水稲根の鉄皮膜形成に関する研究

(V) 異常条件下における鉄皮膜形成*

俣野敏子・長井保

(京都大学農学部)

前報^{5,4)}において筆者達はつぎの事実を報告した。

(1) 正常な水田条件下で栽培した水稲の生育にしたがつて鉄皮膜形成と三要素吸収、全生育量(乾物重)を測定したが、これらの値の時間当り、単位重当りの増加は相互に密接な平行関係を示す。(2) 水耕植物を用いた場合、鉄皮膜形成と根による培地の Fe^{++} の酸化、収着 (Sorption) および全生育量の時間当り、単位重当りの増加は密接な平行関係を示す。(3) 鉄皮膜は培地の Fe^{++} を酸化、吸着したものが主体である。(4) 根の Fe^{++} 酸化、収着は培地中の Fe^{++} 濃度によっても決定される。これらの事実からある測定時の鉄皮膜量はその時まで水稲体が営んだ全代謝と比例的関係にあるものであると判定した。本実験は生育中に与えられた各種の異常条件によつて鉄皮膜形成 (FCF) がいかに影響されるかをみようとするものである。

実験材料と方法

与えた異常条件は下記実験 (A-E) に示す通りである。各実験の過程はその中に略述する。供試品種、処理、採取時日等については、各実験の結果を示す図の脚注を参照されたい。

(A) 剪葉が FCF、根の Fe^{++} 酸化、収着力に及ぼす影響:

A₁ 圃場栽培→剪葉→採取→FCF 測定

A₂ 水耕→採取→剪葉、根部を Fe^{++} 溶液 (FeSO_4 8 ppm を含む) に浸漬 (24 時間)→残液によつて根の Fe^{++} 酸化、収着力の測定

A₃, A₂ と同じ(時間を追つて変化をみた)

(B) 葉イモチ罹病が FCF に及ぼす影響:

圃場栽培→罹病個体採取→FCF 測定

(C) 土壌温度が FCF、根の Fe^{++} 酸化、収着力に及ぼす影響:

C₁ ポット土耕→温度処理 (23°, 28°, 33°C)→採取→土壌中の Fe^{++} 量と FCF の測定

C₂ 水耕→温度処理 (20°, 30°C)→採取→ Fe^{++} 溶液に根を浸す→酸化、収着力の測定

(D) 土壌還元が FCF に及ぼす影響:

ポット土耕→デン粉添加(土壌重量の 0.3%)→採取→FCF 測定

(E) 要素欠除が FCF、根の Fe^{++} 酸化、収着力に及ぼす影響:

E₁ 水耕→移植, -N, -P, -K 液で水耕採取

→ Fe^{++} 溶液に根を浸す→酸化、収着力の測定

E₂ -N 液にて水耕→採取→ Fe^{++} 溶液に根を浸す→酸化、収着力の測定

これらの実験は (1) 一定の Fe^{++} 濃度をもつ培地に異常条件を与えた植物の根部を浸ける, (2) 異常条件を与えることによつて植物体の活性と培地中の Fe^{++} 濃度が変化する, の二つの場合に分けられる。

つぎに FCF 測定法その他を略述する。

(1) FCF 測定法⁵⁾: 定量の根を 0.5N-HCl で煮沸, 鉄皮膜をおとして O-phenanthroline 法により比色定量。

(2) 根の Fe^{++} 酸化、収着力の測定法⁴⁾: (a) 根の Fe^{++} 収着量=(標準区の残液中の全 Fe 量)-(処理区の残液中の全 Fe 量), (b) 根の Fe^{++} 酸化量=(収着量)+(液中に溶存する根による酸化鉄量)(注: 標準区とは植物のない区, 処理区とは植物の根部を浸けた区)

(3) 土壌中の Fe^{++} 量測定法⁷⁾: 採取土壌に 100 ml の 1M $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}$ を加えて振とう後濾過, 濾液中の Fe^{++} 量を O-phenanthroline 法によつて比色定量。

実験結果と考察: 各実験の結果は図 1~9 に示す通りである。各々について以下結果と考察を概述する。

(A) 剪葉が FCF、根の Fe^{++} 酸化、収着力に及ぼす影響: 第 1 図に示すように剪葉によつて無剪葉と比べて FCF の増大または減少がみられる。剪葉程度がきびしい場合は減少する。山田⁸⁾ は剪葉処理はより新しい根の呼吸率を増加させるが、一般に剪葉によつて地上部から根部への呼吸基質供給の減退が考えられ、根の呼吸率を減少させるという。佐藤⁹⁾ は茎葉の切除は発根を促進させることを報じた。これらの事実から剪葉処理が根部の生理に影響を与えることを予想させる。すなわち第 2 図が示すように、剪葉処理は根部の Fe^{++} 酸化、収着力を増大または減少させた。処理がきびしい場合ほど減少は著しい。この点は前実験と同様の結果を示す。さらに第 3 図は剪葉後 24 時間内の根の酸化、収着力の変化を示すが、剪葉後早い時間にこれら生理力の一時的増大がみられ、その後時間の経過とともに減退する。すなわち剪葉の影響は地上部から根部に及び、根部の Fe^{++} 酸化、収着力の変化となる。これは FCF の差として現われる。

