

連年の乾田直播が水稲収量を低下させる原因について第1報

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
巻/号	404
掲載ページ	p. 449-454
発行年月	1971年12月

連年の乾田直播が水稻収量を低下させる原因について

第1報 生育・収量および土壤中チッソの動態に及ぼす直播連続の影響*

上村幸正**・宮坂昭**・森谷睦夫***

(**農林省農事試験場・***農林省東海近畿農業試験場)

緒言

作物の連作害は、いわゆる忌地現象として古くから知られており、これについての研究はかなり多い^{1,6)}。しかしそのほとんどは畑作物についてのものであり、水田における水稻作についてのこの種の報告はほとんど見られない。

ところが、最近、関東地方の直播栽培地帯の一部に、畑作物の連作障害に似た現象がみられると伝えられるようになった。これは、乾田直播を何年も連続すると、年ごとに生育が不振となり、減収の傾向を強めるというものである。この現象は、透水性の大きい乾田にみられるといわれるが、その原因については地力の消耗が関係するらしい^{4,5)} という以外ほとんど明らかにされていない。もし、このような現象が一般的にも存在するならば、今後の乾田直播の普及に重大な支障をきたすおそれがあるので、この現象を確認し、その原因を究明する必要がある。

試験方法

1. 供試水田：排水施設の完備した農事試験場内の

第1表 試験区の構成

施肥 レベル	年次別土壌条件			施肥量(成分 g/m ²) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
	1968	1969	1970	
標肥	—	直播1年目	直播2年目	12-12-12 (IB化成+普通化成) 6:4
	直播1年目 7	2 8	3 9	
無N	—	1	△ 2	0-12-12 (過石・硫加のみ)
	直播1年目 7	8 △ 8	△ 9 × 3 × 9	
多N	—	1	2	18-12-12 (標肥+硫安)
	直播1年目 7	2 8	3 9	

註：無N区のうち、△……2年連続無N、×……3年連続無N、無印は無N初年目。

* 昭和46年6月1日受理
第150回講演会(昭和45年11月)において発表

水田(沖積層水田・土性・埴壤土)

2. 試験区の設置法：供試水田内に、一辺1m²の正方形の試験区を設け、各試験区は、硬質塩化ビニール板を深さ15cmに埋め込んで囲った。

① 直播初年目区：播種前に試験区内の作土を15cmの深さに除去し、代わりに隣接の移植連続水田の作土を入れた。(1968年, 1969年)

② 直播2年目区：この年には作土を入れ換えなくて前年に引き続き乾田直播を行なった(1969年, 1970年)。

③ 直播3年目区：前記と同様に、3年続けて乾田直播を行なった(1970年)。

④ 長年直播連続区：試験区内の作土の入れ換えを行なわないで乾田直播を長年連続した。(1968年は直播7年目, 1969年は8年目, 1970年は9年目となる)

3. 試験区の構成：構成は第1表に示す通りで、1区面積1m²、2反復とした。

4. 施肥法：第1表参照、播種前に全量施肥し、作土全層に混合。

5. 播種：1968年・5月14日, 1969年・5月7日, 1970年・5月8日、各年次ともm²当たり32株、1株5粒播き。供試品種はオクマサリ。

6. 土壌分析法：試験区内の作土を条間中央部8カ所より採取(1カ所200~300g)混合した試料について、セミマイクロ蒸溜法によりアンモニア態チッソを、フェノール硫酸法により硝酸態チッソを定量した。

試験結果

1. 生育

[1968年] 直播初年目区と7年目区とを比べると、いずれの施肥レベルでも、初年目区の生育がまさった。その傾向は、とくに無チッソ(以下Nと略記)区の初期生育に明らかであつた。7月10日の結果をみると、初年目区は直播7年連続区に比べて、基数が約3倍、乾物重が約2倍を示した。このような差

は、生育が進むにつれて次第に小さくなつたが、穂数および穎花数においても、初年目区が明らかに大であつた。

〔1969年〕前年と同様の傾向がみられ、この年の直播初年目区の生育は、いずれの施肥レベルにおいても、2年目区および8年目区に比べて大であり、その傾向は、とくに、初期生育において明らかであつた。

