

湿田における早期水稻の生育について

1. 黄化萎縮病の発生様相と収量への影響

中釜明紀・長野幸男・遠城道雄

(1994年9月20日受理)

Growth of Rice in Early Season Culture in Ill-Drained Paddy Field

1. Occurrence and Effect of Downy Mildew (*Sclerophthora macrospora* (Sacc.) Thirum., Shaw et Naras) on Yield of Rice

Akinori NAKAGAMA, Sachio NAGANO and Michio ONJO

緒 言

前報¹²⁾で、指宿植物試験場水田における早期水稻生育初期の赤枯症、および生育期全般にわたる出すくみを伴う萎縮症などの生育不良の症状について報告し、その原因の一つとして水稻生育に対する水田土壌および灌漑水の影響について検討した。その中で、灌漑水として河川水を用いた場合に水稻生育に影響があることが明らかになった。しかし、これを生育不良の全般的な原因として特定するまでにはいたらず、いくつかの原因が複合的に関与していることが推測された。ところが、それ以後の調査によって、生育不良の中で萎縮症状が黄化萎縮病菌 (*Sclerophthora macrospora* (Sacc.) Thirum., Shaw et Naras) の感染によるものであることが明らかになった。

桂⁷⁾によると、本病菌は、遊走子により水媒伝染をする。また、伝染源として、前年初秋に発芽して感染した越年生雑草あるいはすでに罹病している多年生のイネ科雑草が重要視されている。水稻栽培における黄化萎縮病の発生は、水苗代が育苗の主体であった時代では、苗代感染が頻繁に発生したが、機械移植が一般的になって以来、本病発生に関する報告は1983年の福岡県における発生¹⁴⁾などにみられるのみで非常に少なくなっている。

指宿植物試験場水田が位置する地帯は、海拔3mの低地にあり、冠水常襲地帯である。また、周囲の水田は休耕化し、それに伴って多年生イネ科雑草が多く生育しており、早期水稻移植後に本病が発生し易い環境条件にある。そこで本調査では、今後の防除のための基礎資料を得ることを目的に、黄化萎縮病の感染時期、被害様相および収量に対する影響などについて検討した。

湿田における水稻生育不良に関する一連の調査研究について鹿児島県農業試験場作物部主任研究員安庭誠氏、鹿児島大学農学部教授堀口毅博士、同教授片山忠夫博士および同助教授佐々木修博士にご指導とご援助を頂いた。また、黄化萎縮病菌の鑑定について鹿児島県農業試験場病虫部の各位にご尽力を頂いた。記して深く謝意を表す。

材料と方法

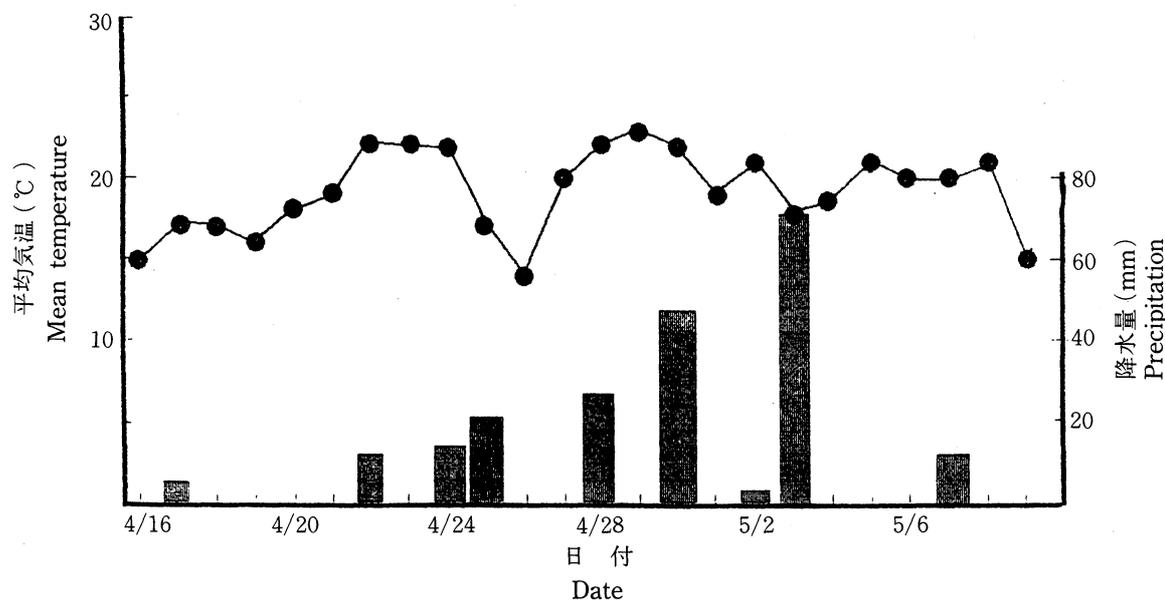
本調査は、鹿児島大学農学部附属農場指宿植物試験場水田で1993年に行ったものである。水稻品種はコシヒカリで、4月16、19の両日に栽植密度22.2株/m² (15×30cm) で機械移植を行った。基肥として窒素、リン酸および加里が12:16:14の複合肥料を40 kg/10 a 施用した。

