各処理の年次経過は次に示した。

	1977~1983	1984	1985	1986	1987
初 作	△	△	△	△	●
2 年 連 作	△	△	△	●	●
3 年 連 作	△	△	●	●	●
長 期 連 作	●	●	●	●	●
2 年 輪 作	△	△	●	□	●
短期輪作導入	●	□	●	□	●

注1) ● 陸稲, □ 輪作供試作物, △ 他の作物

注2) 1985年の2年連作は別に設けた。

陸稲は品種農林糯20号を用い、各年とも4月下旬(1987年は5月7日)に種子500g/aを条間50cm、播幅約5cmに播種し、8月下旬(1987年は9月8日)に収穫した。肥料(kg/a)は基肥に堆肥300, N 0.4, P₂O₅ 0.6, K₂O 1.0, 追肥にN 0.4(2回に分施)を施用した。輪作作物の栽培は標準的な耕種法で行なった。そのうち、作期の短い作物は年間2~3回作付した(第2表)。冬季は全区休閑とした。1区面積は14.4m²(4×3.6m)で、反復は初作4(1985年は3)、2年連作4、3年連作4、長期連作8、2年輪作3、休閑4、短期輪作導入は1984~1985年は反復なし、1986~1987年は2反復(1986年の輪作導入作物が1984年とは異なる区と同じの区があり、通常の反復とは異なる)とした(第2表)。

2. 線虫調査

線虫と連作障害との関係および導入作物の線虫増殖に対する影響を知るため、土壌中の線虫密度を調査した。調査はベルマン法によった。

結果および考察

1. 連作に伴う陸稲生育の年次経過

1984年から1987年までの生育量、収量の年次経過を第1

第1表 陸稲の連作と生育・収量の年次経過

項 目 処 理	1984 (8)	1985 (9)	1986 (10)	1987 (11) ^{注)}
地 上 部 重 初 作	71.3	56.8	61.4	62.9
(風乾kg/a) 長期連作	38.4	26.7	23.6	21.0
(初作比%)	(54)	(47)	(38)	(33)
精 も み 重 初 作	34.2	21.5	29.8	21.5
(風乾kg/a) 長期連作	19.6	8.6	11.2	8.6
(初作比%)	(57)	(40)	(38)	(40)

