

オオムギ黄枯病の発病に及ぼす土壤水分の影響

楠 幹生¹⁾・十河和博
(香川県農業試験場)

Influence of soil water on an outbreak of browning root rot of barley

By Mikio KUSUNOKI and Kazuhiro SOGOU (Kagawa Prefectural Agricultural Experiment Station, Busshozan, Takamatsu 761)

Emergence of barley (Sanuki-hadaka) was remarkably decreased when water content of naturally infested (NI) soil was adjusted to over 30%. The emergence was also depressed, regardless of the species, as water content increased in the heat-treated soil which was modeled for an ecological study and singly inoculated with 3 species of browning root rot fungi even at low density of the inoculum. Growth of barley in NI soil with different water contents (15-30%) was poor, compared with autoclaved soil (20% water content), and browning of the roots and detection rate of the pathogenic *Pythium* spp. were increased as water content increased. At 30% of water content of NI soil, root growth was remarkably poor. Culm and ear lengths, and yield were also depressed under these conditions.

緒 言

オオムギ黄枯病は田杉(1934)により報告された *Pythium* 属菌による病害で、楠・一谷(1994)はそれら病原菌の形態や病原性を調べ、3種の *Pythium* 属菌の種名を明らかにした。一方、*Pythium* 属菌による病害は高水分土壤条件下で多発するとされており、楠ら(1990)は香川県のオオムギ栽培ほ場において、ほ場の排水が悪いほど黄化症状の被害程度が高くなることを認めている。そこで、1993年から1994年にかけて、汚染土壤および接種土壤におけるオオムギ種子の発芽およびその後の生育を調査し、オオムギ黄枯病の発病に及ぼす土壤水分の影響について検討したのでここに報告する。

なお、本論文の一部は既に口頭発表を行った(楠・十河, 1995a)。また、前香川県病害虫防除所長都崎芳久氏には本稿を取りまとめるに当たり種々のご助言をいただいた。厚く御礼申上げる。

試 験 方 法

1. 供試菌および耐久体の採取

供試した3種の黄枯病菌は *P. spinosum* (IFO32611), *P. ultimum* var. *ultimum* (IFO32612) および *P. sylvaticum* (IFO32609) である。供試菌は500ppm小麦胚芽油添加10%V8ジュース液体培地で25℃、6週間培養し、Kusunoki and Ichitani(1982)の方法に準じて *P. ultimum* var. *ultimum* および *P. spinosum* は卵胞子を、*P. sylvaticum* は hyphal swellings を以下のようにして採取した。すなわち、上記の培養菌体を三角フラスコとともに-20℃で3時間以上凍結処理したのち、45℃の温水中で急速に解凍した。これをホモジナイザー(日本製機社製)で破碎(14,000rpm, 2分間)し、ついで200メッシュ(孔径75μm)と390メッシュ(孔径38μm)のタイラー型分析篩(飯田製作所製)を順に通して菌糸片を除去し最後に645メッシュ(孔径20μm)の同型分析篩に入

1) 現在 香川県病害虫防除所

れ、洗浄ビン中の冷滅菌水を篩面に吹き付けて卵胞子に付着している小さなきょう雑物や培地成分などを洗い流し、卵胞子のみを篩面上に回収した。これを滅菌水中に懸濁し、卵胞子浮遊液を得た。浮遊液中の卵胞子数はトーマの血球計算器によって計数した。以上の操作は氷冷下で行った。

2. 供試土壌

1993年10月20日に、オオムギ黄枯病の常発地である香川農試（高松市仏生山町）の62号より水稻収穫後の土壌（砂壤土）を採取し、汚染土壌とした。この土壌を121℃で1時間高圧滅菌して滅菌土壌とした。また、汚染土壌をポリエチレン袋に約1kg入れてシールし、東條・一谷（1992）の方法に準じて60℃の水浴中に1時間浸漬して湿熱処理することにより3種の黄枯病菌を含む在来の*Pythium*属菌を死滅させた。その後、10～15℃の暗黒化に1～3か月間無菌的に静置して*Pythium*属菌以外の土壌微生物を回復させ、モデル土壌とした。