(B) 葉イモチ罹病が FCF に及ぼす影響: 滋賀県下で採取した葉イモチ罹病個体の根部の FCF は、第 4 図にみられるように明らかに健全個体のそれよりも大きかつた。これら個体の採取は小範囲の圃場内で行

* 昭和 38 年 11 月 23 日受理

ない、土壌の含有鉄量の差が結果に及ぼすことを避けた。この場合前実験と同様葉の同化面積の減少と他に病菌毒素の根への影響が予想される。

(C) 土壌温度が FCF、根の Fe^{++} 酸化、収着力に及ぼす影響: 第5図が示すように土壌温度が高いほど根の FCF は大きく、かつ土壌中の Fe^{++} 生成量も多い。したがって FCF は土壌の Fe^{++} 量によつて決定されることは前報⁴⁾の結果と等しい。一方第6図が示すように、20°C と 30°C で生育した植物の根の Fe^{++} 酸化、収着力を26日間に亘つて測定すると、最初高温区の方が低温区より高いが、時間とともに減退してほぼ等しい値を取つた。これらの結果から根の FCF は土壌中の Fe^{++} 量によるだけでなく、温度の影響

も受け、これを記録するものといえよう。

(D) 土壌還元が FCF に与える影響: 第7図が示すように、供試両品種ともに出穂直後に採取した根部の FCF は明らかに人為的に還元状態においた場合に大きかつた。このことは前実験(c)と同様生成された Fe^{++} 量の増大と植物体の異常によるものと想定される。

(E) 要素欠除が根の Fe^{++} 酸化、収着力に及ぼす影響: 第8図は30日苗を1カ月間要素欠除状態で水耕した場合の根の Fe^{++} 酸化、収着力を示すが、-N、-P 区は明らかに両作用とも完全区に比べて増大し、-K 区では減少した。栄養異常が生育の異常を起し、根の酸化、収着力にも影響を及ぼしたといえよう。また第9図でみるように、15日苗をN欠除状態におくと、実験全期を通じて根部の酸化、収着力

C-not defoliated, D-defoliated.

Fig. 1. Change of ferrous coating formation due to defoliation

Note: Var. used, Nakate-shinsenbon: sown Jun. 2 in normal paddy field: defoliated Aug. 12 and sampled after 10 days. Data indicated in all of figures are F. C. F. (γ) per unit dry weight of roots.

D-defoliated, Ex-excised roots

Fig. 2. Fe^{++} oxidation and sorption in roots of defoliated plants

Note: 50 days old seedlings of solution cultured Norin-1 were used.

Fig. 3. Changes of Fe^{++} oxidation and sorption in roots of defoliated plants

Note: 30 days old seedlings of solution cultured Norin-1 were used. Data calculated as non-defoliated is 100.

H-healthy, I-infected.

Fig. 4. Ferrous coating formation in plants infected by leaf-blast

Note: Var. used, Kohoku-kei 3: planted Jun. 17 and sampled Aug. 1.

Fig. 5. Fe⁺⁺ concentration in soils and F.C.F. in roots under different soil temperature conditions

Note: Var. used, Norin-29; treated Jul. 10 and sampled Aug. 9.

Fig. 6. Changes of Fe⁺⁺ oxidation and sorption in roots at different soil temperatures

Note: 40 days old seedlings of var. Norin-1 were used.

は完全区より少であつた。この二つの結果から根部の生理作用に及ぼす要素欠除の影響は、欠除した要素の種類により、また苗令によつて異なることがわかる。

いずれにせよ上述の諸種の異常条件が地上部または根部の生理に異常を与えて、その結果根の鉄皮膜形成の上に現われることがわかつた。Hackett^{1,2,3)} その他によると、病害、栄養障害等の異常は葉の呼吸および呼吸酵素の高まりを報告しているが、こうした生理的影響が地上部から根部へも波及して、その結果根部の生

Fig. 7. Plant growth (dry weight) and F.C.F. in roots grown in artificially deoxidized soils

Note: Soil reduction were made by adding 0.3% of starch in weight of soils every 30 days till heading.

Var. used, Norin-1 and Kinugasa-wase,

Fig. 8. Fe⁺⁺ oxidation and sorption in roots of plants grown under nutrient deficiencies

Note: 30 days old seedlings of var. Norin-1 were grown for a month in each solution from which N, P, and K were removed.

