

レンコンの呼吸特性と土壌の酸化還元

* 川口公男・山本英記

Respiration of lotus root in relation to
oxidation reduction of soils
Kimio Kawaguchi and Hideki Yamamoto

要約

川口公男・山本英記(1987): レンコンの呼吸特性と土壌の酸化還元。徳島農試研報 24:30~33
沼沢植物であるレンコンの呼吸に鉄系酵素が関与しているかどうか、また、土壌の酸化処理および還元処理とレンコンの収量との関係について。

レンコンの呼吸は NaN_3 で阻害され、DNP、PCPで促進された。さらにTTC反応ではレンコンの切片がよく赤変した。これらのことからレンコンの呼吸には鉄系酸化酵素が主として関与しているとみられた。

土壌に過酸化石灰を施用し酸化的にすると、レンコンは増収した。また、デンプンやフスマで還元的にすると減少することがポット試験で明らかとなった。

はじめに

湛水下に生育している沼沢植物が、鉄を大いに利用することは古く中島⁸⁾により報告されている。三井・矢崎⁷⁾は鉄系酵素が呼吸酵素の主体と考え、稲麦などにおける鉄酵素としてのカタラーゼなどを検討している。

また、水稻の養分吸収が根の好氣的呼吸と密接な関係をもつことは三井ら^{5), 6)}により明らかにされている。

さらに、水稻の根における好氣的呼吸と関連して、高橋ら¹⁰⁾は根圏に積極的に酸素を供給する土壌管理を提唱した。同様に水稻に対する硝安の施用が山崎・小菅¹²⁾により、過酸化石灰の施用が山田¹¹⁾、太田、中山⁹⁾により検討された。これらは土壌の異常還元対策として有効で、水稻の多収技術に反映された。筆者らは、沼沢植物であるレンコンの呼吸にも水稻の根と同じように鉄系酵素が大きく関与しているかどうか検討した。

また、鉄系酵素が主体ならレンコンは土壌の好氣的条件を好むとみられるので、土壌の酸化処理および還元処理とレンコンの収量について検討したので、あわせて報告する。

呼吸に関する試験では、元農林省農業技術研究所化学部作物栄養科の吉田武彦作物栄養第1研究室長(現在、北海道農業試験場)に助言をいただいた。

現地調査では鳴門農業改良普及所、鳴門市農業センターおよび堀江農業協同組合の方々にご協力をいただいた。

ここに記して厚くおネL申し上げる。

1 レンコンの呼吸に及ぼす各種阻害剤等の影響供試材料及び方法

1976年8月18日、東京都中央卸売市場築地市場に入荷した徳島市川内町産のレンコン(備中種)を供試した。

このレンコンを生体で300mg程度の切片とし、吉田・高橋¹³⁾の方法に準じて、ワールブルグ検圧計で呼吸量を比較した。

呼吸阻害剤として、鉄系終末酸化酵素阻害剤の窒化ナトリウム(NaN_3)、銅系終末酸化酵素阻害剤のジエチルジチオカルバミン酸ナトリウム(D1ECA)、チトクローム系呼吸に結合した高エネルギーリン酸化化合物生成反応のアンカプラーとしての2,4-ジニトロフェノール(DNP)およびペンタクロールフェノール塩(PCP)の4種類を使用した。

使用した濃度は、最終濃度がPCPは 10^{-5} M, DNPは 10^{-4} M, NaN_3 とDIECAは 10^{-3} Mになるようにした。さらに、チトクローム系への電子伝達に先だつコハク酸脱水素酵素活性の指標として、トリフェニールテトラゾリウムクロライド(TTC)について還元(赤変)の程度を観察した。

結果

レンコンの呼吸に及ぼす呼吸阻害剤の影響につは、第1表のとおりであった。

第1表 呼吸阻害剤のレンコンの呼吸への影響

阻害剤	呼吸割合
NaN_3	55%
DIECA	120
DNP	114
PCP	110

呼吸割合 = 処理呼吸量 / 対照呼吸量 \times 100

レンコンの呼吸は NaN_3 で阻害され、DIECA, DNP, PCPで促進された。TTC反応については、レンコンの切片部がよく赤変した。

考察

NaN_3 は主として鉄系酸化酵素の働きを阻害するとされており、呼吸量は対照の55%となり阻害は激しかった。これは吉田・高橋³⁾の水稻根の60~46%(根の部位による差)と同様とみられた。

鉄系酸化酵素と共役したリン酸化反応のアンカプラーのDNP, PCPはともにレンコンの呼吸を対照の110~114%と促進した。これは吉田・高橋¹³⁾¹⁴⁾が水稻で認めているように、レンコンの呼吸も鉄系酸化酵素を主体としていることを示唆するものである。

