風害に依る水稻の生理的減収機構について*

志 茂 山 貞 二

(岡山大学農学部)

Physiological Analysis of the Reduction of Yield of Paddy Rice Plant
Affected by Severe Wind or Storm.

T. SHIMOYAMA

(Faculty of Agriculture, Okayama University)

緒 言

近年稲作技術の生理学的分野の目覚ましい発展に依つて各種異常環境下におかれた水稻の減収機構も漸次解明され、特に従来比較的等閑視されていた農業災害に対する農業気象学分野に新しい研究の方向を示す気配が感ぜられるようになって来た。これら災害中、風水害に依る水稻被害は毎年全国およそ 230 万石以上に及んでいるに拘らず、これに対する適切な措置は必ずしもとられているとは言えず、又その研究も亦少い。勿論、水稻の風害に関する調査、研究は数多あるけれども、極く一部を除けば大部分が台風時の被害調査記録に過ぎず、単に被害を結果的に眺めただけであるから、将来これを基礎として風水害対策の研究に発展するには、余りにも基礎薄弱の誹りを免れない。況んや立地条件を異にし、栽培条件時期方法を別とする被害の実態から同一の結論を導き出すことは極めて困難であつて、往々風害を単なる機械的損傷と考えて甚だしい誤つた評価をする場合がある。本報は筆者が昭和 27 年以降風洞を用いて調査した結果の一部で、直接風水害機構と関係の少い調査結果は一切省略してある。尚本研究を継続実施するに当つて小合、笹井、鈴木、高谷、岡本、岩本、三道、大森、平田等の諸氏の援助を得又文部省科学研究費が与えられたことを附記し感謝の意を表する。

実験材料及び方法：本実験に供した風洞口径は50×63 cm、送風機 (Blower) は多翼式風車 (Multiblade-fan) で 5HP、送風機直前の風速 20 m/sec が得られた。乱流 (Turbulence) 調整のための整流格子 (Flow-equalizer) の外、遮断板を設け、その開閉で毎分10回風の息 (gust) を与えた。降雨条件を与えるためには風洞前に如露水管を備え、又昭和 28 年度以降はこれを風洞内全面に附設し、水量を調節しておいて所定の雨量を与えた。風洞内外の気温、湿度は乾湿計を、又風速にはピラム型風速計を用いた。供試材料は予め Wagner pot 2 万分の1に栽植しておいた水稻朝日で、それぞれ所定の時期 (出穂

前 30 日より出穂後 20 日までの各期) に風又は風雨処理を行つた。処理前後の管理はすべて慣行に従つたが、潮風害試験及び一部の肥料試験には尿素の追試が行われた。損傷、変色、稈実などの調査はすべて出穂期別及び穂上粒着位置別に或は開花順位に従つて行い、それぞれに調査基準に従つた。呼吸同化率の測定には野口氏の全株対象の装置を、吸水量は自動給水装置を、又無機物及び澱粉の定量は常法に従つた。又体内水分の推移を電気抵抗法でも追跡した。

実験結果及び考察

(1) 気温の低下 処理期別に求めた毎時観測の実験値はこれを省略し、処理前後の気温変動の平均値を求めた第 1 表によれば、処理開始と共に気温の急降が見

Table. 1 Hourly ranges of air temperature to outside of wind channel under the wind or storm-treatment (C)

		Hours after treatment					
		0	1	2	3	4	5 hr
1952	W	+0.9	-0.3	-1.0	-1.2	-1.4	-1.5
	S	-0.3	-2.9	-3.3	-3.3	-3.3	-3.5
1953	W	±0.0	-3.3	-3.2	-3.0	-3.2	—
	S	±0.0	-2.8	-2.7	-3.8	-4.4	—

Average of 5 stages, W: Wind treat. S: Storm treat.

