作物の根毛に於ける原形質流動に関する研究*

土井 彌太郎

(農林省農事試験場)

Protoplasmic streaming in root hairs of crop plants. Y. Doi.

摘 要

(1) 稻をはじめ数作物の幼苗の根に就いて、全く傷害を與えることなく顯微鏡下に於いて生體觀察が容易に出来、且つ種々の温度の下に根毛の原形質流動速度を測定出来る装置を工夫した。

(2) 原形質流動の速度は温度の上昇と共に略々指數曲線的に増加した。然し或る温度を超えれば却つて速度が減少した。10—25°C の間に於いて温度係数 Q_{10} は水稻の場合に 2.0, 小麥の場合に 1.6 であつた。

(3) 稻に於いて測定前の育苗温度が相違し(15, 20, 25°C.)た場合に、流動速度に影響がなかつた。

(4) 最大流動速度を示す温度は作物の種類によつて異つた。井戸水 (pH 6.6) 中で、トウモロコシ・陸稻・水稻・トマト・キウリは 33°C, 小麥は 32°C., ホウレンソウは 30°C, 裸麥は 30—29°C., 皮麥・ダイコンは 29°C, ナタネは 27°C であつた。故に此の温度は夏作物に於いて高く、冬作物に於いて低いことが明らかになつた。

(5) 原形質流動速度は作物の種類によつて異つた。20°C の井戸水 (pH 6.6) 中に於いて小麥・皮麥・裸麥・陸稻・水稻は速度が大 (6—8 μ /sec.), トマト・ナタネ・トウモロコシは中 (5—6 μ /sec.), ホウレンソウ・ダイコン・キウリは小 (4—5 μ /sec.) であつた。

(6) 稻及び小麥に於いて流動速度の品種間差異は僅かに認められた。然し最大流動速度を示す温度に関する品種間差異は認められなかつた。

(7) 流動は高温に於いて停止したが、その温度は稻の場合は 40—45°C であつた。またその温度は、比較的南方に栽培される稻の品種や夏作物に於いて稍高く、比較的北方に栽培される稻の品種や冬作物に於いて稍低い傾向が略々認められた。

(8) 或限界以下の高温に於いて流動が停止した場合は、温度が下降した後に流動が回復した。而して稻に於いて 45°C 以上に昇温した時は流動が回復しなかつた。

(9) また流動は低温に於いて停止したが、その温度は稻の場合に 0—10°C であつた。

(10) 稻に於いて 0—2°C に冷却した時に、浸漬水が氷結しない限り、また急に昇温しない限り、温度の上昇と共に流動が回復した。

(11) 稻の流動速度は極めて稀薄な過酸化水素水 (H_2O_2 : 0.00003—0.000003% 井戸水溶液) 中に於いて僅かに増加した。然しその濃度が稍高くなれば (H_2O_2 : 0.003%) 流動が停止した。

(12) 稻の流動速度は極めて稀薄な硫化水素水 (0.000009 モル蒸溜水溶液) 中に於いても減少した。而してその濃度が僅かに高くなれば (0.000625 モル) 流動が停止した。

(13) 稻, 小麥, 裸麥の流動速度は稀薄な青酸加里液 (0.0001 モル井戸水溶液) 中に於いて減少した。而してその濃度が僅かに高くなれば (0.001 モル) 流動が停止した。

(14) 稻の流動速度は煮沸した井戸水に長時間浸漬した場合に著しく減少した。

(15) 稻に於いて最大流動速度を示す温度は稀薄な過酸化水素水に浸漬した場合には上昇した。之に反して井戸水に長時間浸漬した場合及び稀薄な青酸加里液に浸漬した場合には降下した。

(16) 水中發根 (水耕) 及び空中發根 (濾紙上) と流動速度との關係をみるに、温度の上昇に従つて水稻

* 昭和 23 年 11 月 13 日 第 81 回講演會に於いて發表 同日受理

では前者の速度が僅かに大、小麥と皮麥では後者の速度が僅かに大になり、陸稻では中間であつた。然し各作物共最大流動速度を示す温度は變化しなかつた。

(17) 稻に於いては pH 4.0 以下及び 10.4 以上の井戸水中で流動が停止する根毛が現れはじめ、pH 1.4 では原形質の凝固のためか全根毛が流動を停止し、pH 10.5 では全根毛の原形質が溶解して流動が認められなくなつた。

(18) 酸性の井戸水中に於いて流動が停止する pH は水稻の場合が最小、小麥の場合は之につき、皮麥・裸麥の場合は最大であつた。即ち酸性土壌に對する抵抗性の強い作物に於いてはその pH が小であつた。

(19) 稻に於いて最大流動速度を示す温度は井戸水の pH が大になるに従つて僅かに上昇し、逆に pH が小になるに従つて僅かに降下した。

(20) 稻・小麥・皮麥に於いて流動速度は pH によつて僅かに變化した。而して流動速度に對する pH の影響は作物の種類及び品種によつて異つた。

(21) 稻の根毛に於ける原形質流動停止と原形質分離の限界濃度が3種の化學物質を用いて實驗された。硫酸アンモニアに就いては前者が稍低濃度で起り、鹽化ナトリウムに就いては兩者に對する濃度が殆んど等しく、サツカロースに就いては前者が明らかに高濃度で起つた。

(22) 稻の流動速度は稀薄な硫酸アンモニア液 (0.001 モル井戸水溶液) 中に於いて僅かに増加した。而してその濃度は地上部の生育最適濃度と略々合致した。

(23) 稻の流動速度は蒸留水中に於いては井戸水中に於けるよりも僅かに減少した。

(24) 稻の流動速度は α -ナフタレン醋酸 (0.0001—0.00001%) 及び β -インドール醋酸 (0.01%) の井戸水溶液中に於いて増加した。而してそれらの濃度は既に知られている有効な使用濃度と略々合致した。なおその濃度が稍高くなれば流動が停止した (α -ナフタレン醋酸 : 0.01%)。

(25) 稻に於いて流動停止根毛の大多數は中性赤によつて染色しなかつたが、流動根毛は總て染色した。

(26) 高温・低温・化學物質等の障害により流動が停止する時は多くの場合根毛細胞に原形質の膨潤及び液胞收縮が起り、それに伴つて原形質の隔壁が現れた。

(詳細は農林省農事試験場報告に掲載)

Summary

1. An apparatus was devised to facilitate vital observation, without injury, of seedling roots of rice and several other crop plants under a microscope, and to measure the rate of protoplasmic streaming in the root hairs under various temperature conditions.

