水 稻 の 登 熟 に 及 ぼ す 粃 殻 の 役 割

第 5 報 粃殻からの水分損失と米粒の発育について

徐 錫 元・太 田 保 夫

(農林水産省農業技術研究所)

昭和 57 年 1 月 30 日受理

水稻の乳熟期に水分の供給をたつと、稔実粃よりも不稔粃の方が早期に水分を消失して白化すること^{6,11)}や、受精粃を受精後切頭すると本来の粃よりも粒重が小さくなること²⁾は古くから知られている。また、台風による粃の鈎合不完全は米粒の発育を阻害する¹¹⁾。さらに出穂後切頭した粃の登熟歩合は、葉身を 1/2 切除したものより低いことが報告¹¹⁾されている。

これらのことは、米粒が発育する際、粃殻は粃内からの水分蒸散を積極的に抑制し、粃内の湿度を米粒の発育に好適に保つ働きのある可能性を強く示唆している。しかし、これまで登熟期における粃および粃殻の水分代謝が米粒の発育に及ぼす影響について論じた報告はまだみられない。

著者らは、粃殻がたんなる乾物収納の受け入れ器官としてではなく、米粒の発育に積極的な役割を果たす器官であるとの観点から^{5,6,7)}、米粒の発育と関連づけながら粃殻の水分損失について、稔実粃と不稔粃、正常粃と奇型粃について比較すると共に水分蒸散¹²⁾に影響する珪酸施用および空中湿度についても検討した。

実験材料および方法

第 1 実験 不稔粃と稔実粃およびその粃殻の水分損失

1981 年圃場で慣行栽培した日・印交雑品種の「密陽 23 号 (Milyang 23)」を供試し、8 月 31 日に出穂した穂を出穂 7, 14 および 21 日後に採取し、それぞれ上位 1 次枝梗の上から数えて第 4, 5, 6 番目に着生する粃を調査試料とした。これらを、稔実粃と不稔粃および稔実粃から米粒を除いた稔実粃殻に手早く分け、おのおの 50 粒ずつ採取し、採取直後から 15 分ごとに水分損失量を生体重の変化で調査した。調査終了後、試料を乾燥して乾燥重を求めた。

第 2 実験 正常粃と奇型粃の水分損失

同一穂内の粃であっても、その中には形が正常の粃の他に、形のゆがんだ粃やねじれている粃（以後、これらを奇型粃と称する。）が存在することはしばしば

みられる。この奇型粃は、開花後の鈎合が正常粃のように円滑に行なわれにくく、水分損失量に大きな違いが予想されるので本調査を実施した。

1981 年、1/5,000 a ワグネルポットに晩植し、ガラス室内で栽培した水稻品種「コンヒカリ」を供試し、上位 1 次枝梗上の穎花の開花最盛期にこれらの粃に印をつけ、開花 2 (11 月 14 日) および 4 (11 月 16 日) 日後に奇型粃と正常粃に分け採取し、採取直後および採取 1 時間後に生体重を測定し、測定終了後乾燥重を求めた。

第 3 実験 穂の水分損失に及ぼす珪酸の影響

1981 年 7 月 29 日、農業技術研究所の実験圃場から生育中のイネを抜き取り、よく泥を洗い落して旧根を根ぎわ 1~2 cm を残して剪除し、1/2,000 a ワグネルポットに多少深水（約 10 cm）になるように稈基部を浸し、地上部の萎凋を防ぎながら新根の発生を促した。新根が 5 cm 以上に達した 8 月 5 日より馬場氏の方法¹⁾により水耕した。ポットは 1/2,000 a ワグネルポットで 3 株ずつ移植した。

試験区は水ガラスを用い、珪酸濃度を(-Si 区)、150 (標準区)、450(3 Si 区)ppm の 3 段階とし、pH を 4.5 に調節した。なお、水耕液は 1 週間ごとに更新した。

出穂期の 9 月 7 日に出穂した各区の穂を切り取り（生体重として約 10 g）、生体重の変化および水分の蒸散量を経時的に測定した。

第 4 実験 米粒の発育に及ぼす空中湿度の影響

1981 年、1/5,000 a ワグネルポットを用い、ガラス室内で栽培したインド型浮き稲品種「Kwianhak」を供試した（出穂期：12 月 19 日）。12 月 22 日に子房の長さが 1 mm 程度になった粃のほぼ中央部をはさみで切頭し、切頭後、穂全体をパラフィン紙の袋で覆う区と覆わない区を設け、これらをさらに湿度 50%（低湿度区）と 80%（高湿度区）に設定した人工気象室に搬入し栽培した。なお両湿度区の気温は昼（6 時~18 時）：27°C、夜（18 時~翌朝 6 時）：21°C、風速は 1.8 m/分、昼の照度は 39,800 lx であった。

Fig. 1. Changes in the fresh weight of hull and grains after detaching from panicle sampled at 7(A), 14(B) and 21(C) days after heading.