一方、直播2年目区（前年は直播初年目区）と8年目区（前年は直播7年目区）の間には、前年にみられたような大きな差は認められなかつた。

〔1970年〕この年には、直播初年目区を設けず、直播2年目区、3年目区および9年目区についての比較を行なつたが、いずれの施肥レベルでも、直播経過年数の差の影響はほとんどみられなかつた。すなわち、

標肥条件および多N条件下における長年直播連続区（9年目区）では、直播2年目区および3年目区に比べて、初期生育はややまさる傾向を示したが、生育が進むにつれて差が小さくなり、成熟期の穂数にはほとんど差が認められなかつた。また、無N区では、生育初期においても、ほとんど差がみられなかつた。

2. 収量

各年次の玄米重は、第1図に示す通りである。

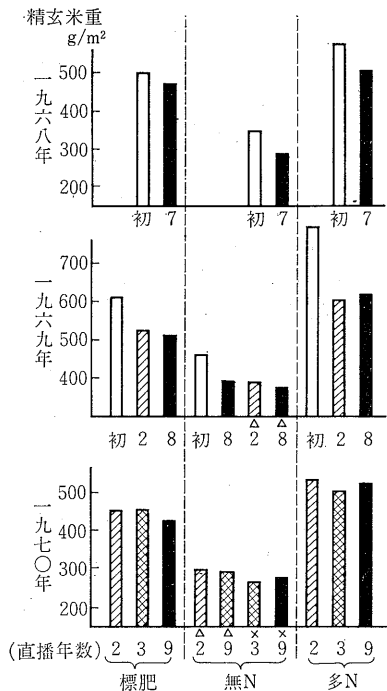
1968年および1969年ともに、いずれの施肥レベルでも、直播初年目区の収量は、他の区に比べて、明らかに高かつた。

一方、直播2年目区、3年目区および長年直播連続区（8・9年目区）の間には、1969年および1970年ともに収量に大差がみられなかつた。

第2表 生育および収量に及ぼす直播連続の影響

試験年次	施肥レベル	直播年数	茎数		地上部乾物重 g/m ²	穂数 本/m	穎花数 ×100/m ²	穂重 g/m ²
			本/m ²					
1968	標肥	1	(7月/10日)	(7/10)	(8/19)			
			531	128	526	327	247	667
		7	499	85	570	329	248	642
	無N	1	304	67	360	218	177	421
			7	198	34	309	206	160
	多N	1	646	162	665	384	307	772
7			643	142	625	361	275	718
1969	標肥	1	(6月/26日)	(7/18)	(8/19)			
			470	218	873	417	329	841
		2	390	178	646	349	287	734
	無N	8	315	167	556	340	280	714
			1	390	119	518	315	256
		8	186	82	409	247	209	546
		2 △	192	66	404	249	217	549
	8 △	154	71	385	236	210	532	
	多N	1	518	256	893	472	407	1,036
			2	477	242	702	431	336
		8	490	234	761	421	341	859
	1970	標肥	2	(7月/15日)	(7/15)	(8/10)		
485				67	603	320	260	626
3			496	113	565	306	244	610
無N		9	579	142	639	314	238	596
			2 △	218	40	339	208	168
		9 △	189	26	375	200	155	396
		3 ×	205	35	323	200	150	370
9 ×		205	41	330	205	159	392	
多N		2	659	139	751	387	298	732
			3	646	148	825	368	286
		9	678	206	738	376	287	720

註：無N区のうち、△……2年連続無N、×……3年連続無N、無印は無N初年目。（ ）内は測定月日。



第1図 年次別玄米収量の推移

注. 無N区のうち
 〇 無印は無N初年目
 △ 2年連続無N
 × 3

3. 土壤中Nの動態

各区の土壤中の無機態N ($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$) について分析した結果は, 第3表に示すとおりである.

(1) 乾田期間

1968年および1969年の結果についてみると, 直播初年目土壌は, 連年直播土壌(直播2年目土壌および長年直播連続土壌)に比べて, 土壌中の無機態N量は, やや多く経過する傾向にあり, また, 無機態N中に占める硝酸態チッソの割合(以下 $\text{NO}_3\text{-N}$ 比と略す)は, 連年直播土壌に比べて, 初年目土壌で著しく低かった.