注) () は長期連作年数

第2表 陸稲の連・輪作と生育量および線虫密度

処理 番号	処 理 内 容 作付体系	輪 作 作 物 1984	輪 作 作 物 1986	陸稲収穫期風乾地上部重				シストセンチュウ ²⁾					ネコブセンチュウ ²⁾	
				初作比(%)		休閑比 ¹⁾ (%)		1985		1987			1985	1987
				1985	1987	1985	1987	4/9	7/11	8/27	5/26	9/9	8/27	9/9
1	初作			568 ³⁾	629 ³⁾	112	192	0	0	0	0	0	36	0.3
2	2年連作			69	78	77	150	0	3.5	0.9	0	2.9	166	110
3	3年連作			—	43	—	83	—	—	—	4	12.8	—	71
4	長期連作			47	33	52	64	6.3	41.6	8.6	5.7	9.7	256	65
5	2年輪作	ラッカセイ	ソルガム	—	85	—	162	—	—	—	0	3.3	—	7
6		ラッカセイ	ギニアグラス	—	83	—	159	—	—	—	0	0	—	5
7		ラッカセイ	コガネセンガン ⁴⁾	—	80	—	154	—	—	—	0	0	—	44
8		ラッカセイ	ラッカセイ	—	69	—	132	—	—	—	0	0.3	—	32
	平 均			—	79	—	152	—	—	—	0	0.9	—	22
9	7年連作	休閑	休閑	90	52	100	100	0	0	0	0	0.3	32	67
10	の後短期	ダイコン ³⁾	ダイコン ³⁾	99	62	110	120	1	0	17.5	1.5	21	3	7
11	輪作導入	コマツナ ³⁾	〃	87	67	97	128	0	0	1	0	15	79	35
12		ピーマン	ピーマン	91	63	101	121	0	36	0	0	0	121	6
13		アズキ	〃	66	52	73	100	0	0	0	0	2	229	12
14		ギニアグラス	ギニアグラス	94	60	105	116	0	0	0	0	1	1	56
15		カブ ³⁾	〃	86	55	96	105	0	0	1.5	0	22.5	53	14
16		ニガウリ	ネギ	97	63	109	120	0	0	0	0	0.5	88	62
17		メロン	〃	86	48	96	92	0	0	0	0	0	7	142
18		オクラ	オクラ	72	51	80	97	0	0	0	0	0.5	200	4
19		パセリ ³⁾	〃	75	59	84	113	0	0	1.5	0	0	123	0.5
20		ソルガム	ソルガム	88	54	98	103	2	1	2	0	0	5	0.5
21		メヒシバ	〃	95	55	106	105	0	0	0.5	0	2	24	10
22		ラッカセイ	ラッカセイ	91	54	101	103	0	0	1.5	0	5	68	31
23		クロタリリア	〃	83	53	92	101	0	0	0	0	0.5	51	71
24		キャベツ ³⁾	キャベツ ²⁾	109	49	122	95	1	15	5.5	2.5	22	10	27
25		ハクサイ ³⁾	〃	89	57	99	109	0	0	0	0	0	80	142
26		ヤマイモ	ヤマイモ	60	67	67	128	0	0	0	0	0	194	1
27		ゴマ	〃	79	38	88	72	0	0	0	0	0	67	63
28		トウモロコシ ²⁾	トウモロコシ ²⁾	77	45	86	87	0	0	0	0	1.5	181	36
29		キュウリ ²⁾	〃	95	58	105	111	0	0	0	0	0	89	75
30		マリーゴールド	マリーゴールド	95	53	106	102	0	0	0	0	0	49	130
31		ホウレンソウ ²⁾	〃	112	49	125	94	0	0	0	0	0	52	159
32		バレイショ ²⁾	バレイショ ²⁾	76	45	84	86	0	36	0.5	0	6	308	82
33		サトイモ	〃	90	55	101	105	0	0	0.5	0	0	322	66
34		コガネセンガン	コガネセンガン	69	50	77	97	0	0	0	0	0.5	5	2
35		スイカ	〃	87	49	97	94	0	0	0.5	0	0.5	2	53
36		ゴボウ	ゴボウ	86	50	95	95	3	0	1.5	0	18	409	136
37		ニンジン ²⁾	〃	93	44	104	84	4	2	0.5	0	7.5	69	49
38		ナス	シロサツマ ⁴⁾	60	45	67	85	0	0	0	0	0	201	13
39		レタス ²⁾	〃	72	47	80	90	0	0	0	0	0	72	43
40		トマト	高系14号 ⁴⁾	73	39	82	74	0	39	0	0	2	33	100
41		フダンソウ ²⁾	〃	70	44	78	85	0	1	1	0	0	288	91
42		ダイズ ²⁾	ダイズ	64	39	72	74	0	0	0	0	0	186	84
43		インゲン ²⁾	〃	53	40	59	76	0	0	0	0	0	330	44
44		シソ	シロユタカ ⁴⁾	74	43	83	83	0	0	0	0	3	3	10
45		シュンギク ³⁾	〃	67	32	75	61	0	1	3.5	0	0	414	175
46		ショウガ	ショウガ	62	46	70	88	0	0	0	0	0	146	51
	平 均 (休閑を除く)			82	51	91	97	0.3	2.6	1.1	0.1	3.5	123	56

注 1) 処理番号9に対する比率 2) ベルマン法による土20g当り分離幼虫数 3) 実数 g/m² 4) カンショ品種
5) ○内の数字は年間作付回数

表, 第2表に示した。各年次とも連作期間が長くなるにつれて生育量, 収量とも低下した。障害発現程度には年次差が見られ, とくに連作2年目の生育, 収量で大きかったが, 3年目となると長期連作に近い激しい障害が現れた。

