水稻畦立栽培に関する基礎的研究

(第4報) 特に土壤中の N と CO₂ 含量及び稲の生育と収量について*

渡部 忠世**・北川 幸二・八木 義和・榎本 中衛

(京都大学農学部作物学研究室)

筆者等は、水稻の畦立栽培、特にその基礎的な諸問題について、1948 年以来実験を行い、その結果について逐次報告してきた。その中、第1報(1953)として畦の地温と灌漑水温、第2報(1954)として土壌の pH と Eh については、すでにやや詳しく報じたので、本稿では、土壌中の窒素と炭酸ガス含量、又、水稻の生育と収量について述べ、あわせて若干の総括的考察を施したい。

本研究の目的等については、すでに第1報に於て詳論したから、ここには省略する。又、本実験の方法乃至は供試材料についても、第1報を参照されたい。

結 果 と 考 察

i) 窒素含量：これをアンモニア態窒素と硝酸態窒素の各々について定量した。なお測定は作物体が栽植されている土壌と共に、両区の裸地土壌についても実施して比較対照した(第1表)。

先づ NH₃-N 量の変化は、施肥後日数の短い7月11日(施肥後8日目)の測定値を頂点として各区共漸次に下降する。然もこの傾向は対照区よりも畦立区に於て、より急激である。元来、土壌中に於ける養分の消耗は作物体に於ける吸収利用量と、種々の理由に基づく流亡量との二点から考察される可きである。従

第1表 窒素含量の比較

	7月11日		8月1日		8月22日	
	NH ₃ -N	NO ₃ -N	NH ₃ -N	NO ₃ -N	NH ₃ -N	NO ₃ -N
畦立区	4.71	1.65	1.21	1.63	0.69	0.75
対照区	4.50	1.51	3.20	0.23	2.47	0.20
畦立裸地区	5.02	1.81	3.24	1.90	—	—
対照裸地区	4.84	1.50	4.52	0.31	—	—

(但し、乾土 100g 中 mg)

つて、先づ流亡量について考えると、裸地区の消耗量は雑草に吸収される量などを除いては、その状態に於ける完全な流亡量と見做し得るから、上表から、畦立区に於ける NH₃-N の流亡は対照区のそれよりもやや多いことが判明する。これは湛水田土壌に於ける還元状態(第2報参照)が、NH₃-N の安定性により有効なものと考えられる。又、作物体の吸収量は、理論的には栽植区の消費量と裸地区の消費量との差であるが、畦立区に於てこの差はより大きい。即ち畦立区に於て作物体が NH₃-N を吸収利用する量は、その生育初期に於ては対照区のそれにまさるものと言える。後述する如く、畦立区の稲が初期に旺盛な生育を示しながら、後に秋落ち的傾向を呈し易い点からも、このことは傍証されると思う。

又、NO₃-N の減少についてみると、その程度は畦立区に於てより緩慢である。この原因は、湛水田ではその著しい還元状態の結果、硝酸態窒素が酸化窒素や窒素ガスに還元されて逸脱し易く、且つ多量の灌漑水と共に流亡し易いことも考えられる故であり、これに対して畦立区では、それらの諸条件がより少いことに基因するのであろう。

結局、畦立区土壌と対照区土壌の窒素成分の消長に於ける差異は、第2報に述べた土壌の酸化還元状態の相違に基因する所が多く、上述の結果は畦立栽培の施肥法に、重要な示唆を与えるものと認められる。

ii) 炭酸ガス含量：地下 10cm の部位から吸引した CO₂ 量を測定算出した(表を略す)。その結果、畦立区土壌の CO₂ 含量は対照区のそれに比較してやや多量に存在することが明らかであつた。従来の諸研究を概括してみると、湛水田土壌では種々の微生物や有機物が嫌氣的分解を行うことにより、又、硫酸塩や硝酸塩類が還元

* 昭和 28 年 10 月 31 日 第 101 回講演会に於て発表

日本作物学会紀事 第 23 巻 第 3 号(昭和 30 年 4 月)

** 現在は西京大学農学部

されることによつて、その土壌中のガス成分は、かなり特殊な状態にあるとされるが、 CO_2 含量の低下もその傾向の一つである。勿論この他にも、その土地に栽植される作物体の根の呼吸とも関連するが、畦立区の作物根の方が呼吸作用も旺盛で、その結果、排出される CO_2 も多量なものと思われる。

結局、土壌中の CO_2 量の多少に於ても、前述した所の種々な理由に基づく土壌の還元状態発達過程と密接な関連を持つと述べている従来からの諸説は、筆者等の実験範囲に於ても肯定しうるものである。

iii) 生育：先づ草丈であるが（表を略す）、各年共、常に比較的初期の伸長が畦立区に於てより旺盛である。ところが、年によつて若干の遅速はあるが、大体8月中乃至下旬頃から畦立区の草丈は対照区のそれよりも劣つてくる。これは前述した如く、畦立区では比較的生育初期に、土壌中の窒素質肥料の分解がより旺盛に行われ、この結果、生育後半に至つて肥料欠乏状態を招くことに基因するものと考えられる。この現象は筆者等の使用したかなり砂質の土壌の水田に於ける異例かとも考えられるが、前述の種々の土壌的特性より推量すれば、砂質土壌を使用したことが、その傾向をより強めたとしても、なお暖地の畦立栽培に於ける普遍的な一現象と認めて至当であろう。

