畑地転換水田における土壌細菌の作用について

野 瀬 久 義*

Hisayoshi NOSE : On the action of bacteria in the soil of reclaimed paddy-fields converted from upland-fields.

I. 緒 言

徳島県では最近揚水施設の充実や井水灌漑の普及により畑地を新しく水田につくりかえているが、これらの畑地転換水田には各所に水稻の生育不調や不稔が発生して、その被害は 1957 年には 1955, 1956 年にくらべて特に多かつた。畑地転換水田の不稔稲については原⁹⁾が稲青立病を述べ、1949 年鈴方⁴⁾も記され、その発生機構は早青立と軌を一にするものと解した。北米では Tisdale 及び Jenkins¹⁰⁾ が Straighthead を報告し、その病因は土壌状態の不良に基くものとし、北村⁷⁾もある種の土壌が湛水条件を与えられることにより発生することを述べている。著者は各地の畑地転換水田を実地調査した結果、土壌細菌の種類と作用が熟田土壌のそれらと相違し、障害の発生と関係があるように考えられるので、その観察結果を報告する。

II. 調査に供した畑地転換水田の状況

まず 1955~1957 年の 3 年間に互り徳島県板野郡、阿波郡及び麻植郡にかけての畑地転換水田と熟田とを比較観察した。

畑地転換水田土壌は熟田土壌と異なり、湛水して水田状態にすると土壌が固まり、漏水して湛水が無くなれば更に固結して挿秧や挿秧後の管理に不便を来すことが多い。しかし水田年次を経過して、2~3 年後になれば漸次膨軟となる。また畑地転換水田には最初水持ちの悪いものが多いが、漸次よくなつて、2~3 年を経過すれば良好になることが多いようである。

次に畑地転換水田の不稔稲の発生と栽培環境との関係をみると

(1) 土壌の種類、湛水との関係 桑、麦、馬鈴薯跡などの転換水田に何れにも発生し、重粘土壌には症状の著しいものがある。しかし障害の発生は湛水と極めて密接な関係にあつて、漏水が多く水持ちの悪い水田では、たとえ頻繁に灌水しても発生を見ず、これに反して水持ちがよく常に湛水し、水の換ることが少ない水田に発生し易い。また 1 筆中でも部分的に水持ち

がよくて、湛水している所に発生を見ることが多い。顕著な不稔症状を呈した発生田でも、周辺部の道路、畦畔などに接する 1 植条には殆んど発生を見ないし畦立式栽培には稀にしか発生を見ていない。このように本障害の発生には水持ちがよくて、湛水状態にあることが要件であるが、なおこれに関係ある他の環境について述べると次のようである。

(2) 肥料との関係 緑肥、タバコのかき芽をすき込んで発生を見た例が多く、未熟の堆厩肥の施用も発生を促している。また窒素肥料の多施も発生を助長するようである。

(3) 栽培年次との関係 水持ちがよければ転換當年田によく発生するが、転換後漸次水持ちがよくなるので、2, 3 年田に発生することも多い。その後栽培年次を重ねると殆んど発生を見ない。

(4) 気象との関係 夏季晴天、高温の年には発生少なく、曇雨天が続き、気温が低い年には多いようである。然し井水から直接灌水する程度の冷水とは関係が認められないので、多雨により湛水がよくなることによるのかも知れない。

(5) 稲品種との関係 徳島県平地帯では早生、晩生稲にくらべて、中生稲、特にあけぼの、みおにしき、祝稲などに多く見受けられる。

III. 畑地転換水田土壌の硫酸還元作用

調査に供した畑地転換水田土壌と熟田土壌との硫酸還元作用を比較するため、稲作期間中水田土壌中の硫化鉄の集積を実地調査し、さらに土壌試料を集めて van Delden 氏培養液(磷酸 2 加里 0.5, 乳酸ソーダ 5.0, アスパラギン 1.0, 硫酸苦土 1.0, 硫酸第一鉄 0.1, 蒸留水 1000, 反応 pH 7.0 に補正)に加えて観察した。即ち 300 cc エルレンマイヤーフラスコに上記培養液 200 cc を注入して殺菌後、これに供試水田土壌として転換予定畑 7, 畑地転換 1 年田 7, 2 年田 10, 3 年田 9 及び熟田 4 箇所から土壌を採集して、夫々約 10 g を加え、液面に流動パラフィンを重ねて 27°C に保った。7 日間醋酸鉛液に浸した濾紙の変色と培養液の黒化により硫化水素の生成を観察した結果によれば、

