水稻の赤枯病に関する栄養生理的研究

V. 発病に伴う呼吸作用並びに二・三酵素作用力の変化*

馬場 赴・高橋保夫・稲田勝美

(農業技術研究所)

前報¹⁾に於て赤枯の発生に伴う呼吸作用の増進は ATP 生産を伴っていないことを推論し、又 terminal oxidase の転換を予想したのであるが、此の点を更に明かにするために実験を行った。

1. 実験方法 前報¹⁾と同じ土壌を用い、ポット栽培した水稻について +K, -K 区を設けて実験した。呼吸作用及び Cytochrome c oxidase⁵⁾は Warburg 検圧計により、Ascorbic acid oxidase は Hivon 等³⁾の方法を参考にした Indophenol 滴定法²⁾、Peroxidase は近藤、森田⁴⁾による guaiacol 法、Catalase は Euler & Josephson⁶⁾の方法を簡易化した KMnO₄ 滴定法²⁾によつた。粗酵素液は 10% homogenate を用いた。1956 年は 5 万分の 1 反ポットを用い、第 1 実験は農林 36 号を 5 月 7 日移植、第 2 実験は農林 22 号を 7 月 13 日移植し、1957 年は 2 万分の 1 反ポットを用い、農林 22 号を 7 月 4 日移植した。

Table 1. Changes in enzyme activities of leaf blade influenced by occurrence of the disease. (1956)

		Catalase			Peroxidase			Ascorbic acid oxidase			
		June 6	June 20	July 2	June 6	June 20	July 2	June 6	June 20	July 2	
1 st. Exp.	+K	Upper leaf	5650	3580	185		16.6	6.4		19.2	7.92
		Lower leaf	(100)	(100)	(100)	23.4	(100)	(100)	18.7	(100)	(100)
	-K	Upper leaf	6150	3600	743		15.3	8.9		11.0	10.00
		Lower leaf	(109)	(101)	(402)	29.7	(92)	(139)	10.9	(57)	(126)

10% homogenate solution was used for measurement of enzyme activity.

Catalase : Expressed as ml of N/200 KMnO₄ correspond to H₂O₂ decomposed during 5 min. at 20°C.

Peroxidase : Expressed as mg of tetra-guaiacol produced during 15 min. at 30°C.

Ascorbic acid oxidase : Expressed as mg of ascorbic acid oxidized during 30 min. at 25°C.

All values are expressed on one gram of fresh weight.

Upper leaf, here referred to includes upper two leaves extended completely and lower leaf does the next two, and in first exp. on June 6 and in second exp. upper three leaves were tested.

Numerals in the parenthesis indicate the values expressed as the percentage for -K plot.

2. 実験結果

及び考察

赤枯の発生は -K 区の下葉にみられた。1956 年第 1 実験では 6 月 6 日は未発生、6 月 20 日が最盛期、7 月 2 日は回復期であつた(成績省略)。第 2 実験及び 1957 年ではその発生の状況は第 1 図の如くである。又生育特に草丈の伸長は同図の如く赤枯の発生と共に悪くなつた。酵素作用力及び呼吸作用測定の結果は第 1 表、第 2 表のごとく、Catalase、Peroxidase は -K 区は +K 区に比べて概して活性が高ま

* 昭和 32 年 12 月 7 日 第 117 回講演会に於て発表

Table 2. Changes in enzyme activities and respiratory rate of leaf blade as influenced by the occurrence of the disease. (1957)