1969年の標肥区について見れば, 6月13日には, 直播初年目土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 比は約35%に過ぎないのに対して, 2年目区および8年目区のそれは, 70~80%に達しており, 同様に, 6月27日には, 初年目土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 比87%に対して, 2年目区および8年目土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$ 比は80%以上となった.

このことは, 直播初年目土壌では, 連年直播土壌に比べて, 乾田期間における土壌中Nの硝酸化成が明らかに少ないことを示している.

一方, 直播2年目区, 3年目区および長年直播連続区の比較を行なった1970年の結果についてみると,

これらの間には, 土壌中Nの硝酸化成の程度に差が認められなかった.

(2) 湛水後

湛水開始後は, 全区とも, 硝酸態Nはきわめてわずかとなり, 無機Nの合計量も急減した. しかし, 直播初年目区土壌における無機N量は, 連年直播区よりもやや多い傾向で経過した(1968年, 1969年).

一方直播2年目区(および3年目区)と長年直播連続区との間には, いずれの年次においても, 明らかな差はなかった.

考 察

1968年および1969年ともに, 直播初年目区の生育は, 直播2年目区に比べて大であったが, 長年直播連続区の生育は, 直播2年目区と大差を示さなかった.

一方, 乾田期間における土壌中Nの硝酸化の程度についてみると, 直播初年目区土壌は, 連年直播土壌(直播2年目土壌および長年直播連続土壌)に比べて, 硝酸化程度は明らかに低かった. このことから, 直播初年目区の生育が大となったことは, 乾田期間における土壌中Nの硝酸化が少なかったことと関係をもつように思われる.

すなわち, 直播初年目区で, 乾田期間における土壌中Nの硝酸化が少なく, アンモニア態Nが多いことは, 乾田期間における降雨や, 湛水後の漏水, 脱Nなどによる無機Nの流亡・損失が少ないことを示すものであり, したがって, 生育初期にNを多く供給しうることになると考えられる.

しかし, 生育初期にみられる直播初年目区の生育量と, その他の区との生育量の差は, 土壌中の無機N量の差から考えられる以上に大きいので, 直播初年目の生育が大となることには, 無機態Nの質の差も関与しているのではないかと推察される.

すなわち, 直播初年目区では, 乾田期間における土壌中の無機態Nが主としてアンモニア態Nで占められていたのに対して, 直播を2年以上続けている区では, 無機態Nの多くが硝酸態Nであったことに注目せねばならない. すでに, 水稻の生育には, 硝酸態Nよりもアンモニア態Nが有効であることが報告されており^{3,9)}, とくに, 生育の初期においては, 硝酸態Nの吸収は, アンモニア態Nのそれにくらべて悪く²⁾, また, 乾物生産能率も劣る⁹⁾とされている. したがって, 本試験の場合にも, 水稻の初期生育に対するアンモニアことはないと栄養と硝酸栄養との差がある程度影響し, このことが連年直播区に比べて, 初年目区の生育

が大となつたことに関係をもつものと考えられる。

以上のようなことから、直播初年目土壌では、2年以上の連年直播土壌に比べて、土壌中Nの損失が少なく、施肥効率が高いと考えられる。したがって、施肥量、施肥法を初年目と等しくすれば、連年直播区の生育は、初年目に比べて劣ることになる。したがって、乾田直播におけるN施肥量、施肥法は、初年目と、2年目以後とは異なってくるべきものと思われる。

次に、乾田直播を連続すると収量レベルが年ごとに

低下してくるかどうかについて考察してみたい。

この試験では、直播初年目区と2年目区との間には生育・収量に大きな差があるが、2年目区と3年以上の連年直播区との間には、生育についても、また、土壌中Nの動態についても明らかな差を認めることができなかった。

したがって、本試験に用いたような水田では、2年目以降は生育・収量が年ごとに明らかに低下してくることはないと考えられる。しかし、腰塚ら^{4,5)}の指摘するように、漏水のはなはだしい水田では、乾田直播