られるがその後の降下は顕著でなく、概ね 1.5~3.2°C 風雨処理の場合はこれより大きく 3.5~4.4°C と何れも外気温より低くなつた。この場合の葉温の調査は欠いているが 1957 年の調査に於ては通風に伴う葉温の低下は第 2 表の如く、0.3~0.5°C 風雨処理で 5.1~7.3°C 程度で処理前日射を受けていた葉面温は気温より 4~5°C 乃至 7~8°C 高かつたとしても、風処理に伴う葉温の低下は数度乃至 10° 内外に過ぎなかつたものと思われる。勿論稲体生理機構が温度に支配されるからこの状態が長くつづけば当然ある程度の低温障害は蒙るものと思われるが、通常処理時間が短く、而も高温期の処理であり、こ

* 1958 年 4 月 8 日 昭和 33 年度大会において発表

Table. 2 Timely ranges of leaf temperature to air temperature of inside under the wind or storm-treatment. (1957)

	Wind velocity	Minutes after treatment.											
		0	10	20	30	40	50	60	90	120	150	180 min.	
Wind-treat.	20 m/s	0.0	-0.7	-0.6	-0.0	-0.3	-0.2	+0.2	-0.2	-0.7	-0.7	-0.3	
	16	0.0	-0.7	-0.4	-0.1	-0.1	0.0	+0.2	-0.5	-0.7	-0.5	-0.3	
	12	+0.1	-0.5	-0.3	+0.2	-0.4	-0.1	0.0	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	
	8	+0.2	-0.3	-0.4	-0.3	+0.1	—	-0.2	-0.7	-0.8	-0.7	-0.5	
Storm-treat.	20	—	—	-6.8	-7.6	-8.6	-7.0	—	-7.0	-7.3	—	-7.3	
	16	—	—	-7.2	-7.9	-7.7	-6.2	—	-6.8	-7.0	—	-6.8	
	12	—	—	-6.0	-7.2	-4.4	-5.4	—	-5.2	-6.8	—	-6.3	
	8	—	—	-5.4	-5.0	-4.3	-4.1	—	-3.4	-4.1	—	-5.1	

れに依る著しい影響があつたものとは考えられない。

(2) 湿度の低下 通風に伴う気温並に葉温の変化は処理直後の変化を除けば顕著ではなく、その後の気温、

Table. 3 Timely ranges of air humidity to outside of wind channel under the wind or storm-treatment. (%) (1953)

Min. after treat.	Wind-treat.			Storm-treat.		
	Out-side	In-side	diff.	Out-side	In-side	diff.
0	75	75	0	75	75	0
10	75	68	-7	75	88	+13
60	70	66	-4	72	93	+21
120	65	62	-3	67	94	+27
180	60	57	-3	66	94	+28
m	69.0	63.0	-5.9	71.2	92.2	+20.8

Average of five different stages

Table. 4 Lacerated depth in leaves under wind or storm-treat.

Wind velocity	15.5 m/s	12.9 m/s	10.5 m/s	8.8 m/s	7.2 m/s
Wind-treat.	6.87 cm	5.71	5.37	3.65	2.37
	(22.7 %)	18.9	17.8	17.2	7.8
Storm-treat.	4.37	1.65	1.65	0.53	1.23
	(13.3)	7.2	7.2	2.3	0.5)

Average of five different stages (1953)

Fig. 1 Laceration of leaves after treatment (1954)

る。しかし、雨を伴う場合に於ては前述の如く葉温の低下は大きい、乾燥することがないので損傷は極めて僅少に止る。このことは Föhn 風に依る風害が甚大であることと、雨台風の場合の被害が少いことに関係がある。

(3) 茎葉の損傷 強風又は強風下にある水稻の害徴として特に顕著なのは茎葉の擦傷、裂開及び折損である。特に葉身部の裂傷、切断は処理開始後 30 分内外で現われ、第 4 表の如く 15.5 m/s でおよそ 6~7 cm、全葉長の 23% に当る裂傷を生じ、葉先きの切断も 7~8% に及んだが、風速の小なるに従つて損傷度も少く、更に風雨処理に於ける損傷は極めて小で 15.5 m/s に於ても切断は見られなかつた。このような

葉の損傷に基く水稻障害については既に多数の報告^(38, 45, 52, 54, 64, 65)があるのみならず、抽穂前の止葉の被害は基部の捻曲曲折によつて抽穂を著しく困難ならしめ、これが稔実を阻害している。