2. 生育経過

各年次とも, 長期連作の出芽には異常を認めなかった。その後の生育経過は年次によって若干異なったが, 1987年を例に取ると(データ省略), 長期連作の生育量は播種後15日で初作の83%, 22日で81%と, この時期までは初作との差が比較的小さいが, 28日目には葉の黄化, 根がやや光沢を失うなどの症状が出始め, 生育量も初作の60%となり, さらに35日目には40%と急速に障害が激化して7週目には初作の3分の1となり, 収穫期まで同程度の障害が持続した。3年, 2年の連作, 短期輪作導入も障害の程度はそれぞれ異なるが, 長期連作と同じ経過を示し, 生育量が初作に劣った。

3. 短期輪作導入の効果

1985年と1987年の陸稲生育量(収穫期の風乾地上部重)を第2表に示した。1985年の短期輪作導入(休閑を除く)平均は初作の82%で, 長期連作の47%, 2年連作の69%に優り, 1987年は短期輪作導入平均が初作の51%で, 長期連作の33%や3年連作の43%には優るが, 2年連作の78%には劣った。このように1985年に比べて1987年の効果が低いという年次差はあるが, 短期輪作導入は, 両年とも長期連作に優った。

短期輪作導入年次を休閑とした場合でも, 1985, 1987両年とも効果が現われた。短期輪作導入平均と休閑を比較すると, 1985年は初作比が短期輪作導入82%に対して休閑90%, 1987年は51%対52%で, 短期輪作導入の効果は平均では休閑とほぼ同等かそれ以下であった。また休閑の効果には年次変動が見られたが, 短期輪作導入の効果にも同じような傾向が見られた。休閑の効果は陸稲作付をしないことによる障害要因の自然的減耗によって現れると考えられるが, 短期輪作導入の効果も平均的には休閑を上回らないこと, 休閑と連動した年次変動を示すことから, 基本的には休閑と同じ機作によって現れると考えられる。したがって, 輪作による積極的な連作障害要因低減効果は小さく, 短期輪作では障害克服が困難であろうと推察される。1987年の2年輪作は, 2年前1回だけの陸稲作付歴で, しかも前年には輪作作物を導入したにもかかわらず, 障害が現れたのもこのことを裏付けている。

4. 輪作導入効果の作物間比較

前述のように, 短期輪作導入平均と休閑とは基本的に同じ効果を持つと考えられたので, 個々の作物の導入効果の評価は, 休閑を基準にして行なうことにし, 陸稲生

育量の休閑比を算出した(第2表)。まず, 2回の輪作導入で共通使用した15作物の効果を見ると, 1985, 1987年の両年とも導入効果が休閑より高いのはダイコン, ピーマンなど5作物, 逆に低いのはダイズ, ショウガなど7作物であった。残りの3作物は休閑の上下に分布し, ソルガムは休閑並みと見なせるが, ヤマイモは両年の結果が大きく逆転した。次に反復を設けた1987年の18作物について見ると, 2反復とも休閑を上回るのはダイコン, ギニアグラスなど4作物, 下回るのはシロユタカ, ダイズなど6作物で, 残り8作物の中ではヤマイモ, ネギ, トウモロコシなどに反復間の食い違いが見られた。年次間, 反復間とも検討できた14作物について総合的に判断すると, 休閑より効果が高いのは, ダイコン, ギニアグラス, 低いのはダイズ, カンショ品種のコガネセンガン, ゴボウで, 他の作物はほぼ休閑並みで, 中には年次や反復間で結果が異なるため判定できないものもあった。1986年に新たに導入したカンショの3品種は効果が低いと見られた。年次間や反復間での食い違いがかなりあるのは, 地力や反復間の作付歴が同じでないのもその理由であろうが, 一方では導入作物の作用が弱いことを示すものでもあろう。

作物導入効果は最大でも休閑の120%程度であり, 休閑を大きく上回るものでは無かった。また, 休閑以上の効果を示す作物は少なく, 大部分は休閑並みの効果と考えられた。畑水稻連作圃場に36作物を導入した報告²⁾でも, 導入効果に作物間差のあることを認めているが, 効果の程度は休閑と大差が無い。以上のことを考慮すると, 本供試作物の範囲では, 効果の高い作物を選定, 導入しても, 短期輪作では障害軽減に大きな期待を持ってないことが明らかである。