次に分蘖数であるが（第2表）各年共に7・8 両月の分蘖数は常に畦立区で多くその差は有意である。ところが、それ以後になると畦立区に於ける分蘖数の減少が対照区のそれよりも著しい。その結果穂数は畦立区でやや多い傾向にあるが、有意差は認められない。従つて畦立区では無効分蘖が多いことになる。一般的に無効分蘖の過多は栄養生長期に於ける肥料吸収が多く、それ以後に肥料が欠乏した場合に起り易いことがあるが、これは前述の草丈の場合と軌を一にした現象である。

結局、畦立区の稲は、所謂、秋落ち的な生育相をたどるものと認められ、従つて畦立栽培に当つては、生育初期の伸長や株張りをある程度抑制し、肥料をそれ以後にも充分に効かせる技術的配慮を必要としよう。

又、このような生態的特徴を、更に葉中の窒素含量を比較することによつて確かめ得た（表を略す）。即ち、畦立区では概して8月中旬頃までは、その含量が高く、それ以後はむしろ対照区のそれに劣る結果を示した。

次に根の状態であるが、以上のような地上部の差は、根の状態の相違との関連も多い筈である。その測定結果によると（表を略す）、根長及び乾物重を問わず、常に畦立区の値が大きい。これは畦立区土壌では、前述した如く O_2 の供給がより良好であること等に主因するものと考えられる。然し、それらの差は生育最盛期に最も大きく、後期に至つて漸次に近接してくるものと認められた。又、両区の T-R 率は畦立区のそれが8月以降は対照区の値よりも常に小さく、且つ、両者はその値は概して平行的に推移する。このことは、畦立区では根の乾物重の大きい割には、地上部の乾物重の増大が著しくないものと言える。

又、出穂の早晚について調査した所によると（表を略す）、本実験の範囲内に於ては、畦立区で出穂期がやや早まるものと認められた。

iv) 収量：収量構成要素の中、穂数については前述したから、その他の項目について略記する。第3表に示す如く、穂長、穂重及び一穂粒数のいずれも対照区が畦立区にまさり、特に穂重と一穂粒数に於て両区の差は最も顕著であることが判る。一株収重も同様な傾向であるが、粒歩合は畦立区でやや少い傾向にあると言える。

然しながら、玄米千粒重には両区間に差を認め難い。又、藁重について上表をみると、各年共、畦立区に於てその値は大きく、且つその差は有意である。又、この藁重に対する収重の比率を算出してみると、各年共に対照区の方が大きいことが明らかである。言い換えると、畦立区では対照区にくらべて草出来はよかつたが、子実の出来が悪かつたと言えよう。前述した如く、畦立区に於ては、肥料——特に窒素成分が初期の栄養生長に多量に吸収利用され、それ以後の子実の生成発達には不足を来したものと思われる。

次に、反当収量に換算した結果を第4表に示す。即ち、各年共に対照区で収量が多いことが明らかである。上述してきた収量構成要素の中、畦立区に於ては、総数、穂重、一穂粒数及び一株収重のいずれもが対照区のそれに及ばず、殊に穂重と一穂粒数に於て両者の差は最も大きいと認められるのである。一方、粒歩合は畦立区でや

第2表 分蘖数及び穂数の比較

		最高分蘖数	穂数	無効分蘖歩合
1948年	畦立区	14.62±3.73	9.86±2.76	32.56%
	対照区	14.49±3.77	10.00±3.51	30.99
1949年	畦立区	17.20±3.80	12.49±3.82	27.39
	対照区	15.70±2.30	12.59±4.05	19.81
1950年	畦立区	15.10±3.10	10.52±2.22	30.34
	対照区	14.42±3.13	11.05±2.58	23.38
1951年	畦立区	15.31±4.82	11.64±4.53	23.98
	対照区	12.14±4.35	9.53±3.96	21.50

少なくなつてはいるが、なお、それらを総合した結果の収量差は明らかで、畦立区では、対照区の約 76~88 %程度にあるものと認められる。

結論 第1報から第4報までに述べた実験結果によつて、次のことが言えると思う。即ち、畦立区の土壌では、水田土壌の特性の一つと考えられる還元状態の発達に乏しく、且つ土壌中の CO_2 量が普通水田よりも多い点などに原因して、土壌中の肥料、特に窒素成分の分解が早められる。従つて、そこに栽植される稲は、初期生育の段階に於て、より多くの量を吸収利用し、その結果、初期には旺盛な生育を示しながら、それが子実生産に好影響を与えることなくかえつて対照区よりも収量を減ずることになるものと認められる。このことは、上述した生態