Note, $\square$ — $\square$ fertile grain
 $\circ$ — $\circ$ hull of fertile grain
 $\bullet$ — $\bullet$ sterile grain

Fig. 2. Changes in the rate of water loss in hull and grain sampled at three different stages of development.

Note, Symbols are the same as in Fig. 1.

切穎後 18 日目の 1982 年 1 月 9 日に 1 区 20 粒ずつを採取し、米粒の長さとしをそれぞれ調査した。

実験結果

第1実験 不稔粒と稔実粒およびその粒殻の水分損失

第1, 2図に示したように、出穂7, 14 および 21 日後のいずれの時期とも、稔実粒殻は不稔粒よりも穂から切りとった後の生体重の変動が小さく、水分損失量

Fig. 3. Changes in the rate of water loss in hull and grain shown by dry weight basis.

Note, Symbols are the same as in Fig. 1.

は少なかった。また稔実粒と稔実粒殻を比較すると、いずれの時期とも稔実粒殻よりも水分の損失量の少ないことがわかった。

出穂7, 14 および 21 日後の3時期を比較すると、測定したいずれの器官も登熟初期ほど水分損失量が多かった。

つぎに、稔実粒殻および不稔粒の乾重当たり水分損失量をみると、第3図のように稔実粒殻は不稔粒よりその値が小さく、稔実粒殻は水分の損失の起こりにくいことが明らかとなった。

第2実験 正常粒と奇型粒の水分損失

第4図に示したように、正常粒は奇型粒に比べ、粒の水分含有率は高いにもかかわらず、乾重当たりの水分損失量は少なく、他方、奇型粒は粒の水分含有率が低いにもかかわらず水分損失量は多かった。なお、採取後1時間後には、奇型粒では粒の大部分が水分放出によって粒の表面が白く変色したのに対し、稔実粒ではそのような現象はみられなかった。

第3実験 穂の水分損失に及ぼす珪酸の影響

第1表に示したように、穂の乾物率は3Si区>標準区>-Si区の順で、珪酸の施用量が少ない区ほど乾物率は低かった。

また、第5図のように、採取後の生体重変化率および水分損失量は、-Si区>標準区>3Si区の順で、珪酸の施用量が少ない区ほど穂からの水分損失量が多かった。

第4実験 米粒の発育に及ぼす空中湿度の影響

第6図に示したように、まず低湿度区と高湿度区を比較すると、穂をパラフィン紙袋で覆う、覆わないにかかわらず、低湿度区が粒長および粒重ともに劣ってい

Fig. 4. Comparison of water content and the rate of water loss between normal and malformed grains.

Note, □: normal, ■: malformed

た。また、同一湿度区であっても、穂全体をパラフィン紙袋で覆った切穎籾は、切穎後覆わなかったものより粒長および粒重が優った。

考 察

不稔籾、稔実籾およびその籾殻の採取直後における水分失量は、登熟の進行に伴いいずれも少なくなり、登熟初期ほど水分の損失量は多かった。これは、登熟初期ほど籾殻の水分含有率が高く、また籾殻の表面に集積し^{7,12)}、水分蒸散を抑制する珪酸¹²⁾含量が登熟初期ほど低い⁵⁾ことによるものと思われる。

登熟期における稔実籾殻と不稔籾の水分損失は、第1, 2, 3図に示したように稔実籾殻の方が不稔籾よりも小さかった。これは、稔実籾殻が不稔籾よりも水分含有率が低いこと⁶⁾や、稔実籾殻が不稔籾よりも乾物の集積が多く組織の充実度が高いこと^{5,6)}、さらに籾の表面に沈積し水分の蒸散を抑制する作用のある珪酸の含量が不稔籾よりも稔実籾で多いため⁵⁾と考えられる。このように、稔実籾殻が不稔籾よりも水分損失が小さいことは、米粒が発育する過程で籾内からの水分損失を抑え、籾内の湿度を米粒の発育に適するように保持し、外部環境に対応しているものと思われる。このことは空気中の湿度が50%と極めて低い状態で登熟が行われても、乳熟期の米粒の発育がみられる。籾の内部には、水滴がみられ、籾内部が湿潤状態であることからわかる(第7図)。

つぎに稔実籾と稔実籾殻を比較すると稔実籾は生体重が大きいかかわらず、水分の損失は少なかった。これは、稔実籾では鈎合が行なわれ籾殻の内部か

Table 1. Effect of SiO₂ application on percentage of dry matter of panicle.