		Catalase			Peroxidase			Cytochrome c oxidase		
		July 20	Aug. 1	Aug. 15	July 20	Aug. 1	Aug. 15	July 20	Aug. 1	Aug. 15
+K	Upper leaf	4763 (100)	3825 (100)	875 (100)	28.6 (100)	35.7 (100)	10.3 (100)	420 (100)	435 (100)	242 (100)
	Lower leaf	3288 (100)	2900 (100)	1650 (100)	40.7 (100)	65.9 (100)	53.4 (100)	569 (100)	565 (100)	318 (100)
-K	Upper leaf	5788 (122)	4525 (118)	2600 (297)	34.6 (121)	42.3 (119)	23.3 (232)	413 (98)	334 (77)	270 (112)
	Lower leaf	3850 (117)	3275 (113)	4250 (258)	48.9 (120)	114.6 (174)	99.6 (187)	588 (103)	437 (77)	261 (82)

		July 23				July 31			
		QO ₂	Q _{CO₂} ^{O₂}	Q _{CO₂} ^{N₂}	RQ	QO ₂	Q _{CO₂} ^{O₂}	Q _{CO₂} ^{N₂}	RQ
+K	Upper leaf	342 (100)	331 (100)		0.97	625 (100)	550 (100)	333 (100)	0.88
	Lower leaf	316 (100)	326 (100)		1.03	611 (100)	524 (100)	338 (100)	0.86
-K	Upper leaf	394 (115)	401 (121)		1.02	682 (109)	580 (105)	352 (106)	0.85
	Lower leaf	381 (121)	404 (124)		1.06	800 (131)	615 (117)	291 (86)	0.77

		Aug. 3				Aug. 14			
		QO ₂	Q _{CO₂} ^{O₂}	Q _{CO₂} ^{N₂}	RQ	QO ₂	Q _{CO₂} ^{O₂}	Q _{CO₂} ^{N₂}	RQ
+K	Upper leaf	526 (100)	493 (100)	313 (100)	0.92	1.57 (100)	440 (100)	421 (100)	317 (100)
	Lower leaf	537 (100)	483 (100)	299 (100)	0.92	1.62 (100)	447 (100)	397 (100)	318 (100)
-K	Upper leaf	519 (99)	465 (94)	342 (109)	0.90	1.36 (87)	419 (95)	399 (95)	329 (104)
	Lower leaf	745 (139)	611 (127)	314 (105)	0.82	1.95 (120)	574 (128)	468 (118)	362 (114)

Catalase and peroxidase are represented by the same unit as in Table 1.

Cytochrome c oxidase was measured by using Warburg manometer and expressed as μ l of O₂ consumed during 1 hr. by 1 g of fresh weight.

Respiratory rate is expressed as μ l of O₂ consumed and CO₂ liberated during 1 hr. by 1 g of fresh weight.

Q_{CO₂}^{N₂} indicates quantity of CO₂ liberated in N₂ gas.

Numerals in the parenthesis: See the note in table 1.

Upper leaf, here referred to is the upper most one among the completely extended leaves and lower leaf is the second next or the third next one.

は下葉に於ては-K区が7月31日、8月3日の赤枯の発生が多かつた時期に+K区より高く、之に対して上葉に於ては-K区の方がむしろやや低く、又下葉に於ても回復期である8月14日には-K区と+K区の差は少かつた。鈴木等⁷⁾は甘藷の紫紋羽病感染組織に於て抵抗が弱つてくると呼吸の増大が著しくみられるのにも拘らず $Q_{CO_2}^{O_2} / Q_{CO_2}^{N_2}$ が増加しており、又此の場合無機燐が多くなることから Pasteur 効果の消失によつて燐酸を有機化する能率が極めて低いことを考察している。本実験に於ても赤枯の発生している下葉に於て赤枯の発生最盛期には呼吸の増進と共に $Q_{CO_2}^{O_2} / Q_{CO_2}^{N_2}$ が大となつており、Pasteur 効果が減少しているために呼吸の増進にも拘らず oxidative phosphorylation の点からみて効率は必ずしも高くないと思はれる。又 Cytochrome c oxidase や Ascorbic acid oxidase の作用が低下して、Peroxidase や Catalase の作用が増進していることから、赤枯の発生に伴つて terminal oxidase として H₂O₂ を生成する flavin 酵素が Cytochrome c oxidase や Ascorbic acid oxidase 等の金属酵素に代つてることが予想される。鈴木等⁸⁾も紫紋羽病に於て抵抗の強い場合は金属酵