幼穂形成期頃(6月5日)に、罹病株10株について各株を分解して病徴に関する観察を行った。同時に罹病程度とその圃場位置による変異を明らかにするために、2つの罹病水田(罹病水田1, 罹病水田2)および健全水田のそれぞれを12区に分割した各区の10株について罹病茎割合を調査した。また、成熟期(8月4日)に、供試水田から無作為に抽出した20株を風乾後、平均的10株について茎、穂の形質および収量と収量構成要素を調査した。

結果と考察

1. 感染時期および感染様相について

過去の研究報告から黄化萎縮病菌による寄主感染は、遊走子によることが知られている。この遊走子は、罹病植物上に形成された遊走子嚢の間接発芽によって生じたもの^{4,8)}と、卵胞子の発芽管に頂生した遊走子嚢の間接発芽によって生じたもの^{15,16)}があるが、いずれの場合も水媒伝染である⁸⁾。水稻の感染の時期では、発芽直後の幼芽期^{3,5,16)}および4葉期から7葉期の分けつ期^{9,16)}の感染率が高く、いずれも圃場における水稻の冠水によって感染が引き起こされる⁶⁾。したがって、機械移植栽培の場合に、育苗がほとんど栽培圃場外で行われる事を考慮すると、苗代育苗とは異なり幼芽期感染がおこる可能性は非常に少なく、本田移植後の活着期から分けつ期にかけての感染が多いもの



第1図 早期水稻の活着期から分けつ期の平均気温と降水量の推移

Fig. 1 Changes of mean temperature and precipitation from rooting stage to tillering stage of rice in early season culture

●—● 平均気温
Mean temperature

■ 降水量
Precipitation

と考えられる。

そこで、指宿植物試験場における病害発生に関する要因として、移植後の活着期から分けつ期の気象条件について検討した。移植後の4月中・下旬から5月上旬にかけての8～20日間に6回の降雨により冠水し、その期間中の気温は15～22℃の間で推移した(第1図)。病菌の感染は、18～20℃付近が最も好適で、26℃以上では感染は起こらず¹⁾、30℃以上の水温に生育している罹病イネは発病しない¹⁰⁾ことが明らかにされているところから、指宿植物試験場水田の早期水稲栽培での黄化萎縮病の発病は、移植直後から分けつ期間中の降雨冠水による感染である可能性が非常に高いものと考えられる。

さらに、移植後47日の罹病株の観察によると一株の全茎が罹病した例は少なく、一株を移植時の植え付け個体に分解してみると、健全な個体と、主稈を含むほとんど全茎で病徴が発現する個体とに分かれるのが特徴的であった(第2図)。遊走子は、発芽直後の鞘葉または前鱗、エピブラストに強い走化性を示し⁵⁾、第1葉期になると鞘葉への走化性は見られなくなり、また分けつ開始期の成葉にも全く反応しないで、未展開の分けつ芽へ走化性が強く示される¹⁷⁾。その結果、4葉期までの苗では、播種10日以内が最も感染し易く¹⁸⁾、1～3葉期では全く感染しないか、または感染率が非常に低い⁹⁾。しかし、分けつを生じる4葉期から7葉期にかけて発病は急激に増加する^{9, 16)}ことが明らかにされている。このように水稲の初期生育段階によって黄化萎縮病菌に対する感受性が明らかに異なることから、観察株にみられた一株の中に健全個体と罹病個体が混在することは、植え付け時の一株を構成する苗の苗齢の差に起因するものと考えられる。すなわち、冠水によって感染の可能性がおきた時に分けつ期に達していた個体では感染し、それより若齢の個体では感染がおき



第2図 幼穂形成期における黄化萎縮病罹病株の病徴

Fig.2 Symptom of downy mildew in a hill at panicle formation stage

罹病株には罹病個体(右2個体)と健全個体(左1個体)が混在した。

The infected hill consisted of two infected plants (right) and one healthy plant (left).