DIECAはレンコンの呼吸を促進したが、その原因は不明である。

TTC反応における赤変(還元)はレンコンにおけるトリカルボン酸回路の存在を示すものとみられた。

以上のことからレンコンの呼吸は鉄系酸化酵素が主体で、レンコンは好氣的な土壌条件を好む植物であると考えられた。

2 土壌の酸化および還元処理とレンコンの収量調査および試験方法

1) レンコン田の化学性調査

1975年9月3日に鳴門市大麻町堀江地区で、地元農家の間でレンコンの収量が多いとされる(200kg/a以上)4ほ場、低収(200kg/a未満)6ほ場の計10ほ場の土壌調査を行った。

2) 土壌の酸化および還元処理とレンコンの収量

1974~1975年の2か年間に過酸化石灰を施用しより酸化的にしたり、デンブンやフスマを加えてより還元的にし、この条件下でのレンコンの収量を検討した。

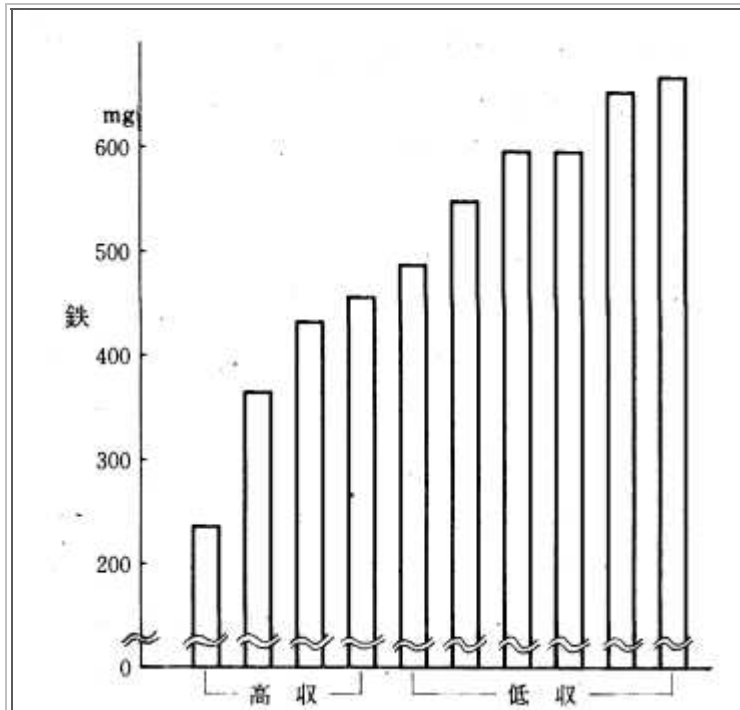
場内で2 m^2 のポットに腐植に乏しい粘質の灰色低地土を詰め、2節の種レンコン2本を5月上旬に植えた。土の詰め変えは行わなかったが、過酸化石灰による酸化処理、デンブンとフスマによる還元処理は第2表のとおり毎年行った。肥料は窒素、リン酸、カリとも各35g/ m^2 を基肥に15g、6月下旬と7月上旬の追肥に10gずつ施用した。

収量調査は葉が枯れ生育が停止した後の、初冬に総掘りで行った。

なお、試験区の反復は行わなかった。

結果

1) 鳴門市大麻町堀江地区におけるレンコンの収量性と、作土の2価鉄含量との関連は第1図のとおりで、高収田は低収田より2価鉄は少なかった。(第1図)



第1図 レンコン収量性の高低と作土2価鉄含量 (1975年)

注) 2価鉄含量は乾土100gあたりのmg数
 高収: 1aあたり200kg以上, 低収: 1aあたり200kg未満

2) 土壌の酸化および還元処理によるレンコンの収量については、第2表のとおりであった。過酸化石灰による酸化処理で増収し、デンプンとフスマによる還元処理で減収した。(第2表)

第2表 土壌の酸化および還元処理とレンコン収量

区	試験年	収量	収量指数	酸化還元処理
対照	1974	11.3kg	100%	
	1975	10.1	100	
	2年平均	10.7	100	
酸化処理	1974	12.8	113	CaO ₂ 5月上旬, 下旬, 6月上旬, 下旬の4回各25g/m ² 施用
	1975	10.2	101	CaO ₂ 5月上旬100g/m ² , 6月下旬50g/m ² 施用
	2年平均	11.5	107	
還元処理	1974	11.0	97	デンプン5月上旬, 下旬, 6月上旬, 下旬の4回各250g/m ² 施用
	1975	7.9	78	デンプン5月上旬250g/m ² フスマ6月下旬250g/m ²
	2年平均	9.4	88	