3. オオムギ種子の出芽に及ぼす土壌水分の影響

平山ら（1994）の方法に準拠し、含水率で10～35%に調節した汚染土壌および滅菌土壌をプラグ苗用トレイの各セルに約4g入れ、オオムギ種子を各セルに1粒ずつ、1区当たり70粒まき、これを15℃、12hr照明の温室に14日間静置してオオムギ「サヌキハダカ」種子の出芽率を求めた。

つぎに、上記の方法で作製したモデル土壌に3種の黄枯病菌（*P. spinosum*、*P. ultimum*、*P. sylvaticum*）の耐久体をそれぞれ乾土g当たり10¹～10⁶個接種し、各土壌の含水率を15～30%に調節し、プラグ苗用トレイに入れて同様な実験を行った。

出芽することなく土壌中で腐敗した種子については、種子や根部から*Pythium*属菌の分離を行った。

すなわち、70%エタノールに30秒間浸漬して表面消毒を行い、その後滅菌水で2回洗浄してCMA培地上に置床し、25℃の暗黒下で1～2日間静置培養することにより菌を分離した。

4. オオムギ葉の黄化症状の程度、根部の褐変程度、*Pythium*属菌の分離率および収量に及ぼす土壌水分の影響

黄枯病の常発地より採取した汚染土壌およびその高圧滅菌土壌に尿素入り硫化燐安高度化成肥料〔ハイパワー747（N：17%、P：14%、K：17%）〕を10a当たり60kg施肥し、1993年12月15日にオオムギ（「サヌキハダカ」、イチバンボンシ）種子を1/2,000aのワグネルポットに10a当たり各12kg播種して1か月間自然条件下で生育させ、その後地下水位を調節することによって土壌の含水率を約15、20、25、30%に調節し、収穫まで調査した。

葉の黄化症状の程度は1994年1月15日から4月30日まで15日間隔で、1/2,000aのワグネルポットに生育した全株の上位5葉について表-1に示した基準に基づいて調査し、各処理区の発病程度を算出して平均値を求めた。根部の褐変程度は、3月5日に1/2,000aのワグネルポットに生育した全株について表-1に示した基準によって調査し、各処理区の発病程度を算出して平均値を求めた。

根部からの*Pythium*属菌の分離は、処理区当り10株のオオムギを用いてそれぞれの株から10本の根を採取し、前記3の方法によって分離率を算出した。

収量調査は、5月22日に1/2,000aのワグネルポットで生育した全株について稈長、穂長、穂数および玄麦重を調査することにより行った。

表-1 黄化病状および根部の褐変程度の区分（河合氏案に準拠）^{a)}

指数（株数）	葉身の黄化病状の程度	根部の褐変程度
0	発生を認めない	発生を認めない
1 (D)	ごく一部にわずかに認める	ごく一部にわずかに認める
2 (C)	一部に明らかに認める	約1/2に明らかに認める
3 (B)	かなりの葉身に明らかに認める	約2/3に明らかに認める
4 (A)	大部分の葉身に明らかに認める	大部分に明らかに認める

$$a) \text{ 葉身の黄化病状および根部の褐変程度} = \frac{4 \times A \text{ 株数} + 3 \times B \text{ 株数} + 2 \times C \text{ 株数} + 1 \times D \text{ 株数}}{4 \times \text{調査数}} \times 100$$

結 果

1. オオムギ種子の出芽に及ぼす土壤水分の影響

オオムギ種子の出芽に及ぼす土壤水分の影響を表-2に示した。汚染土壤では含水率が上昇するにつれ、オオムギ種子の出芽率は徐々に低下し、30%を越えると出芽率は著しく低下した。滅菌土壤においても、含水率が30%を越えるとオオムギ種子の出芽率に僅かな低下が見られた。出芽することなく土壤中で腐敗していた種子からの菌類の分離を行うと、汚染土壤の場合は高率に*Pythium*属菌が分離されたが、滅菌土壤からは本菌は分離されなかった。