なかったものと考えられる。さらに、分けつ期感染では、主稈の発病は分けつ期の若い苗齢のものほど多く、7葉期の主稈の発病率は低い²⁾ことが知られている。ここで、観察した株の罹病個体の全ての主稈が発病していたことから、感染は分けつ期の初期におこったものと推定される。

2. 罹病程度および発生の圃場内分布について

罹病水田1の罹病株率は、100%、罹病水田2では98.3%とほとんどの株に病徴が観察され、株当たりの平均罹病茎割合はそれぞれ40.7%、38.4%であった。いずれの水田でも圃場位置による株当たりの平均罹病茎割合に明確な差は認められなかった(第1表)。苗代における幼芽期感染は、水口に多い¹⁸⁾ことが明らかにされている。これは、遊走子嚢の形成および発芽は流水中で良好であって、停滞水中では劣る^{4, 8, 18)}ことを反映して、湛水状態の苗代で灌漑水の入れ替えが頻繁に起こる水口付近で感染がおき易かったことを示すものと考えられる。しかし、本調査における水稻への黄化萎縮病菌の感染は、本田移植後の分けつ期におこったものであって、灌漑水でも感染が起こる幼芽期感染の場合と異なり、ほぼ冠水の場合のみに感染は引き起こされる⁶⁾と考えて良い。したがって、本調査で圃場位置により罹病茎率に変化がみられなかったことは、冠水による分けつ期の感染では冠水域全体にわたって感染が引き起こされる可能性が高いことを示唆するものといえよう。

3. 収量に及ぼす影響

罹病個体における茎および穂への罹病の影響は、罹病茎が出穂不能であったことを反映して、有効茎歩合に最も顕著にみられ、健全水稻に比べて明らかに低く、一株穂数は少なかった(第2表)。一方、有効茎歩合と株当たり総茎数の関係を見ると、健全水稻の総茎数は有効茎歩合に関係なく、18本から29本(平均22.8本)の範囲にあるのに対して、罹病水稻の総茎数は有効茎歩合が低下するほど多く、22本から41本(平均31.2本)の範囲にあった(第3図)。この罹病株で総茎数が多くなることについて、罹病株に異常分けつが起こる例¹¹⁾とともに、補償作用により罹病株の中の健全茎の遅発分けつが有効化するという報告¹⁹⁾がある。本調査における罹病水稻の上位3節間長が明らかに短いこと(第2表)、千粒重が明らかに小さいこと(第4表)などは、後者による総茎数の増加であることを裏付けるものとも考えられる。しかし、これがいずれの原因によるかについては、本調

第1表 水稻成熟期における罹病株率(%)と株当たり罹病茎率(%)の分布(各箇所20株の平均)
Table 1. Distributions of percentages of diseased hill and diseased stem per hill on maturity stage of rice plant in paddy field (mean of 20 hills in the respective place)

| 調査箇所 Examined place | 水田 1 Paddy field 1 | | 水田 2 Paddy field 2 | |
|------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| | 罹病株率 Percentage of diseased hill | 株当たり罹病茎率 Percentage of diseased stem per hill | 罹病株率 Percentage of diseased hill | 株当たり罹病茎率 Percentage of diseased stem per hill |
| 1 | 100.0 | 38.4 | 100.0 | 33.8 |
| 2 | 100.0 | 51.4 | 100.0 | 40.7 |
| 3 | 100.0 | 32.3 | 95.0 | 40.8 |
| 平均 Average | 100.00 | 40.7 | 98.3 | 38.4 |