第3表 土壌中の無機態N量とNO₃-N比に及ぼす直播連続の影響

試験年次	施肥レベル	直年播数	乾田期間		湛水開始後						
			(6月27日) N	NO ₃ -N/N	(7月9日) NH ₄ -N	(7月25日) NH ₄ -N					
1968	標肥	1	3.0mg	62%	0.7mg	1.0mg					
		7	2.8	73	0.7	0.8					
		7	0.7	29	0.8	1.0					
	無N	1	0.6	61	0.6	0.7					
		7	—	—	—	0.8					
		7	6.9	70	—	0.8					
1969	標肥	1	15.3mg	35%	4.5mg	27%	1.3mg	2%	1.3mg		
		2	11.8	72	3.9	85	1.1	4	1.0		
		8	11.9	84	3.2	83	1.3	5	0.9		
		1	1.6	20	0.6	45	1.3	0	1.0		
		8	1.8	70	0.7	76	0.9	2	0.7		
		8△	1.4	42	0.7	75	0.9	2	0.8		
	無N	8△	1.2	44	0.7	75	0.8	4	0.6		
		多N	1	—	—	11.4	28	1.4	2	1.3	
			2	—	—	7.7	62	1.3	8	1.1	
			8	—	—	6.4	67	1.3	8	1.1	
		1970	標肥	2	8.2	74	3.0	57	1.0	5	0.6
				3	12.7	67	3.2	62	1.1	5	0.6
9	11.0			67	3.3	70	0.8	6	0.6		
2△	1.7			86	1.3	41	0.9	5	0.5		
9△	1.8			89	1.7	60	0.6	6	0.5		
3×	1.9			88	2.0	63	0.8	5	0.6		
無N	9×		1.6	91	1.8	57	0.7	6	0.5		
	多N		2	21.2	55	4.4	39	1.4	4	0.5	
			3	23.2	56	4.6	42	1.5	4	0.5	
			9	19.6	59	4.0	49	1.0	5	0.6	

註 1. 湛水開始日: 1968年は6月27日, 1969年は6月29日, 1970年は6月26日である。

2. N量は乾土 100g 当りで示す。(NはNH₄-NとNO₃-Nの合計)

3. 太字は直播初年目土壌の乾田期間におけるNO₃-N比を示す。

4. () 内は測定月日, △, ×……前表と同じ。

を行なうことによつて地力の消耗が促進されると考えられるので, そのような条件では, 年ごとに収量が低下する可能性はあろう。

乾田期間における土壌の硝酸化成が連年直播区に比べて初年目区で少ないことについては, 硝化菌の活動程度に差があるためではないかと考えられる。すなわち, 土壌消毒後の硝化菌の回復には3~5カ月を要したという報告¹⁰⁾があり, この点を考慮すれば, 硝化菌の活動に不適当な移植栽培条件から, 乾田直播栽培へと転換した場合に, 乾田期間における硝化菌の活動が, 直播転換の初年目には少なく, 2年目にいたつてようやく飽和の状態に達するという可能性が考えられる。また, 土壌の硝化能が大となるためには酸化状態におかれねばならない。したがつて, 排水不良田や乾田期間を短かくした条件では, 上記の直播年数による土壌の硝化能の差は小さくなるものと思われる。本試験の供試田は, 暗渠, 明渠の設備された乾田のため, 排水には好適であり, また, 乾田期間を長くしてあるので, 硝酸化成には好都合な条件が与えられたものと思われる。これらの結果, 直播初年目と2年目との硝化能の差は一層拡大されたものと思われる。

土壌の硝化能は土壌の種類によつても影響されることが知られているが⁷⁾, 関東には本試験と類似の土壌条件の水田が多いので, 以上のような直播初年目と2年目以降とのN動態の差は広くみられるものと推察される。したがつて直播2年目以降に初年目と同様の生育・収量を期待するには, 初年目に比べてN施肥量を増すこと, あるいは, 追肥回数を多くすることなどが有効となる場合が多いと考えられる。

摘 要

1. 関東地方の直播栽培地帯では, 乾田直播を連続すると収量レベルが年ごとに低下するといわれている。この原因を明らかにするため, 排水のよい水田に, 直播栽培経過年数の異なる試験区を設け, 施肥レベルを変えて乾田直播栽培を行ない, 生育・収量および, 土壌中Nの動態が直播経過年数の違いによつてどのように異なるかを知らうとした。