Fig. 9. Changes of Fe⁺⁺ oxidation and sorption in roots under nitrogen deficiency

Note: 15 days old seedlings of var. Norin-1 were grown in N deficiency

理にも変化が起ることがありうるといえよう。すなわち根部の Fe^{++} 酸化, 収着力の変化, ひいては鉄皮膜形成の上に現われた。したがってその変化を鉄皮膜形成の形で記録したといつて疑いの余地はないといえる。

引用文献

1. 馬場起・高橋保夫・稲田勝美 1957. 水稻の赤枯病に関する栄養生理的研究. 第 IV 報 栽培条件による赤枯病発生の差異並びにその体内代謝との関係. 日作紀 26: 1—2
2. Bawden, F.C. 1959 Physiology of Virus disease. Ann. Rev. Plant Physiol. 10: 239—256
3. Hackett, D.P. 1959. Respiratory Mechanisms in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 10: 113—146
4. 俣野敏子・長井保 1963. 水稻根における鉄皮膜形成に関する研究 IV 二価鉄酸化力と鉄皮膜形成 日作紀 31: 389—392
5. 長井保・俣野敏子 1961. 根の特性からみた栽培稲品種 VI 鉄皮膜形成と三要素吸収 日作紀 29: 191—194
6. 佐藤健吉 1942. 水稻苗の地上部剪除による発根促進に関する研究 I. 水稻苗の地上部剪除による発根促進に就いて 日作紀 13: 229—238
7. 高井康雄・加村崇雄・足立勇 1958. 水田土壌における鉄化合物の行動について (第 2 報) Fe^{II} 溶出条件の再検討 土肥誌 29: 216—220
8. 山田登 根の呼吸に及ぼす地上部の影響. 戸蒔義次他編 作物生理講座 朝倉書店 5: 101—103

Studies on the Ferreous Coating Formation in Roots of Rice Plants

(V) Ferreous coating formation in plants grown under abnormal conditions

Toshiko MATANO and Tamotsu MAGAI

(Faculty of Agr., Kyoto University)

Summary

As is previously reported, we have made clear that; (1) Ferreous coating formation (F.C.F.) in roots of rice plants proceeded parallelly with nutrients absorption (N, P, and K) and production of the whole dry weight, (2) F.C.F. was closely correlated with the oxidation and sorption of Fe^{++} in media by roots, (3) Ferreous coating was mainly made with Fe^{++} oxidized and sorbed by roots and (4) The oxidation and sorption of Fe^{++} were also influenced by Fe^{++} concentration in media.

So far as it was concerned, physiological activities conducted by plant from the beginning to a certain period of the growth may be proportionally recorded by F.C.F. measured at that period. This paper dealt with how F.C.F. is affected when plants are grown under abnormal conditions.

Experiments are consisted of those mentioned below; (A) Effects of defoliation, (B) the same of leaf-blast infection, (C) the same of different soil temperatures, (D) the same of soils artificially deoxidized and (E) the same of nutrient deficiencies upon F.C.F., Fe^{++} oxidation and sorption in roots. F.C.F. in roots were washed away by 0.5 N-HCl and then colorimetrically determined by O-phenanthroline method. Fe^{++} oxidation and sorption by roots were estimated by determining concentration of Fe^{++} remained in FeSO_4 solution, in which roots to be tested were soaked for 24 hrs. In addition, Fe^{++} concentrations in soils were also colorimetrically measured in filtrates, after soils were shaken with 1M CH_3COONa solution.

Main results obtained are as follows: (A) According to the grades of defoliation, F.C.F. in roots were either increased or decreased against non-defoliated (Fig. 1). The same resulted in Fe^{++} oxidation and sorption by roots (Fig. 2). In testing these physiological changes (Fig. 3), a temporary rise of activities was found in defoliated plots. (B) When plants were infected by leaf-blast, F.C.F. in roots was also increased (Fig. 4). (C) The higher the soil temperature, the more F.C.F. in roots and Fe^{++} in soils were produced (Fig. 5). From this fact, F.C.F. in roots may be determined by amounts of Fe^{++} in soils. But as illustrated in Fig. 6, when Fe^{++} oxidation

and sorption were measured, the higher temperature plot indicated higher physiological activities in contrast to the lower temperature and then activities decreased up to nearly equal values. From these it is clear that not only Fe^{++} amounts in soils but also the temperature affected F.C.F. in roots. (D) In artificially deoxidized soils, F.C.F. in roots of two varieties were similarly increased, notwithstanding the reduced plant growth (Fig. 7). (E) Nutrient deficiencies such as -N and -P made Fe^{++} oxidation and sorption in roots more active, but -K plot less active against complete nutrients plot (Fig. 8). This fact was obtained by using 30 days old seedling, but it was quite reverse when younger plants were used (Fig. 9). When abnormal conditions as mentioned above were given to plants, certain kinds of physiological activation or retardation may occur in infected or damaged parts, from where those effects may reach other parts, for instance, from top to roots. These facts were already recognized by some workers, just as activated or inactivated respiration in roots due to defoliation and others. From our results we can make an assumption again that such physiological changes happened in top or roots due to treatments may be recorded in the form of ferrous coating.