第2表 罹病水稻の茎および穂の変化

Table 2. Changes in characteristics of stem and panicle of diseased rice plant

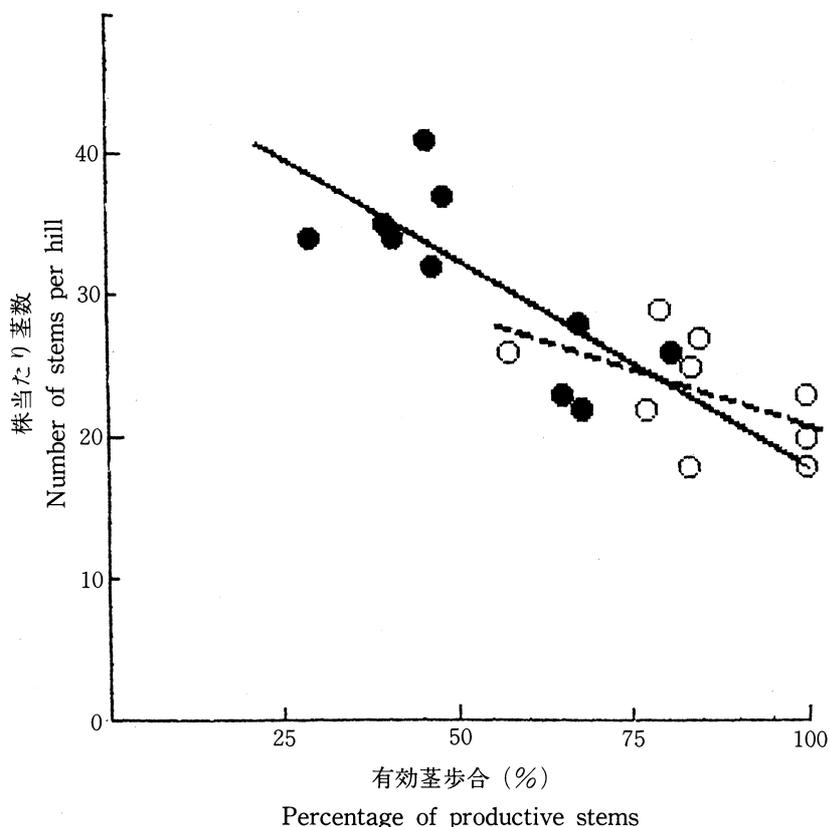
| | 上位3節間長 Length of upper 3 internods | 穂 数 Number of panicles | 有効茎歩合 Percentage of productive stems |
|--------------------------------|---|---------------------------------|---|
| | (cm) | | (%) |
| 罹病水稻 Diseased rice plant | 64.1**±5.9 ⁽¹⁾ | 16.0**±3.2 | 53.5***±16.1 |
| 健全水稻 Healthy rice plant | 69.5 ±3.0 | 21.0 ±4.5 | 87.1 ±13.7 |

(1) 平均値±標準偏差

Mean ± Standard deviation

, *: 健全水稻に対して1%, 0.1%水準で有意差がある。

Significant at the 1 or 0.1% levels between diseased and healthy rice plant, respectively.



第3図 株当たり茎数と有効茎歩合の関係

Fig. 3. Relationship between number of stems per hill and percentage of productive stems

●: 罹病株 ○: 健全株
Diseased hill Healthy hill

査の範囲では明確でなく、生育過程の追跡的調査が必要である。

一方、穂長、一次、二次枝梗数とそれらの退化数および一穂穎花数など罹病株の出穂した穂の形質には、健全株のそれと差は認められず(第3表)、罹病水稻内の健全茎には病気の影響は無かったものと判断された。罹病水稻の一株穎花数は、穂数減の影響を受けて健全水稻より明らかに少なかったものの、登熟歩合はむしろ高く、収量は減少傾向にあったが、健全水稻との間に有意な差は認められなかった(第4表)。

1993年の早期水稻栽培期間中の気象条件は5月上旬から8月中旬にかけて長期の日照不足であり、特に登熟期間に相当する6月下旬から8月中旬の日照は顕著に不足した(第5表)ため全般的に低収であった。この気象条件の影響により、本調査の健全水稻の穂数と登熟歩合が低い水準にあったことが、罹病水稻との間に明確な収量差が認められなかった原因の一つであったと考えられる。一方で、健全水田を含めて灌漑水または湿田土壌に由来する水稻の生育抑制、特に茎数抑制のあること

第3表 罹病水稻の穂相の変化

Table 3. Changes in characteristics of ear in diseased rice plant

| | 穂長 Length of panicle (cm) | 枝梗数 No. of rachis branches | | 退化枝梗数 No. of degenerated rachis branches | | 一穂 穎花数 Number of spikelets per panicle |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|-----------------|---|
| | | 一次 Primary | 二次 Secondary | 一次 Primary | 二次 Secondary | |
| | | 罹病水稻 Diseased rice plant | 16.2±1.0 ⁽¹⁾ | 8.1±0.7 | 12.1±1.9 | |
| 健全水稻 Healthy rice plant | 16.4±0.5 | 8.1±0.6 | 12.1±2.0 | 0.3±0.2 | 3.3±0.6 | 76.7±9.4 |

(1) 第2表を参照
See Table 2.