(4) 茎葉の枯死 茎葉損傷部の枯死は単に機械的損傷に依る組織細胞の破壊に基く直接被害によるものではなく、寧ろ、損傷に伴う通発の促進と吸水通等との収支不均衡が地上末端部に於て生理的水分飢餓現象を現わしたものと考えた方が妥当のようである。第1図は葉位別に処理後の枯死進行状況を調査したもので、上位葉ほど枯死が早く、又珪酸を施して粗剛とした場合ほど損傷枯死し易い。従来、水稻に対する珪酸の施用は耐病性のみならず^(28, 33, 62)、生理機能を促進する上に必須なものと考えられて来たが、茎葉の硬化は却つて裂傷を大ならしめる結果となつた。しかし、別の調査によれば⁽⁵²⁾明らかに通導組織の発達を促し、又抽穂後の穂の風害時の擦傷変色を緩和するのでその点からすれば効果がある。

(5) 穂の擦傷変色 抽穂前のものにも被害が現われるが特に顕著なのは抽穂後の擦傷変色に伴う稔実障害である。勿論、この外に夥しい茎葉の損傷も加わるから開花期を中心とする前後10日間就中抽穂後間もない穂の被害は最も大きい。戸刈氏等⁽⁶²⁾の調査によれば、風害稲の稔実障害が擦傷部からの雑菌の寄生によつて発生

し易いが、この点、珪酸施用の効果が大きいことになる。擦傷部の変色は風害後1～2日後に見られるが、第5表

Table. 5 Relation between the discolouration and the development of grain.

Grade of sample grain	Grade of discolouration					
	0	1	2	3	4	Total
Full Grain	10%	90%	—	—	—	11
Deformed Grain	2	34	49	13	2	176
Empty Grain	0	14	43	24	19	63

Treated under 16 m/s (1952)

の如く変色粒は不完全米が多いのみならず、发育停止の糲の発生率を増大する。この傾向は頂端粒ほど著しいが必ずしも穂上着粒位置のみには関係せず、寧ろ、各穎花の開花日を中心とする前後の日数に依つて決定し、従つて、開花順位を異にする穂上穎花群間に著しい変色度の差が認められる。抽穂後5日に充たない穂では大部分の穎花が開花～肥大期にあるために傷を蒙り易いが10日以後になれば組織の硬化と共に著しく緩和される。

(6) 穂孕期の損傷 従来、穂孕期の風害に於ては変色粒の発生が比較的少いところから、この時期は風害の少い時期だと考えられて来た^(23, 37, 52)。しかし、第2図の如く、穂孕期の処理に於ても稔実が害され、必ずしも

Fig. 2 Relation between the discolouration of grain and their fertility. (1954)

— Wind treat. - - - Storm treat.

変色籾の多少とは関係のないことが明らかになった。この関係は出穂後の処理に於ても同様で、変色籾歩合が稔実歩合と比例的関係にないことを示している。しかし、同一日に開花した粒間では変色度に応じて稔実が不良となることは謂う迄もない。第3図は開花順位を異にするのみならず、漸次優勢顕花から劣勢顕花群へ開花が移動して行くにつれて完全粒歩合の減少して行く状態を示し

たもので、開花に要する日数の大きな顕花ほど稔実が不良となつている。尚この場合に於ても雨は籾変色を緩和し、稔実を良好ならしめる効果がある。

(7) 不稔花粉の発生と授精障害 穂孕期の風害による稔実障害が多い原因として生殖器官の發育不全若くは損傷が考えられ、就中減数分裂期は最も被害の大きな時期に当ると推察される。第4図は不完全花粉の多

Fig. 3 Relation between the days to flowering after treatment and their fertility (1952)

C: Control B: beginning of heading -1: Before heading

O: Heading time +5: 5 days after heading

+10: 10 days after heading

Fig. 4 Percentages of deformed pollen and empty grain of treated plant (1956)

発がこの時期の処理に依つて起つていていることを示しているが、而も僅かに10%で、これが不稔籾の多発の原因とするには余りにも低率である。寧ろ、不稔籾歩合が抽穂後1~3日頃の処理に多いことは、穂孕期の風害が花粉の不全よりも受精障害の方が大きいのではないかということをおぼせる。