2. 直播初年目区は, 連年直播区に比べて, 初期生育が旺盛であり, 収量も多かつた。しかし, 直播2年目区と長年直播連続区との差はわずかであつた。

3. 直播初年目区は, 2年以上の連年直播区に比べ

て, 土壌中の無機態N量が, 全生育期間を通じて多く経過する傾向にあり, 特に乾田期間における土壌中無機態Nのうち, 硝酸態Nの占める割合が明らかに低く, 硝酸化成の少ないことが特徴的であつた。一方, 2年目以上の連年直播区の間には, 直播年数の長短による土壌中動態Nの差は認められなかつた。

4. 以上のことから, 乾田直播を連続している水田の生育・収量が, 直播初年目のそれに比べて劣ることの一因として, 乾田期間における土壌中Nの硝酸化成の程度が, 直播初年目に比べて大であり, 施肥効率が低下しやすいことをあげるようである。

引 用 文 献

1. 平野 暁 1971. ——忌地除去に関する文献的考察——忌(いや)地現象とその研究動向, [1], [2]. 農及園 46: 321—326, 457—460.
2. 石塚喜明 1932. 水耕培養による水稻生育各期に於ける窒素, 燐酸, 加量吸収利用状態の研究. 農化誌 8: 849—867.
3. 春日井新一郎 1939. 水耕法に関する研究(第1章), 水稻水耕試験法. 土肥誌 13: 670—707.
4. 腰塚 敏 1968. 水稻を乾田裸地で連作すると何故減収するか. 農及園 43: 475—478, 1835—1838.
5. ———・石居企救男・秋本俊夫 1969・水稻直播栽培の連作について. 土肥学会 講要 15集 95.
6. 松実成忠 1969. 連作障害——いや地問題について——. 農及園 44: 309—312.
7. 永井恭三・久保田正重 1970. 畑状態のインキュベーションにおける湿土壌の硝化菌の不活性について. 土肥誌 41: 453—456.
8. NAGAOKA, M. 1904. On the behavior of the rice plant to nitrates and ammonium salts. Bull. Coll. Agr. Tokyo Imp. Univ. 6: 285—334.
9. 清野 馨 1969. 水稻の多収栽培における硝酸性窒素の利用法. 農及園 44: 1383—1388.
10. 鈴木達彦・渡辺 巖 1966. 土壌消毒後の硝化菌の回復について(第1報), クロロピクリンの注入法と注入時期の違いによる硝化菌の回復の違いについて, 土肥誌 37: 597—584.

Studies on the Causes of Rice Yield Decrease Resulting from Continual Direct Sowing Culture

I. Effects of continual direct sowing culture on the movement of inorganic nitrogen in the soil and on the growth and yield of rice

Yoshimasa UEMURA, Akira MIYASAKA and Mutsuo MORIYA
(*Central Agricultural Experiment Station, Konosu, Saitama*)

Summary

In some cases of direct sowing culture in the Kanto district, there is observed a year by year decrease in yield. The purpose of this experiment is to clarify the reasons for this decrease. The experiment was carried out on well-drained paddy fields from 1968 to 1970.

Experimental plots were divided by the number of years of direct sowing culture—first year plot, second year plot, third year plot and long term plot,—and the combination of the amount of nitrogen application—0, 12 and 18 g per square meter. Results obtained are as follows :

1. Growth and yield.

Both the plant growth in the early stage and the yield were greater in the first year plot than in the long term plots. However there were found no apparent differences in these properties among the second year plot, third year plot and long term plot.

2. Inorganic nitrogen in the soil.

The movement of inorganic nitrogen in the soil in the first year plot apparently differed from that in the long term plot. In the first year plot, the amount of ammoniacal nitrogen was higher and the amount of nitrate nitrogen was lower than in the long term plot, in the early stage of upland condition. Accordingly, the ratio of nitrate nitrogen to total inorganic nitrogen in the soil was lower in the first year plot.

However there were no significant differences among the second year plot, third year plot and the long term plot, in relation to the amount of inorganic nitrogen and its composition.

3. These results were observed for all nitrogen application levels in this experiment.

4. It may be concluded from the above facts, that the better growth and yield of rice in the first year of direct sowing culture are attributed to the retardation of nitrification of inorganic nitrogen in the soil in the early stage of upland conditions.