Plot	Percentage of dry matter
—Si	39.1
Standard	40.8
3 Si	41.8
—Si (SiO ₂ content: 0 ppm)	
Standard (// // : 150 ppm)	
3 Si (// // : 450 ppm)	

らの蒸散がほとんど起こらないのに対し、米粒を取り除いた稔実籾殻では籾殻の内表皮が空気に触れるようになり、その部分からの蒸散も影響しているものと思われる。このことは外穎と内穎の正常な鈎合が籾内の湿度を正常に保つうえで不可欠であることを示唆している。内穎と外穎の正常に鈎合することの重要性は第4図における正常籾と奇型籾の水分損失量の比較調査からもわかる。奇型籾は開花後の鈎合が正常に起こりにくく、籾内部からの水分の蒸散量が多いものと思われる。なお、坪井¹¹⁾は台風被害時において鈎合不完全籾の米粒は発育が著しく不良であることを報告している。

奥田ら^{3,4)}、吉田¹²⁾らは無珪酸栽培の稲の登熟はきわめて不良になることを報告している。また、吉田¹²⁾は無珪酸栽培の茎葉部は、珪酸施用区の茎葉部よりも水の蒸散量が大きいことを明らかにしたが、珪酸施用の有無と穂の水分の蒸散との関係をみた報告はまだみられない。本研究に供した品種「密陽 23 号」は1穂穎花数のきわめて多い品種であるが、第1表および第5図より明らかなように、—Si 区の穂の乾物率は低く、水分の損失率はきわめて大きかった。これは—Si 区では籾殻の表面にできるクチクラ・シリカ2重層¹²⁾がきわめて貧弱であるため、水分の蒸散が大きくなったものと考えられる。このように穂についても、吉田¹²⁾の茎葉部と同様に珪酸施用の有無によって水分損失が大きく影響を受けることが明らかとなった。このような珪酸施用による穂の蒸散抑制は、暴風時における穂の障害に対する戸刈の調査からも、珪酸が水分蒸散を抑制するのに効果があるものと考えられ^{8,9,10)}、今後さらに検討したい。

以上の諸結果を通じて、米粒が正常に発育する過程で、稔実籾殻は水分の損失を積極的に抑制していることが明らかとなった。このことは、米粒の発育過程で籾殻が米粒の発育に好適な湿度に保ち、米粒の発育を円滑にしている可能性を強く示唆している。著者らは

Fig. 5. Effect of silica gel application before heading on the rate of fresh weight retention and transpiration rate of panicle.

Note, $\triangle$ — $\triangle$: 3 Si plot (450 ppm), $\circ$ — $\circ$: Standard plot (150 ppm)
 $\bullet$ — $\bullet$: —Si plot (0 ppm)

Fig. 6. Effect of aerial humidity and covering of panicle with parafilm bag on the development of glume-top-clipped kernel.

Note, Measurement was done 18 days after glume-top-clipping

A: glume-top-clipped kernel without covering

B: glume-top-clipped kernel covered with parafilm bag

50% and 80% mean the humidity

この考えを立証するために第4実験において、a) 受精後、籾を切頭し、米粒が直接空気に触れるようにした場合でも、空気中の湿度が高ければ米粒からの蒸散が抑制され、米粒は順調に発育する。また、b) 同一湿度条件であっても、切頭後、穂全体をパラフィン紙袋で覆えば米粒からの蒸散が抑制され、米粒は順調に発育するであろうとの仮説を立てた。その結果は、第6図に明確のように、米粒の発育過程では、湿度を保持することが必要であり、籾殻はそのため主要な役

割を果していることが裏づけられた。

したがって、不稔籾、奇型籾および無珪酸の籾における稈実障害の原因は、登熟過程でこれらの籾は、籾内部からの水分損失が大きく、このため籾内部が乾燥し、籾内部の湿度が米粒の発育に適しにくくなるためと思われる。

以上の結果、米粒の発育過程で籾殻は米粒からの水分蒸散を抑制し、米粒を順調に発育させる役割のあることが明確となった。

Fig. 7. Grains having water in the hull at milky stage of ripening.