* 徳島大学学芸学部

転換予定畑土壤、転換1年田土壤には殆んど硫酸還元作用は認められないのに反して、熟田土壤では、この作用が活発である。しかして転換後水田年次を重ねるとこの作用を呈するものが増加し、3年田の中には熟田に近い程度のものが見られる。

次に著者は上述の3年田土壤と熟田土壤の van Delden 氏 (培養) 液培養から主として Burri 氏法²⁾により硫酸還元菌の分離を行い、その形態、生理的性質を調査した結果、本細菌は、著者がかつて干拓地水田土壤及び普通地水田土壤から分離し、同定した *Microspira desulfuricans* (Beij.) van Delden と殆んど一致したので、前述の畑地転換水田土壤と熟田土壤の硫酸還元作用は *Microspira desulfuricans* (Beij.) van Delden の作用によるものと認められる。

IV. 畑地転換水田土壤の硫黄酸化作用

Beijerinck¹⁾, Lieske⁶⁾ によれば、土壤に存在する硫黄細菌中、*Thiobacillus denitrificans* Beij. は硝酸塩の存在下で、硫化水素、硫黄、チオ硫酸曹達などを硫酸に酸化し、同時に硝酸塩を還元して遊離窒素を発生する。1943 年著者⁶⁾はこの細菌による作用が水田土壤で極めて活発であつて、本細菌は *Microspira desulfuricans* (Beij.) van Delden との間に密接な干渉作用があることを報告した。著者は供試土壤に硫酸還元作用と共に、本作用があるかどうかを知るため、試験管に Lieske 氏培養液 (チオ硫酸曹達 5.0, 硝酸加里 5.0, 重曹 1.0, 磷酸二加里 0.2, 塩化苦土 0.1, 塩化石灰微量, 塩化第二鉄微量, 蒸留水 1000, 反応 pH 8.4) 20 cc を注入して殺菌後、転換予定畑 7, 転換1年田 7, 2年田 10, 3年田 10 及び熟田 3 箇所より採集した土壤試料を夫々約 10 g 宛接種して 30°C に保つた。なお別にこのようにして準備した培養を醗酵管に注入して 30°C に保ち、5 日後に集まつた瓦斯量を測定した。これらの結果によれば各試験管は何れも 2 日後に混濁を生じ、醗酵管培養では転換予定畑土壤、転換当年田土壤には瓦斯の生成を見ず、これに反して熟田土壤には 4.4~4.6 cc の瓦斯が集積した。そして転換2年田土壤には瓦斯を生成したものがあり、3年田土壤では何れも生成し、その程度は 0.7~4.2 cc の範囲であつた。この瓦斯の生成は供試土壤を殺菌すれば発生を認めず、Lieske 氏培養液の組成より硝酸曹達を除けば殆んど生成を見ないので、この瓦斯は硝酸曹達の還元によるものと考えられる。著者は上記の培養より釣菌して Lieske 氏寒天培養基に純粋培養したものについて細菌の形態、生理的性質を検したが、本細