(8) 子実の發育阻害 風害稲の減収機構を構成するものとして子実の量的並に質的減少の二つが考えられる。この内、前者は不稔籾の多発で、その主因は不完全花粉の発生と受精器官の發育不全若くは發育停止によるものがあり、後者は受精後の發育抑制、遅延若くは停止による不完全米の発生である。第5図に於て、受精後6日間の子実の發育は処理区と雖も無処理区と遜色がないから、子実の肥大發育の抑制はそれ以後に起るものと

Fig. 5 Comparison of grain development of treated plant with control. (1953)

grain — length and --- width
--- control

考えなければならぬ。第6図は抽穂期を中心とした各期の処理に依つて粒重及び粒容積が変化する状態を示したもので、抽穂始後5~7日後の処理に於て顕著な發育阻害が見られることは

Fig. 6 Decrease of volume and weight of grain of treated plant. (1953)
— Wind-treat. --- Storm-treat.

Days before (-) or after (+) treatment.
Fig. 7 Variation on functions of respiration and carbon assimilation after treatment (1957)
— treated at the stage of 10 days before heading.
--- treated at the heading time.
--- treated at the stage of 20 days after heading.

受精後漸く急速な肥大成長期に入つた子実特に影響が大きいことを示している。

(9) 同化機能の減退と呼吸の増大 風害に伴う子実の發育阻害が必ずしも被害直後でなく、少々遅れて発現して来ることは、これが単に機械的損傷に伴う直接被害でなく、前述の葉枯れの多発に伴い漸増する生理的障害であることを暗示している。これについて、処理後の同化並に呼吸量として測定したのが第7図で、処理に伴う呼吸の増大は同化力の減退と相俟つて体内栄養物の消耗を大ならしめ、特にこれが出穂期の処理に大きいことは前述の子実發育栄養に及ぼす影響の甚だ大きいことと思ひ合せ、この頃の被害の大きな原因と考えられる。

(10) 養水分の吸収移行の阻害 処理後の吸水、蒸散量の増減は第8図に示した如く、人為的に裂細又は切断した葉と略々同様な経過を辿つて現われる。特に風害の場合に、はじめ、裂傷に伴う増加が現われ、ついで切断と同様な減退期が現われる。この変化は損傷葉の漸次枯死に移る状態と全く期を同じうしている。従つて風速を異にするに従ひ多少の遅速があるとしても吸水の減退に伴う無機養分の吸収減退がついて起るものと思われ、これは爾

Fig. 8 Variation of amount of water up take after treatment (1953)

Wind treat. by.....15.5 m/s, --- 12.9 m/s, --- 8.8 m/s Artificial cutting off — or splitting out in one-third of leaf length

後の体内養水分流転量をも制限することになるから当然代謝機能をも妨げるようになる。第9図は処理期別に処理10日後の茎葉内の含有率を示したもので、就中窒素及び珪酸の如く吸収され易い成分が処理直後より数時間の吸水急増に伴つてつづいて吸収されたことを示しているから、これにつづく吸水急減後の減退期に於てはその吸収も不良になつたものと推察してよい。これに反し

Fig. 9 Variation on contents of absorbed minerals and products assimilated in plant.

Leaf — treat. --- cont.
Stem and leaf-sheath — treat. — cont.

思われる。而もその主因は風害後の体内水分飢餓現象に端を発した養水分の吸収、移行、集積 阻害、代謝不振に基く栄養障害によるものであり、特に重要な組織の分化、形成期に当り、發育の急激な生育相に当たった場合の悪影響は多言を要しないところである。この故に既報⁽⁶²⁾

Fig. 10 Variation of amount of water up take after the wind treatment. (1957)
— Control (Non-treat.) --- Treated plots on three different 3 stages

て、磷酸、加里などの如き一応根に蓄積された後に体内流動を行うような成分では処理後10日の調査の茎葉中に現われなかつたのは当然であり、又澱粉の集積が処理区に不良なのは、これ亦体内流動水の不足と同化機能の阻害の両者の影響によるものと察しられる。これを要するに、風害稲の稈実障害は単なる機械的損傷による組織細胞の破壊を主とする機能的障害というよりはこれに後続する生理障害累積の結果と見る方がより妥当なように

に於て、潮風害を与え葉枯れの著しい水稻に尿素の葉面撒布が極めて有効であつたことも首肯し得られ、更に進んでその他必須成分の葉面よりの供給も被害の軽減に役立つであろうがこれについては今後の研究に俟ちたい。