り、之に反して Cytochrome c oxidase, Ascorbic acid oxidase は赤枯の最盛期には+K区に比べてその活性が低下した。呼吸作用は下葉に於ては-K区が+K区に比べて赤枯の発生する前から高く、発生と共に特に酸素吸収が高まり、回復期に入つても此の傾向は続いた。上葉に於ては発生する前は-K区が高かつたが、発生期に入つては+K区との差は著しくなかつた。下葉に於て酸素吸収が特に増進した結果、赤枯の発生がみられるようになってから-K区の下葉の RQ は他の葉に比べて低い傾向がみられた。

$Q_{CO_2}^{O_2} / Q_{CO_2}^{N_2}$

Fig. 1. Growth and degree of the disease occurrence.

はいろいろの原因が考えられるが、前報¹⁾に於て考察した如く酸化因子による解糖過程の Warburg-Dickens-Horecker 系への変化が褐変への一つの段階であるとするならば、吸収された酸素が単なる酸化作用に消費されている部分もあり得ると考えられる。

引用文献

- 1) 馬場等：日作紀，**26**，1，1957.
- 2) 馬場等：農研生理第二研究室昭和 31 年度成績その 4，1957.
- 3) Hivon, K. J. et al. : Soil Sci., **71**, 353, 1951.
- 4) 近藤，森田：京大食研報告，**4**，12，1951.
- 5) 瀬屑，奥貫，関根等編：続ワールブルグ検圧計，82，1955.
- 6) 白川，江上等編：標準生化学実験法，325，1953.
- 7) 鈴木等：植病報，**21**，175，1956.
- 8) 鈴木等：農研病理科中間報告，**10**，129，1957.

Studies on the Nutrition of the Rice Plant with Reference to the Occurrence of the so-called "Akagare" Disease.

V. Changes in the respiratory rate and activities of some enzymes as affected by the occurrence of the disease

Isamu BABA, Yasuo TAKAHASHI and Katsumi INADA.

(National Institute of Agricultural Sciences)

Summary

Changes in the respiratory rate and activities of cytochrome c oxidase, ascorbic acid oxidase, peroxidase and catalase of leaf blade as affected by the occurrence of the disease were examined using the rice plants cultured by pot experiment method with and without potassium supply, employing the actual paddy field soil on which the disease habitually occurs. Want of potassium caused the disease on lower leaves. Respiratory rate especially that of lower leaf was promoted by the occurrence of the disease and peroxidase and catalase activities were also promoted, but the activities of cytochrome c oxidase and ascorbic acid oxidase declined. These facts indicate that flavin enzymes act as terminal oxidase accompanying with production of H_2O_2 , in place of metallic enzymes such as cytochrome c oxidase and ascorbic acid oxidase. When the ratio of $Q_{CO_2}^{O_2}/Q_{CO_2}^{N_2}$ is near to 1 the Pasteur effect exists, and it is said⁷⁾ that in such a case the reaction of oxidative phosphorylation might likely be active whereas the increase of this value indicates the decrease of this effect and so the oxidative phosphorylation is supposed to decline. The value $Q_{CO_2}^{O_2}/Q_{CO_2}^{N_2}$ of the lower leaf suffered by the disease was as high as two. From these results the promoted respiratory rate due to the occurrence of the disease seems to be accompanied with conversion of terminal oxidase and is supposed to be less efficient for oxidative phosphorylation, on which the further study will be focused.

素が terminal oxidase として働くが弱つてくると flavin が之に代るとしてゐる。結局赤枯の発生に伴う呼吸の異常昂進は呼吸系が oxidative phosphorylation の低い系に転換したためであると思われるが此の点については更に研究を進める必要がある。尚赤枯の発生に伴う RQ の低下について