つぎに、3種の黄枯病菌の耐久体をモデル土壤に

表-2 汚染土壤中におけるオオムギ種子の出芽に及ぼす土壤水分の影響

土 壤	出芽率 (%)					
	10 ^{a)}	15	20	25	30	35
汚染土壤	100.0	92.9	78.6	75.0	17.7	7.1
滅菌土壤	100.0	100.0	100.0	100.0	78.5	71.4

a) 含水率 (%)

それぞれ接種し、オオムギ種子の出芽に及ぼす土壤水分の影響をみたところ、表-3、4および5の結果を得た。*P. spinosum*の卵胞子をモデル土壤に接種した場合、含水率が增加するとより少ない菌数でオオムギの出芽率を低下させた(表-3)。*P. ultimum*の卵胞子および*P. sylvaticum*のhyphal swellingsをモデル土壤に接種した場合でも、*P. spinosum*の場合と同様の傾向になり(表-4、5)、菌種に関係

表-3 *P. spinosum*の卵胞子を接種したモデル土壤中におけるオオムギ種子の出芽に及ぼす土壤水分の影響

卵胞子 (個/乾土g)	出芽率 (%)			
	15 ^{a)}	20	25	30
0	100.0	100.0	100.0	85.7
1×10 ¹	100.0	100.0	100.0	85.7
1×10 ²	100.0	100.0	92.9	71.4
1×10 ³	100.0	85.7	92.9	42.9
1×10 ⁴	100.0	92.9	71.4	28.6

a) 含水率 (%)

表-4 *P. ultimum*の卵胞子を接種したモデル土壤中におけるオオムギ種子の出芽に及ぼす土壤水分の影響

卵胞子 (個/乾土g)	出芽率 (%)			
	15 ^{a)}	20	25	30
0	100.0	100.0	100.0	100.0
1×10 ¹	100.0	100.0	100.0	71.4
1×10 ²	100.0	100.0	100.0	71.4
1×10 ³	100.0	92.9	85.7	42.9
1×10 ⁴	100.0	92.9	85.7	50.0
1×10 ⁵	100.0	85.7	71.4	42.9

a) 含水率 (%)

表-4 *P. sylvaticum*のhyphal swellingsを接種したモデル土壤中におけるオオムギ種子の出芽に及ぼす土壤水分の影響

Hyphal swellings (個/乾土g)	出芽率 (%)			
	15 ^{a)}	20	25	30
0	100.0	100.0	100.0	92.9
1×10 ¹	100.0	100.0	100.0	92.9
1×10 ²	100.0	100.0	100.0	85.7
1×10 ³	100.0	100.0	100.0	35.7
1×10 ⁴	100.0	100.0	100.0	21.4
1×10 ⁵	100.0	85.7	92.9	28.6

a) 含水率 (%)

なく含水率が增加するとより少ない菌数でオオムギの出芽率が低下することが明らかになった。*P. ultimum*の卵胞子を1×10⁵個/乾土gモデル土壤に接種してオオムギの発芽および発根状況を見ると、含水率が30%の汚染土壤中では、全く発芽、発根していないもの、発芽していてもほとんど発根していないものや根の伸長が抑制されているものが観察された(図-1)。また、これらの種子や根から菌類の分離を行うと、接種菌が再分離された。

2. オオムギ葉の黄化症状の程度、根部の褐変程度、*Pythium*属菌の分離率および収量に及ぼす土壤水分の影響

「サヌキハダカ」と「イチバンボシ」について、土壤水分別に葉の黄化症状の経時変化を図-2、3に示した。「サヌキハダカ」および「イチバンボシ」はともに含水率30%区で1月30日から葉が黄化ははじめ、その他の土壤水分区では2月15日から黄化をはじめた。滅菌土壤の「サヌキハダカ」では2



図-1 含水率30%のモデル土壌(1×10⁶個の*P. ultimum* 卵孢子/乾土g)中でのオオムギの発芽、発根状況
 左の3個体：無接種土壌
 右の9個体：接種土壌