(11) 体内水分の収支不均衡 以上の結果は、風害稲の稈実障害が究極に於ては、栄養障害であるけれども、その直接の動因はやはり損傷直後に始まる体内水分の不足即ち、収支不均衡によつて生じた葉枯れから発展したものであることを物語っている。風害後の稲の水分収支の異常が如何なる程度のものか、又その異常がどれ位続くかということは一概には言えず、風速、稲の生活状態などによつて一様でないが、第10図は処理期の別なく、処理後の吸水増加は一時的現象であつて爾後は常に減退することを示し、更に直接体内水分の流動量に影響を与えていることを第11図が示している。第11図は主稈基部より15cm高の茎内水分を電気抵抗法(日立製絶縁抵抗計500V, 100mΩ)で測定し、これを無処理と比較したものであるが、処理期に依つて著しい差異が見られ、就中、要水量が略々最高に達する伸長最盛期から穂孕期に於ける処理がこの変動を異常に大ならしめ、出穂期以後では処理後の変動は余り顕著でない。謂うまでもなく、これら体内水分は主として蒸散流に対して根から補給された *passive flow* によるものであるから、処理によつて急に多発した葉枯れは当然この流れを阻止し、体内水分率を一時高める結果になるけれども、既に流量を減じ、更に吸水量にも影響を及ぼす頃になると、自然体内水分率にも明らかな低下の徴を現わすようになる。況んや、水稻根の吸水機能は出穂期に近づくに従い、漸次衰退するのが普通であるから、処理に伴う見掛けの水分率変動が少い出穂期に於てもその要水量に対

Fig. 11 Variation of moisture content indicated by electric resistance value in stem under the wind treatment on 5 stages of 20 days before and after heading. (1957)
 — Urea applied --- Non-applied

する体内水分量は既に量的に不足であつて第 11 図の如き低率変動を見たものと思われる。更に出穂後に於ては処理に伴う茎葉の損傷も少く、蒸散量に対する吸水補給も少くて済むから処理後の体内水分率に与える影響そのものは却つて小さいようで標準区に対し、少々高率のまま変動は見られない。尚尿素を追肥し窒素過多の状態では処理を行つたものは、これらの傾向が更に大きく現われている。

結 言

水稻の風害による稔実障害が出穂期を中心とする時期に特に顕著である事実については、既に多数の報告があり、筆者も既に昭和 9 年室戸台風時の水稻被害を開花日別粒調査に依つて確めた⁽⁵²⁾。しかし、これらの風害稲の稔実障害機構に関しては、これらの調査研究の多くが台風襲来時に行われた現地調査を主としたものであつただけに、必ずしも的確なものとは言えず、屢々同一地点に於ける風害相に差異ある理由として、栽培管理上の差又は品種の早晚など比較的偶然的な事象が挙げられて来た。筆者もその後屢々発生した台風害の都度各地の実態調査を行う機会が多かつたが、風害稲の害相の極めて複雑で、これを単純な損傷被害によるものだとすることが困難であり、このような性格の主因が那邊にあるかということについて調査する必要を認め、昭和 27 年以降は主として風洞実験による基礎調査を行つた。それらの概要はその都度報告した通りであるが、これらを要約すれば、概ね次の結論が導かれるように思われる。即ち、水稻の風害ははじめに茎葉及び穂に著しい損傷が現われ(第 4 表)、次いでこれが変色枯死するに伴い(第 1 図)稔実が不良になつて行く(第 5 表、第 2 図)ので、一見