第4表 罹病水稻の収量および収量構成要素の変化

Table 4. Changes in yield and yield components of diseased rice plant

| | 一株穎花数 Number of panicles per hill | 登熟歩合 Percentage of ripened grains | 千粒重 Weight of 1000 grains | 一株収量 Yield per hill |
|--------------------------------|---|---|---------------------------------|---------------------------|
| | | (%) | (g) | (g) |
| 罹病水稻 Diseased rice plant | 1277.5**±324.3 ⁽¹⁾ | 62.0±4.6 | 22.9***±0.5 | 18.2±4.9 |
| 健全水稻 Healthy rice plant | 1585.6 ±271.6 | 57.9±6.0 | 24.1 ±0.7 | 22.1±4.2 |

(1) **,***: 第2表を参照
See Table 2.

第5表 1993年早期水稻栽培期間中の日照時間の推移

Table 5. Changes of sunshine hours during cultivation of rice plant in early season culture (1993)

| 月 Month | 旬 A period of 10 days | 日照時間 Sunshine hours in 1993 | 平年値 Normal value |
|------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 4 | 1 ⁽¹⁾ | 79.3 | 51.8 |
| | 2 ⁽²⁾ | 79.8 | 50.1 |
| | 3 ⁽³⁾ | 48.5 | 50.0 |
| 5 | 1 | 18.7 | 44.8 |
| | 2 | 63.0 | 50.6 |
| | 3 | 39.1 | 60.4 |
| 6 | 1 | 49.9 | 54.4 |
| | 2 | 22.9 | 41.1 |
| | 3 | 23.2 | 38.8 |
| 7 | 1 | 25.6 | 48.2 |
| | 2 | 27.8 | 63.5 |
| | 3 | 25.7 | 84.4 |
| 8 | 1 | 10.9 | 75.1 |
| | 2 | 29.4 | 72.2 |
| | 3 | 93.1 | 75.9 |

(1) 上旬

The first ten days of a month

(2) 中旬

The middle ten days of a month

(3) 下旬

The last ten days of a month

が明らかになっている¹²⁾ところから、これも黄化萎縮病および気象条件とともに複合的減収要因になったものと推測される。

黄化萎縮病については、近年効果の高い薬剤が開発されており¹³⁾、早期水稻移植直後から分けつ初期(7葉期頃)迄の冠水時に確実な防除が必要である。

摘 要

1993年に鹿児島大学農学部附属農場指宿植物試験場の早期水稻に発生した黄化萎縮病について、防除のための基礎資料を得ることを目的に、感染時期、被害様相および収量に対する影響などについて検討した。

1. 早期水稻移植後の活着期から分けつ期に相当する4月中旬から5月上旬の気象条件は、冠水をともなう降雨が6回観察され、その間の気温は20℃前後で推移した。また、罹病株を植え付け時の個体に分解したところ、一株の全個体が罹病した例は少なく、ほとんどの株に罹病個体と健全個体が混在し、罹病個体の全てが主茎、分けつともに病徴を示した。以上から、感染は分けつ期のごく初期の冠水で発生したものと推測された。
2. 罹病水田における罹病株率は、罹病水田1で100%、罹病水田2で98.3%であった。また、株

当たりの平均罹病茎率は、それぞれ40.7%、38.4%であった。

- 3) 罹病茎のほとんどが出穂不能であったため、罹病株の有効茎歩合は健全株に低べて明らかに低く、一株穂数は少なかった。一方、罹病株の中の出穂した健全茎の穂長、一次ならびに二次枝梗数およびそれらの退化数、一穂穎花数は、健全株のそれらと比べて差はなく、罹病株の中の健全茎には病気の影響はなかったものと判断された。