考 察

レンコン高収田では低収田に比較し、作土における2価鉄が少ないことは、より酸化的条件がレンコンに好ましい土壌と考えられた。

栽培試験において、酸化処理による増収が初年目で、還元処理による減収が2年目で顕著であっ

た。これは腐植に乏しい土壌を用いたため、過酸化石灰による酸化処理効果が初年日に現われやすく、2年目は前年の残根などもあり効果が劣ったためとみられる。同様に初年目におけるデンブンのみによる土壌の還元処理では長期の還元を維持できず、4回の施用では不十分で減収しにくかったものと思われる。2年目はデンブんとフスマを併用した還元処理のため、還元がより長期間にわたり維持されレンコンの減収が顕著となったとみられる。これら酸化および還元処理による収量については、井尻ら²⁾の試験と同じ傾向であり、やはり酸化条件が好ましいと考えられた。

総合考察

ポット試験の成果を現地のレンコン田に適用する場合、解決すべき問題点を挙げればつぎのとおりと思われる。

太田・中山⁹⁾によると過酸化石灰は水稲作では基肥に施用しても出穂まで有効とのことであるが、レンコンにも長期間有効か検討を要する。小松・南雲⁴⁾は過酸化石灰は10kg/a以上の施用を目安にしている。この場合はグライ土による試験とみられ、小松ら³⁾の別の調査では酸化還元電位は200mV程度であるが、筆者らが灰色低地土を調査した結果では200mV位は稀で100mV前後と高いことが多かったため、このような土壌への施用量とか施肥法の検討を要する。

以上のことから、レンコンは酸化的条件下で収量が高いことが明らかとなった。しかし、後藤ら¹⁾は現地では多施肥などにより還元状態となっておりと報告している。したがって、強還元にならないようにレンコン田の土壌および水管理を行うことが望ましいと考えられる。

摘 要

1 レンコンの呼吸は NaNO_3 で阻害され、DNPとPCPで促進された。

また、TTC反応ではレンコン切片がよく赤変した。

これらのことから、レンコンの呼吸には鉄系酸化酵素が主として関与していることが明らかとなった。

2 レンコンは鉄系酵素を主体とする呼吸と考えられたので、土壌は好氣的条件が好ましいとみられた。そこで土壌の酸化処理および還元処理とレンコン収量との関係をポットによる栽培試験で検討した。

レンコン収量は過酸化石灰による酸化処理で増収し、デンブんとフスマによる還元処理で減収した。

3 レンコン田の土壌管理は、より酸化的な条件下での栽培が好ましいと思われた。しかし現地レンコン田への酸化処理法の方法が今後の検討課題である。

文 献

1) 後藤恭・山本英記・川口公男・黒島忠司・井内晃(1972): 徳島県下におけるレンコン田の土壌条件. 土肥学会関西支部講演要旨(49年7月): 2.

2) 井尻敏文ほか7名(1976): レンコンに対する用水対策試験(昭50).50年度山口農試業務年報: 175.

3) 小松鋭太郎・石塚由之・松沢義郎(1983): 茨城県におけるレンコン栽培田の土壌および施肥の実態. 茨城園試研報, (11): 63-94.

4) 小松鋭太郎・南雲光治(1975): レンコン栽培における肥培管理の確立. 50年度茨城園試業務年報: 33-34.

5) 三井進午・麻生末雄・熊沢喜久雄(1951): 水稲根の養分吸収に対する硫化水素の影響について. 土肥誌, (22): 46-52.

6) 三井進午・熊沢喜久雄・石原達夫(1953): 水稲根の養分吸収に及ぼす硫化水素・青酸ナトリウム・窒化ナトリウム等呼吸酵素阻害物質並びに酪酸の影響に就いて. 土肥誌, (24): 45-50

7) 三井進午・矢崎仁也(1960): 作物中のCatalase(鉄酵素)とAscorbic acid oxidase(銅酵素)の存在と意義. 土肥誌, (31): 343-346.

8) 中島庸三(1927): 水生植物と鉄との関係(予報). 農学会報, (195): 316-324.

9) 太田保夫・中山正義(1971): 酸素供給資材としての過酸化カルシウムの農業上の利用. 農及園, (46): 869-872.

10) 高橋治助・柳沢宗雄・河野通佳・矢沢文雄・吉田武彦(1955): 作物の養分吸収に関する研究 水稲根に及ぼす培地酸素の影響. 農技研報告B, (4): 27-35.

- 11) 山田登(1952):過酸化石灰による作物に対する酸素の供給(予報).日作紀,(21):65-66.
- 12) 山崎伝・小菅伸郎(1967):硝安の施用時期と肥効について.日本硫安工業会編,追肥に関する土壤肥料研究集録:116-117.
- 13) 吉田武彦・高橋治助(1960):水稻根の各部位における呼吸作用および酵素活性の分布の特徴について.土肥誌,(31):423-426.
- 14) 吉田武彦・高橋治助(1967):PCPが水稻およびタイヌヒエの養分吸収に及ぼす影響.土肥誌,(38):342-344.