機械的損傷を直接の原因とする被害のように見られるが、実際はこれはあくまでも動因であり、これを決定的ならしめるものは、それ以後に進展する生理的障害であるように思われる。従つて被害の内容は当然極めて複雑で、その害相が示すように、これに関与する要因の多きを思わせ、屢々二次、三次の被害へ発展している。就中最初は被害直後に現われる散蒸過多に対する吸水不足から生じた体内局所的な水分飢餓が葉枯れの多発と関係し(第 1 図)、又生長点、幼穂の細胞組織の分化、発達とその機能を妨げるようになるから、爾後の稲体の栄養のみならず(第 3 図、第 5 図、第 6 図)生殖機能を破壊する(第 4 図、第 2 図)。更にその後の吸水機能の衰退は(第 8 図、第 10 図)無機物及び有機物の吸収、生産並にその体内流転、集積を妨げ、(第 9 図)、同化、呼吸、代謝を混乱せしめ(第 7 図)漸次全面的な栄養障害が現われて来るものと思われる。従つて、雨はいづれの場合に於ても被害の軽減に役立ち(第 4 表、第 2 図、第 6 図)、これによる気温の低下(第 1 表)よりも湿度の増加(第 3 表)が擦傷の緩和と過剰蒸散を妨げる上に有効ようである。又被害後の水稻に尿素の葉面撒布を行い⁽⁵²⁾、又は追肥すること(第 9 図)も風害稲の栄養補給として有利であると考えられ、将来その他の成分についても研究の必要があるように思われる。

参 考 文 献

- (1) Brenchley, W.E. : Ann. App. Biol. 11-86 (1927), (2) Clum, H.H. : Amer. Jour. Bot. 13-194 (1926), (3) Clerg, E.L. : Phytopathology 22-851 (1932), (4) Curtis, O.F. : Amer. Jour. Bot. 25-761, (5) Curtis, O.F. & Stewart : Plant Physiol. 11-343 (1936), (6) 土井健治郎 : 九州農研 16-24 (1954), (7) Ehlers, J.H. : Amer. Jour.

Bot. 2-32 (1915), (8) Greathouse, G. A. : Plant Physiol. 7-341 (1932), (9) 兵庫農試: 臨報(1937), (10) 原三郎: 農及園 32~935 (1958), (11) 長谷川清三郎: 兵庫短大学報 4~5-25, 34, 36 (1954~55), (12) 平野勝: 九州農研 16-30(1954), (13) 平野寿助: 農及園 30-1223 (1955), (14) Huber, Br. : Jahrb. f. Wiss. Bot. 84-671 (1937), (15) 本田親義: 農氣 9-101 (1954), (16) 伊藤豊夫: 栃木農報, 17-9 (1940), (17) 岩槻信治: 農及園 17-335 (1942), (18) 稻垣実夫: 土肥雑 21~22-78, 93, 246(1951), (19) 石橋一: 土肥雑 13-227 (1939), (20) 伊沢恒郎: 土肥雑 28-31, (1957), (21) 古賀正己: 農及園 7-23 (1932), (22) 児島光信: 農及園 6-1075(1931), (23) 川田信一郎: 農技研 2-21 (1948), (24) 木郎勇: 農氣 5~6, -133, 111 (1950), (25) 金川修造: 九州農研 16-37 (1954), (26) 木戸三夫: 農及園 29-565(1954), (27) 錦木徳二: 岩波生物講座 3(1930), (28) 木村劫二: 植病報 3 (1937), (29) 栗田義郎: 農氣 5-95(1949), (30) 近藤万太郎: 農研 28(1926), (31) 木村次郎: 土肥雑 17-363 (1943), (32) 久納佑孚: 土肥雑 11-123 (1937), (33) 木国恒: 農及園 22 (1947), (34) Kramer, P.J. : Amer. Jour. Bot. 24-10 (1937), (35) Lemmermann, O. : Ann. App. Biol. 11-86 (1927), (36) 三代良信: 農及園 19-320 (1944), (37) 松尾孝嶺: 農試報 58-1 (1944), 農氣 6-107 (1951), 農技 6-35 (1955), (38) 森田潔: 農及園28-293 (1953), (39) Moison, C. G. : In. Proc. Roy. Soc. Bot. 77-455 (1906), (40) 三浦肆玖楼: 日作紀 21-106 (1952), (41) Miller, F. & Saunders, A. R. : Jour. Agr. Res. 26-15 (1923), (42) 三井進午: 葉面撒布に関する研究 4-27 (1954), (43)