菌は *Thiobacillus denitrificans* Beij. に一致するものと認められる。

V. 畑地転換水田における有機酸の生成

著者が連続して観察した1例は転換2年田であつて、面積約4畝、元肥に緑肥をすき込み、水持ちは良好である。分蘖後期より葉が濃緑となり、草丈の伸長が滞滞して、葉熱病斑が点在する株を混じ、成葉の中には黄褐色に変じた葉を生じた。この水田では水口と畦畔に近い周辺部を除いて約70%の面積に不稔稲を生じた。落水後刈取の際土壤面より強い甘酸臭を感じたので、有機酸の生成によるものと推察した。他の1例は未熟堆肥反当約1400 kg を施用した桑園の転換1年田で、面積は約6畝、水持良好な上に上段の水田より自然灌水せられる。葉色は附近の水田と大差ないが、幼穂形成期頃に下葉に褐変葉を散見し、またある時期には葉尖部が殆んど全水田面に黄変したのを見た。この水田においても畦畔附近と整地の際に地面の高かつた部分を除いて面積の約80%に不稔稲を生じ稲刈取時には田面を歩行すると甘酸臭を感じた。これらは特に顕著な例であるが、然し熟田においては緑肥、未熟堆肥、未熟稲藁などの施用は苗の活着を遅らし、或は分蘖初、中期頃生育に影響を与えるようであるが、不稔稲の発生や、刈取期の甘酸臭を感じる水田は見当らなかつた。そこで著者は畑地転換水田土壤の有機酸の生成とその経過を知るために熟田土壤と比較して実験した。300 cc エルレンマイヤーフラスコに Ampola 及び Ulpiani 液 (葡萄糖 10, 硝酸曹達 6, 塩化曹達 6, 磷酸三石灰 0.02, 蒸留水 1000, 反応 pH 8.3) 200 cc 注入し、これに転換予定畑土壤、転換1~3年田土壤及び熟田土壤を夫々約 40 g 宛入れ、30°C に保つた。それによれば各土壤共に4日後には反応 pH 4.7~5.8 を示し、酸性を呈して甘酸臭を感じた。その後転換予定畑土壤では14日後にもなお甘酸臭が続いたが、熟田土壤は7日後には供試当初のような泥臭になり、硫酸還元作用が認められた。転換1, 2年田土壤は転換予定畑土壤に似ているが、3年田土壤は熟田土壤に似たものが多かつた。この現象は供試土壤を殺菌すれば起らないので微生物の作用によるものと考えられる。なおポットの土壤に紫雲英緑肥及び未熟堆肥を重量で夫々 0.5~3.0% の割合に加えて灌水し、8月の常温に保つた場合にも上述に似た経過を示した。

VI. 考 察

上に述べた観察、実験の結果から観ると、熟田土壤

には硫酸還元菌, *Microspira desulfuricans* (Beij.) van Delden の活動が活発であるのに反して, 畑地転換水田土壌には当初は殆んど分布していない。従つて畑地時代に施用してきた硫酸性肥料の硫酸根は転換後も水田土壌内で硫化水素に還元せられることなく残留することが考えられるし, 著者⁷⁾の 前報によれば, *Microspira desulfuricans* は, *Bac. mycoides*, *Bac. subtilis*, *Bac. Stutzeri*, *Bac. cereus*, *Bac. mesentericus* 及び *Bact. fluorescens* liq. などの繁殖を阻害し, 中でも *Bac. subtilis* は 7 日間の共存により分離し得なくなることより推せば, *Microspira desulfuricans* の繁殖は, 水稲に対して幼苗を腐敗し, 挿秧後に障害を与えるばかりでなく, 土壤細菌に対しても拮抗作用を呈するものと考えられる。従つて本細菌の分布を欠く畑地転換水田土壌と, その活動の活発な熟田土壌とは本細菌の存否に関連して, 土壤細菌の相互作用を異にする筈である。同様に畑地転換水田土壌には *Thiobacillus denitrificans* Beij. の分布が殆んど見られないので, これ等の土壌では, 土壌の硝酸は本細菌によつて遊離窒素に還元されないであろう。次に水持ちの悪い畑地転換水田土壌は, 多量の灌漑水の透過などにより土壌中へある程度の酸素の供給が考えられるので, 強度の灌漑畑土壌に似て, 畑地時代より引き続き, それに似た土壤細菌がほぼ好氣的に繁殖を行うものと思われる。これに反し水持ちがよくて常に湛水しているような畑地転換水田には不稔稲が発生し易いことは前述したが, 土壤細菌の繁殖は嫌氣的であり, *Microspira desulfuricans* による酸酵作用が活発に行われる熟田土壌とは違つて, 未熟有機物より有機酸などの生成が顕著に行われ易いように考えられる。緑肥から有機酸として乳酸, 醋酸, 蟻酸などが生成せられることは小野寺⁹⁾により既に報告せられている所である。