的諸特性、例えば草丈、分蘖数、粒重に対する稈重の比率などの諸点から確言できると思う。

勿論、本実験は、暖地に於ける、然もかなり砂質の水田に於て、肥料を一律に元肥として一層に施肥した場合の基礎的な実験であつて、本実験の結果をもつて、畦立栽培の全般を云々しようとするものでないことは当然である。然し、本実験の結果から明らかにしえた諸点より考察して、筆者等は、畦立栽培に於ける効果的な施肥法の究明が最も肝要であることを認めたが、これについては後日に詳報する予定である。(文献省略)

Fundamental Studies on the Ridge-Culture of Rice Plants (4)

Contents of Nitrogen and Carbondioxide in Soils, and the Plant Growth and Yields.

Tadayo WATABE, Kouji KITAGAWA, Yoshikazu YAGI and Nakae ENOMOTO
(Faculty of Agr., Kyoto University)

Summary

This report deals with the comparison between the soils of two experimental plots, the ridge culture and level culture (the control) in respect to the contents of two forms of nitrogen (NH_3 and NO_3) and carbondioxide. At the same time, the growth and yields of rice plants grown there were also tested.

The main results were as follows:—

i) The decrease of NH_3 -N contents occurred more rapidly in the ridge soils than in the controls for NH_3 -N was more exhausted in the former soils than in the latter. On the contrary, more NO_3 -N was found in the ridge soils than the controls.

These facts might be due to the persistence of the oxidative layers in ridge soils.

ii) More carbondioxide were therefore always found in the ridge soils than in the controls.

第3表 諸特性の比較

		1948 年	1950 年	1951 年
穂 長 (cm)	畦立区	21.47±1.16	19.75±1.08	20.28±1.84
	対照区	22.68±1.82	20.03±1.25	20.53±1.83
穂 重 (g)	畦立区	4.08±0.86	3.70±0.75	3.88±0.92
	対照区	4.16±0.89	3.95±0.63	4.01±0.89
一穂粒数	畦立区	103.54±30.71	—	115.00±20.79
	対照区	115.46±24.55	—	126.58±18.84
粒 歩 合 (%)	畦立区	7.15	—	4.58
	対照区	8.92	—	6.08
玄米千粒重 (g)	畦立区	23.55±6.50	—	23.47±6.57
	対照区	23.54±6.52	—	23.48±6.60
一株 粒 重 (g)	畦立区	19.41±11.03	16.07±10.99	18.08±10.37
	対照区	21.51±9.72	16.62±10.46	20.74±10.45
一株 稈 重 (g)	畦立区	37.44±17.11	32.09±14.00	39.72±15.79
	対照区	31.52±12.50	26.67±14.28	31.48±10.50
粒 重/稈 重 (%)	畦立区	51.84	50.08	45.52
	対照区	68.24	62.32	65.88

第4表 収量の比較

	1948 年		1950 年		1951 年	
	畦立区	対照区	畦立区	対照区	畦立区	対照区
坪当玄米重 (g)	1242.72	1644.33	1265.10	1418.31	1277.51	1603.72
一升玄米重量 (g)	1462.00	1485.00	1453.24	1447.34	1470.00	1473.83
反当玄米容量 (斗)	25.50	33.21	26.07	29.37	26.07	32.64
同 上 比 数	76.78	100.00	88.76	100.00	79.87	100.00

iii) Plant height, tillers and nitrogen contents in leaf-blades surpassed in the ridge plots than in the controls. Above facts were observed during the vegetative growth period, from planting to the beginning of the differentiation of primordial ear. In the generative stage of the growth, however, this tendency became quite reversed.

iv) In regards to the maximum length and dry weights of roots the ridge plots exceeded the controls during the whole course of the growth. But the top-to-root ratio was generally higher in the controls than in the ridges.

v) The heading date seemed to be somewhat promoted in the ridge plots than in the controls.

vi) Plants of the control plot were superior in grain weights per plant and number of grains per ear to those of the ridge plot. Especially the grain weights compared with the weights of culms and leaves were remarkably smaller in the ridge plots.

vii) Here it might be said that the plant growth in the ridge plots looked just like that of the so-called Akiochi, which means the poor grain harvest in spite of the preceding vigorous vegetative growth. Consequently, in every year, 11~23 % decrease of yield per unit area appeared in the ridge plots compared with the controls.

viii) In short, the vegetative vigor of plants of the ridge plots might be favoured by its better physical soil conditions during the vegetative growth period. But as plants developed into the generative growth, gradually the declination of vegetative growth is shown due to the nutritive deficiency occurred in ridge soil. This nutritive deficiency was largely attributed to the striking development of the oxidative state in soils as already reported in the previous paper, and consequently caused the yield decrease.