Mäde, A. E. : Gartenbau Wiss. 12-127 (1938), (44) 野口弥吉: 農学会報 293 (1935), 日作紀 11-499 (1939), 科学 22-388, (45) 長戸一雄: 日作紀 12-79(1941), (46) 野中福次: 九大農雑15-179(1955), (47) 中沢雅典: 愛知農試彙 6-116 (1952), (48) 大川金作: 土肥雑 11-383(1937)14, 15-703, 119(1940), (49) 小野寺伊勢之助: 土肥雑 10-318 (1936), (50) 太田道雄: 山梨大研報 4 (1956), 土肥雑講集 2-12 (1956), (51) Orth, R. : Biokl. B. 5-68 (1953), (52) 志茂山貞二: 農業 684-41 (1937), 岡大農學報 3-31 (1953), 5-20 (1954), 8-8 (1956), 日作紀 25-44 (1956), 日作紀 25-232 (1956), (53) 佐々木喬: 日作紀1-83 (1929), (54) 斎藤巖: 農技 6-20(1951), (55) 曾根四郎: 東北農業 5-158 (1952), (56) 瀬古秀生: 東海近畿農研 3~137 (1953), (57) 鈴木橋雄: 植病報 3 (1934), (58) Schmidt, W. : Met. Zeit. 41-128 (1924), (59) Seybold: Jahrb. f. Wiss. Bot. 82-741 (1936), (60) Smith, A. M. : Ann. Royal. Bot. Gard. 4-229 (1909), (61) 角田重三郎: 日作紀 21-185(1952), (62) 戸町義次: 日作紀 10-390, 12-250, 265, 291 (1938~42), (63) 田尻竜彦: 九州農研 16-30 (1954), (64) 滝口義資: 九大農學雜 3~4 (1931), (65) 丹波栄次: 農及園 22-623 (1947), (66) 田中明: 土肥雑25, 26-53, 341, 413 (1954), (67) 坪井八十: 農氣 11-9, 53, 農技 8-344(1956), (68) 氏家四郎: 農氣 12-1 (1956), (69) Ullrich, H. & Mäde, A. : Planta 28-344 (1938), (70) Warner, F. : Phytopath. Zeitschrf. 2-427 (1940), (71) 安武一男: 農及園 16-807 (1941), (72) Watson: Amer. Jour. Bot. 21-605 (1934), (73) 山田登: 日作紀 21-195 (1951)

Summary

While it is already clearly apparent by many research activities that the deterioration of fertility of paddy rice plant caused by wind damage is particularly striking at period before and after the heading time, the author, too, had confirmed this fact in the investigations of fertility of wind-damaged rice plant according to the flowering dates, performed after "Muroto typhoon" in 1934; however, there have not been so many researches dealing with the mechanism of deterioration of fertility of wind-damaged rice plant. Moreover, we have not received an accurate and pertinent report yet.

The reason for lacking for pertinent informations in this field will be attributed to the fact that the majority of studies of wind-damaged rice plant had been based upon the results of field surveys carried out after typhoon invasion, and therefore, they had failed to lay hold of the mechanism of it. The reason why the different damage's phases are observed at the same spot when wind damage occurred has mostly been attributed to either the difference of raising management of crop or of the heading time according to varieties.

In order to clarify what factors cause this complicatedness or damage's phase, the author has repeated the wind-channel experiments since 1952, using potted paddy rice plant, and has investigated the appearance and developmental mechanism of wind-damage under the environment of various treating conditions. These results were already reported, however, to synthesize the experimental results obtained to date, the author can summarize as follow:

In the wind damage of paddy rice plant, the severe injury first appears at the portions of leaf, stem and panicle (Table 4); then as these portions discolor, wither and die (Fig. 1), the fertility deteriorates (Table 5; Fig. 2). Apparently this may suggest that mechanical injury in itself is the direct cause of wind damage; in fact, it is appropriately assumed that the developmental process of wind damage goes, with the transition from mechanical damage to physiological disorder, the former

operating as drive factor. Therefore, it is natural that the phases of damage should be of a highly complex nature. This shows that the contents of the cause of wind damage spread over the widely diverging factors and the appearance of secondary damages as often seen in wind damaged rice plant are due to this fact. Above all facts, the phenomenon of water starvation in rice plant is related to the frequent appearance of leaf-withering (Fig. 1), and it retards not only differentiation, development and function of cell tissues of growing region and young ear, etc., but also degrades the subsequent nutriophysiological status of the rice plant (Fig. 3; 5; 6), and its results in the destruction of reproductive function (Fig. 2; 4); after this stage, water absorptive function is inhibited (Fig. 8; 10) and absorption, production, translocation and accumulation of inorganic and organic nutritive elements are impeded (Fig. 9), and the assimilation, respiration and metabolic activities of plant are disturbed (Fig. 7), then gradually transition to general nutriophysiological disorder being appeared.