Summary

In reclaimed paddy-fields in Tokushima Prefecture converted from upland fields where wheat, barley or mulberry had been cultivated, the sterility in rice-plants is frequently found for 1~3 years after the conversion, but not thereafter. The injury of this kind is seldom found in the converted fields where water is not retained for a long time and, therefore, the frequent irrigation is necessary, but it is apt to appear in the water retainable fields. Especially it seems that green manure or immature organic manure accelerates the outbreak of this injury. Concerning the action of bacteria the author compared the soil of converted paddy-fields with that of mature paddy-fields where rice-plants are cropped every year. According to his investigation, in the soil of mature paddy-fields which have long been under

VII. 摘 要

徳島県の畑地転換水田に不稔稲が発生し, この障害は主として転換後 1~3 年間に現われ, その後は殆んど見あたらない。この障害は水持ちの悪い水田には殆んど発生せず, 水持ちのよい湛水田に発生し易い。殊に緑肥, 未熟堆肥, 既肥の施用は発生を助長するようである。著者はこれらの畑地転換水田の土壤細菌の作用について, 熟田土壌と比較した。それによると, 熟田土壌では *Microspira desulfuricans* (Beij.) van Delden と *Thiobacillus denitrificans* Beij. が分布して, 硫酸還元作用と硫酸酸化作用が旺盛であるのに反して, 畑地転換水田土壌では, 転換 1 年田土壌には殆んど存在せず, 2, 3 年田土壌には漸次分布して, 3 年田土壌には殆んど熟田に近い程度の作用が見られる。畑地転換水田土壌では Ampola 及び Ulpiani 液に土壌を接種した場合に, 熟田土壌にくらべて有機酸の生成が顕著に行われるようであるが, さらに土壌に湛水条件の下で緑肥, 未熟堆肥を添加すると有機酸の生成が著しい。(1958 年 7 月 21 日受理)

引用文献

- 1) Beijerinck, M. W.: Centrbl. Bakt., 2(11): 598. (1904).
- 2) Burri, R.: Centrbl. Bakt., 2(8): 533. (1904).
- 3) 原撰祐: 稲の病害, (1919). p.73.
- 4) 鑄方末彦: 食用作物病理学, 上巻(1949). p.117
- 5) 北村英一: 日作紀事, 23(4): 270. (1955).
- 6) Lieske, R.: Ber. Deut. Bot. Gesell., 30: 12. (1912).
- 7) 野瀬久義: 朝総農彙報, 13(1): 8. (1941).
- 8) 野瀬久義: 朝総農彙報, 15(1): 16. (1943).
- 9) 小野寺伊勢之助: 盛岡高農学術報告, 13. (1929).
- 10) Tisdale, W. H. and Jenkins, J. M.: U. S. Dept. Agric. Farmer's Bull., 1912. (1921).

cultivation of rice-plants, the growth of *Microspira desulfuricans* (Beij.) van Delden and *Thiobac. denitrificans* Beij. is very vigorous, while in the soil of the fields which are designed for conversion or cultivated for one year after conversion, the distribution of these bacteria is scarcely found. However, in the soil of 2-3-year-old converted paddy-fields they are observed to grow gradually, and especially in the soil of 3-year-old converted paddy-fields the bacterial growth is vigorous as well as in the mature paddy-field.

In converted paddy-fields the production of organic acids may be remarkable, especially if green manure or immature compost is added, in comparison with mature paddy-fields. (Gakugei Faculty, Tokushima Univ., Tokushima, Japan)