引用文献

- 1) 足立 操・八島敏充：稲黄化萎縮病の発病と環境ならびに苗代期における防除薬剤に関する実験結果について。病虫害発生予察特報，**3**，148-163 (1959)。
- 2) 足立 操：イネ黄化萎縮病の後期感染ならびに挿秧期と発病との関係。病虫害発生予察特報，**17**，55-58 (1964)。
- 3) 足立 操・山田貞人：イネ黄化萎縮病の幼芽期感染防止に対する種籾の薬剤粉衣ならびに薬剤処理籾殻燻炭による被覆について。病虫害発生予察特報，**17**，132-147 (1964)。
- 4) 赤井重恭・福富雅夫・土倉亮一：稲黄化萎縮病菌の遊走子嚢形成ならびに寄主感染と環境因子。病虫害発生予察特報，**3**，1-6 (1959)。
- 5) 赤井重恭・福富雅夫：イネ黄化萎縮病の幼芽期感染機構。病虫害発生予察特報，**17**，47-54 (1964)。
- 6) 伊坂実人：稲黄化萎縮病の発病と環境との関係。病虫害発生予察特報，**3**，32-37 (1959)。
- 7) 桂 崎一：イネ黄化萎縮病：感染と発病。日植病報，**31**，186-192 (1965)。
- 8) 河合利雄・山仲 巖：稲黄化萎縮病菌遊走子嚢の形成，発芽ならびに感染に関する2，3の条件について。病虫害発生予察特報，**3**，14-18 (1959)。
- 9) 川瀬 譲：稲黄化萎縮病に関する研究。農及園，**32**，1368-1369 (1957)。
- 10) 川瀬 譲：黄化萎縮病菌接種後の温度と発病との関係。病虫害発生予察特報，**3**，38-39 (1959)。
- 11) 川瀬 譲：黄化萎縮病罹病株における生育相の変化。病虫害発生予察特報，**3**，88-91 (1959)。
- 12) 長野幸男：湿田における水稻の生育不良の症状について。鹿大農場技術調査報告書，**2**，13-14 (1994)。
- 13) 小野小三郎・山口富夫：原色作物病虫害百科—診断と防除—，黄化イシユク病。農文協，東京，p. 79-82 (1987)。
- 14) 乙藤まり・吉村大三郎・高崎登美雄：1983年福岡県におけるイネ黄化萎縮病の多発生について。九州病虫害研究会報，**30**，11-14 (1984)。
- 15) 高津 覚・遠山 明：稲黄化萎縮病の卵胞子ならびに遊走子による寄主感染に関する実験。病虫害発生予察特報，**3**，7-13 (1959)。
- 16) 田杉平司：水稻黄化萎縮病に関する研究。農技研報，**C2**，1-48 (1953)。
- 17) 遠山 明・高津 覚：イネ黄化萎縮病の幼芽期感染時における覆土の効果について。病虫害発生予察特報，**17**，57-64 (1964)。
- 18) 山仲 巖・河合利雄：稲黄化萎縮病の苗代における感染時期と発生環境について。病虫害発生予察特報，**3**，19-22 (1959)。
- 19) 山仲 巖・河合利雄：稲黄化萎縮病の被害について。病虫害発生予察特報，**3**，172-174 (1959)。

Summary

An occurrence of downy mildew was noted in the rice plant of the early culture at the Ibusuki Experimental Botanic Garden, Faculty of Agriculture, Kagoshima University : and for the purpose of getting some fundamental informations available for the control of it, in 1993 some examinations were carried out on infection-time, injury-phase and effect on the yield and so on.

1. As regards the meteorological conditions from mid-April to early-May, corresponding the term from rooting to tillering stages of rice plant, heavy rain fallings were noted to have occurred six times, causing floodings, the temperature being approximately 20°C.

In almost all the diseased hills, a co-existence of both the diseased plants and the healthy ones was observed, and in the diseased plants some eminent appearances of the symptoms were noted in the whole tillers, including the main stems.

Consequently, it was assumed that the infection was brought about at the early tillering stage by the flooding.

2. As to the percentages of the diseased hill, it was fixed to be 100% in case of the paddy field 1 and 98.3% in that of the paddy field 2; the mean percentage of the diseased stems per hill being 40.7% and 38.4%, respectively.

3. In almost all the diseased stems, no panicle-emergence was recognized. Therefore, the percentages of the productive stems in the diseased hill were eminently lower than those of the healthy ones, the number of the panicles per hill being fewer.

On the other hands, compared with those noted in the healthy ones, the lengths of the panicles emerged out of the healthy stems, the number of the primary and the secondary rachises including those of the degenerated ones, and the number of spikelets per panicle observable in the diseased hills showed almost no differences from those in the former.

Hence it was concluded that no effects of the disease appeared in the healthy stems of the diseased hill.