In this case, the rain associated with wind exerts good influence on reducing the wind damage (Table 4; Fig. 2; 6;), assuaging the abrasions and lacerations to the tissues of stem and leaf, and preventing the excess transpiration; moreover, a foliage spray of urea or after dressing is necessary to supply a deficient inorganic nutrients. The utilization of other nutrient components in such a form as above mentioned would appear to warrant further study.

本 会 記 事

水田用水の温度と灌漑水量に関する協同研究についての経過報告

水温研究部会

昭和30年4月の農業気象学会総会において、他の2研究部会と並んで水温に関する研究部会が作られ、30年度は農業気象学会が受けた農林省応用研究「気候改良に関する研究」の一部を分担して、北日本における水田冷水被害の分布と灌水法の協同調査を行つた（成果の一部は同研究報告書に公表）。

翌31年度は不幸にしてそれを継続することが出来なかつたのであるが、偶々32年3月農電研究所より学会に対して表記の題目に関する調査研究の委託の申出があつたので、在京評議員会の決定によりその研究を本部会が担当することになり、33年4月より協同研究に着手した。

この研究の目標は主として冷水地帯における水田灌漑法とその全灌漑期間中の用水量の内容を定量的に把握するとともに、水温の高低と灌水量の大小に応じて水田の収量がどのような影響を受けているかを実測によつて明らかにし、水資源高度利用、栽培条件改良等の基礎資料

32年度調査地点と調査責任者

調 査 地 点	水 系	調 査 場 数	調 査 責 任 者
北海道	札幌市	豊平川	1 藤原 忠
	上川郡東川村	忠別川	2 千葉 豪
青 森	上北郡六戸村	奥入瀬川	3 羽生寿郎
	黒石市	岩木川	1 鳥山国土
宮 城	宮城郡泉町	七北川	2 宮本硬一
富 山	下新川郡朝日町	黒部川	2 山口俊二
	中新川郡立山町	常願寺川	2 "
群 馬	北群馬郡吉岡村	吉岡川、滝沢川	2 大沼一巳
福 岡	筑後市	矢部川	1 佐藤正一
	三猪郡大木町	矢部川	1 "

とすることにおいて。

調査方法は小型 Parshall flame を作り農家の実際圃場の水口に設置して、灌水量を自記水位計によつて連続記録せしめ、又水尻流出量は水道メーターを用いて読取つた。併行して用水の毎日の温度を求め、水稻の冷水被害率の測定等を行つた。

調査第1年目は全国に8地点17圃場を選んだ。調査地点と調査責任者は表の通りである。

32年度は計器の都合から稲作全灌漑期間に亘り得なかつたし、測定法に若干の不備があつたので、33年度はこれ等の点を考慮し、又北海道の札幌、群馬、富山の調査地点を中止し、新たに青森に試験圃場、富山に広い面積での用水量の実態を調べる集中観測圃場を設け、中国地区代表として岡山県に調査地点を設けた。他は前年に引き続き調査を行つた。新規調査地点と責任者は次の通りである。

33年度新規調査地点と責任者

調 査 地 点	水 系	調 査 圃 場 数	調 査 責 任 者
青 森	十和田市	奥入瀬川 4 試験区 2 区 制	鳥山国土
富 山	下新川郡入善町	黒部川 8 町歩及び 6 水田	山口俊二 県耕地課 三原義秋 市村一男
岡 山	真庭郡川上村	旭 川 2 水田	志茂山貞二

又水尻流出量は三角堰及び矩形堰に変更し、自記水位計によつて記録せしめた。前年度の経験を受けて33年度は各地点ともほぼ万全の調査が完了し、当初の目的を十分に達することが出来た。水稻の冷水被害率と水温水量の関係は、年次気候の差によつても動くことが予想されるので、本年度更にその調査を反覆して、十全な成果として取まとめ公表される予定である。