5. 陸稲作付歴と障害発生

陸稲(畑水稻)の連作障害要因は長期間残存するとされている³⁾。1987年の結果(第2表)によって陸稲の栽培歴と生育量の関係を検討すると, 2年輪作の平均は初作の79%であり, 短期輪作導入の51%に優るが, 1984年以降の陸稲作付はどちらも同じ2回で, 異なるのは1983年までの7年間の陸稲連作の有無である。短期輪作導入では, 1983年までの陸稲連作の影響として障害要因が残存している。また2年輪作と2年連作は共に初作の約80%の生育量であるが, どちらも1985年以降の陸稲作付は2回で, 違いは陸稲以外の作物を間に挟んで作付したかどうかだけである。この場合は2年前の陸稲作付の影響が1年前と同等に現れている。いずれの場合も陸稲作付の影響が長期に残ることを示した。したがって, 短期輪作による連作障害の克服は, この面からも極めて困難と考えられる。

第3表 陸稲の収穫期地上部重と線虫密度の相関

線虫の種類	線虫調査 年月日	全 処 理 区数	相関係数	短期輪作導入 区数	相関係数
シストセン チュウ	1985. 4. 9	56	-0.317*	37	0.261
	7.11		-0.482**		-0.025
	8.27		-0.287*		0.291
	1987. 5.26	73	-0.392**	37	0.100
	9. 9		-0.267*		0.205
ネコブセン チュウ	1985. 4. 9	56	-0.227	37	-0.108
	8.27		-0.586**		-0.501**
	1987. 5.26	73	-0.250*	37	-0.253
	9. 9		-0.254*		-0.232

注) * : 5%水準で有意, ** : 1%水準で有意。

6. 線虫と連作障害との関係

陸稲の連作障害要因の一つに挙げられているシストセンチュウ¹⁾は、連作によって増加し、3年以上連作の全区で検出された。短期輪作導入では、ギニアグラス、ダイコン、キャベツ、ゴボウの跡に多かったが、他の区では0か極く低密度で、輪作による抑制効果が高かった(第2表)。線虫密度と生育量の相関を第3表に示した。シストセンチュウとは、連作を含む全処理では負の相関があったが、連作以上にシストセンチュウ密度の高い区があった短期輪作導入だけをとりと相関はなく、障害とシストセンチュウの関係は認められなかった。本試験においては連作障害要因は他にあり、シストセンチュウの増加は陸稲連作に伴った現象と考えられた。

ネコブセンチュウは1985年の生育後期に密度が高まったため、生育を抑制し、さらに籾重比や1,000籾重の低下など、登熟効率を悪くしたが、連作障害とは無関係と考えられる。モロコシネグサレセンチュウはソルガム、ギニアグラス跡で特異的に多く検出されたが、障害との関係は認められなかった。

摘 要

陸稲の連作障害を短期の輪作で回避する目的で、多数の輪作作物について障害軽減効果を検討した。

1. 連作障害は2年連作では軽い場合もあるが、3年連作では長期連作に近い激しい症状が現れた。
2. 連作障害は播種後15日で認められ、28日目以後急速に進行し、生育量の抑制がその特徴であった。
3. 短期輪作の導入効果は認められたが、休閑による障害要因の自然的減耗効果とほぼ同等、同質と見られ、輪作作物導入には、休閑に優る積極的な作用を認めなかった。
4. 輪作導入効果に作物間差があったが、休閑の効果も著しく上回るものではなく、効果が最大の作物を選んでも、短期輪作による障害回避は困難と考えられた。
5. 連作によって生じる障害要因は長期間残存すると考えられ、このことも短期輪作では障害軽減効果が不十分になる原因と考えた。
6. シストセンチュウは連作に伴って増加し、輪作作物導入で減少したが、連作障害要因としての作用は無いと推定した。

引用文献

- 1) 渡辺敏夫・安尾正元・石井和夫・永井政雄・市来小太郎 1963. 陸稲の連作障害に関する研究. 農事試験研報 5: 1-44.
- 2) 山田 盾 1981. 陸稲・畑水稻の連作障害の発現要因とその防除法に関する研究. 農事試験研報 35: 235-265.
- 3) 屋敷隆士・三輪 晋 1977. 輪作による畑水稻の連作害回避策. 農及園 52: 293-296.