Note, These plants were cultivated under 50% aerial humidity

摘 要

穂からの籾採取直後における籾および籾殻の水分損失、ならびに米粒の発育に及ぼす空中湿度の影響について調査し、つぎの結果を得た。

1. 不稔籾、稔実籾およびその籾殻とも登熟の進行に伴い水分損失量は少なくなった。
2. 不稔籾、稔実籾およびその籾殻では、水分損失量に差異がみられ、いずれの時期とも、つねに不稔籾 < 稔実籾殻 < 稔実籾の順に大きかった。
3. 奇型籾は正常籾よりも水分損失量が多かった。
4. 穂の水分代謝は珪酸施用の有無によって影響を受け、無珪酸区の穂は水分損失量が多く、多珪酸区の穂は少なかった。
5. 切穎籾の米粒の発育は著しく阻害されるが、高湿度条件下においた時、また切穎籾をパラフィン紙袋で覆うと、低湿度に置かれた切穎籾やパラフィン紙袋で覆わなかった切穎籾よりも米粒の発育が促進された。

以上の結果、米粒の発育過程で籾殻は米粒からの水分蒸散を抑制し、米粒を順調に発育させる役割のあることが明確となった。

謝辞 本研究は、東京農業大学馬場 赳教授および

金木良三教授より実施する機会が与えられ、終始御指導と激励を頂いた。ここに謝意を表する。また、実験遂行上、御協力頂いた農業技術研究所中山正義技官、川越信夫技官、桂 直樹博士に対して深謝する。

引 用 文 献

1. 馬場 赳 1958. 水稻の胡麻葉枯病および秋落の発生機構に関する栄養生理的研究. 農技研報 **D7**: 1—157.
2. 盛永俊太郎・中島一夫・湯面竹男 1939. 玄米の形及び大きさとその遺伝. 遺雑 **15**: 225—235.
3. 奥田 東・高橋英一 1961. 作物に対するケイ酸の栄養生理的役割について (第2報). ケイ酸欠除の時期が水稻の生育ならびに養分吸収におよぼす影響. 土肥誌 **32**: 481—488.
4. ———— 1961. ———— (第3報). ケイ酸の供給量が水稻の生育ならびに養分吸収におよぼす影響. 土肥誌 **32**: 533—537.
5. 徐 錫元・太田保夫 1982. 水稻の登熟に及ぼす籾殻の役割. 第1報 登熟過程における籾殻の無機成分の動態. 日作紀 **51**: 97—104.
6. ———— 1982. ———— 第2報 登熟過程における籾殻の光合成および呼吸代謝の推移. 日作紀 **51**: 105—109.
7. ———— 1982. ———— 第3報 籾殻におけるけい素、リン、カリウムおよびマグネシウムの局在性について. 日作紀 **51**: 349—353.
8. 戸刈義次 1940. 暴風による水稻籾被害の機構に関する一考察. 日作紀 **12**: 390—392.
9. ———— 1940. 水稻に対する暴風被害に就て. 特に昭和 12 年関西地方の暴風に関して. 第2報 暴風による水稻被害の種々相. 日作紀 **12**: 215—277.
10. ———— 1940. ———— 第3報 暴風による水稻籾被害に対する珪酸の効果. 日作紀 **12**: 278—290.
11. 坪井八十二 1961. 水稻の暴風被害に関する生態学的研究. 農技研報 **A8**: 1—156.
12. 吉田昌一 1965. 水稻体内におけるケイ素の存在様式と生理的意義に関する研究. 農技研報 **B15**: 1—58.

Role of the Hull in the Ripening of Rice Plant

V. Water loss in hull and development of rice kernel

Seok Weon SEO and Yasuo OTA

(National Institute of Agricultural Sciences, Yatabe, Ibaraki 305)

Summary

Water loss in hull and the effect of aerial humidity on the development of kernel were investigated. The results obtained are as follows:

1. The rate of water loss in the hull after detaching from panicle decreased, as ripening proceeded in both fertile and sterile grains.

2. The rate of water loss differed among sterile, fertile grains, and hull of fertile grains, being higher in the following order: sterile grain > hull of fertile grain > fertile grain.

3. The rate of water loss was much lower in normal than in malformed grain.

4. The water loss in panicle was affected by SiO_2 application and it was higher in detached panicle in plots without SiO_2 application.

5. By glume top clipping, the development of the kernel was inhibited very severely. But even though the top of glume was clipped, the development of kernel was not prevented so severely under high aerial moisture conditions. And even under the same moisture conditions, when the glume-top-clipped kernel was covered with a parafilm bag, the development of the kernel was better than that without covering of parafilm bag.

From these results, it was shown that in the ripening of rice plant, the hulls play an important role in keeping high moisture condition in grain, thus enabling the kernel to achieve a normal development.