2. The rate of protoplasmic streaming increased with temperature in an exponential curve, but above certain temperature, the rate began to decrease. Between 10°C. and 25°C., Q_{10} values were 2.0 in rice plant and 1.6 in wheat plant.

3. The difference in the cultivating temperature (15, 20, 25°C.) before the measurement had no effect on the rate of streaming in rice plant.

4. The temperature at which the maximum streaming rate was observed differed with species of crop plants. In wellwater (pH 6.6), it was 33°C. for corn, upland rice, paddy rice, tomato and cucumber; 32°C. for wheat; 30°C. for spinach; 29-30°C. for naked barley; 29°C. for barley and radish; and 27°C. for rape. Thus, it was found that the temperature was high in summer crop plants and low in winter ones.

5. The rate of protoplasmic streaming differed with species of plants. In wellwater (pH 6.6) of 20°C., the rate was rapid (6-8 μ /sec.) for wheat, barley, naked barley, upland rice and paddy rice; moderate (5-6 μ /sec.) for tomato, rape and corn; and slow (4-5 μ /sec.) for spinach, radish and cucumber.

6. A slight varietal difference of streaming rate was observed in varieties of rice and wheat plants, but the temperatures for maximum rate did not differ with varieties.

7. The streaming was observed to stop at high temperature, within 40-45°C. with rice

plant. The temperature was somewhat higher with the southern rice varieties or summer crop plants than with the northern rice varieties or winter crop plants.

8. Under certain limit of temperature, the streaming stopped at high temperature and recovered after the lowering of temperature, but it failed to recover, if the temperature exceeded 45°C ., with rice plant.

9. The streaming was also observed to stop at low temperature within $0-10^{\circ}\text{C}$., with rice plant.

10. When the temperature was lowered to $0--2^{\circ}\text{C}$. with rice plant, the streaming recovered as the temperature rose if the water did not freeze and the temperature did not rise suddenly.

11. The rate of streaming in rice plant increased somewhat in dilute solution of H_2O_2 ($0.00003-0.000003\%$) in wellwater, but in a higher concentration (0.003%) the streaming stopped.

12. The rate in rice plant decreased in dilute H_2S solution (0.000009 mol) and in a slightly higher concentration (0.000625 mol) the streaming stopped.

13. The rate in rice, wheat and barley plants decreased in dilute solution of KCN (0.0001 mol) in wellwater and in a slightly higher concentration (0.001 mol) the streaming stopped.

14. The rate in rice plant in boiled wellwater decreased after prolonged submersion.

15. The temperature for maximum rate in rice plant was slightly higher in dilute H_2O_2 solution, but it was lower in wellwater (after prolonged submersion) or in dilute KCN solution.

16. The rates of streaming in the roots which had grown in wellwater or in air (on moist filter paper) were observed respectively. With paddy rice, the rate at high temperature was more rapid in the former than in the latter. With wheat and barley, however, it was more rapid in the latter. With upland rice, the tendency was intermediate. The temperature for maximum rate did not differ between the plants cultured under both conditions.

17. The number of streaming root hairs in rice plant decreased under pH 4.0 and over pH 10.4, in wellwater. The streaming stopped completely at pH 1.4 as the result of coagulation of the protoplasm. At pH 10.5 the protoplasm of all root hairs dissolved.

18. The pH values of acid wellwater for protoplasmic streaming stoppage were lowest with rice plant, highest with barley and intermediate with wheat. Thus, it was found that the crop plants resistant to soil acidity had relatively low pH values.

19. The temperature for maximum rate in rice plant slightly rose with the increase of the pH in wellwater, and slightly fell with its decrease.

20. The rate of streaming in rice, wheat and barley plants changed slightly with the pH. The effect of pH on the rate of streaming differed with species and varieties of crop plants.

21. Critical concentrations of three chemical substances for the protoplasmic streaming stoppage and the plasmolysis in root hairs of rice plant were observed; with $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, the concentration for the former was a little lower than for the latter; with NaCl, both were nearly same; and with sucrose, it was distinctly higher for the former.

22. The rate of streaming in rice plant increased somewhat in adequately diluted solution of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (0.001 mol) in wellwater and this was found to be the optimum concentration for the top growth of rice plant.

23. The rate in rice plant slightly decreased in distilled water as compared to wellwater.

24. The rate in rice plant increased in adequately diluted solution of growth substances (α -naphthalene acetic acid, $0.0001-0.00001\%$, β -indole acetic acid, 0.01%) in wellwater, and the concentration coincided with the efficient concentration already known, but in a higher concentration (α -naphthalene acetic acid, 0.01%) the streaming stopped.

25. The root hairs showing no protoplasmic streaming in rice plant did not stain generally with neutral red, the streaming root hairs, however, stained definitely.

26. When the streaming was inhibited by high or low temperatures, chemical substances, and etc., protoplasmic partitions usually appeared accompanied by protoplasmic swelling and vacuolar contraction in root hair cells.