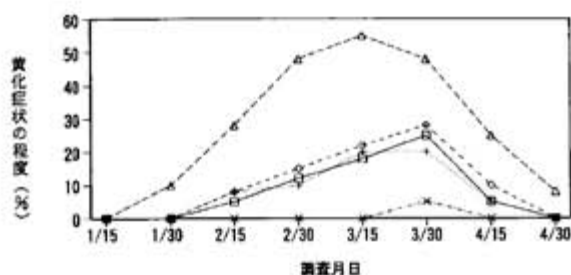


図-2 含水率を異にした土壌に生育したサヌキハダカの黄化症状の程度の経時変化(1994)
 □：含水率15% +：含水率20%
 ◇：含水率25% △：含水率30%
 ×：滅菌土壌(含水率20%)

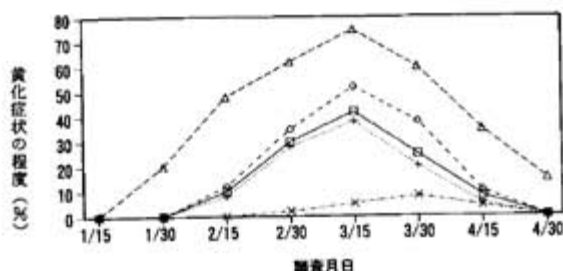


図-2 含水率を異にした土壌に生育したイチバンボシの黄化症状の程度の経時変化(1994)
 □：含水率15% +：含水率20%
 ◇：含水率25% △：含水率30%
 ×：滅菌土壌(含水率20%)

月30日から、「イチバンボシ」は3月15日から黄化をはじめた。黄化症状の程度は「サヌキハダカ」および「イチバンボシ」において含水率30%区で著しく高く推移し、土壌水分が低下するとその程度も低くなった。滅菌土壌では黄化症状の程度は著しく低くなった。「イチバンボシ」は「サヌキハダカ」に比べると、全ての土壌水分区において黄化症状の程度は低かった。

「サヌキハダカ」と「イチバンボシ」において、根部の褐変程度および*Pythium*属菌の分離率に及ぼす土壌水分の影響について調べ、その結果を表-6, 7に示した。「サヌキハダカ」および「イチバンボシ」の根部の褐変程度および*Pythium*属菌の分離率は、含水率30%区で最も高く、土壌水分が低下すると低くなった。滅菌土壌では根部の褐変程度は低く、*Pythium*属菌は分離されなかった。「サヌキハダカ」では、「イチバンボシ」に比べてすべての土壌水分区において根部の褐変程度および

表-6 サヌキハダカの根部の褐変程度および*Pythium* spp.の分離率に及ぼす土壌水分の影響

含水率(%)	根部の褐変程度(%)	<i>Pythium</i> spp.の分離率(%)
15	35.9	24.2
20	47.8	45.1
25	55.2	52.3
30	72.5	85.6
滅菌土壌(20%)	4.5	0.0

a) 3月5日に測定

表-7 イチバンボシの根部の褐変程度および*Pythium* spp.の分離率に及ぼす土壌水分の影響

含水率(%)	根部の褐変程度(%)	<i>Pythium</i> spp.の分離率(%)
15	25.3	18.5
20	34.6	28.4
25	38.5	30.5
30	62.5	78.2
滅菌土壌(20%)	5.5	0.0

a) 3月5日に測定

Pythium 属菌の分離率が高かった。「サヌキハダカ」と「イチバンボシ」において、稈長、穂長、穂数および玄麦重に及ぼす土壤水分の影響について調べ、その結果を表-8, 9に示した。「サヌキハダカ」および「イチバンボシ」の稈長、穂長、穂数および玄麦重は、ともに含水率が20%を越えると減少し、「サヌキハダカ」ではその程度が顕著であった。滅菌土壤では汚染土壤のすべての土壤水分区に比べて両品種の生育が良好で含水率が20%の汚染土壤区の「サヌキハダカ」に比べて滅菌土壤における稈長は約4割、収量は約4.5割増であった。

表-8 サヌキハダカの稈長、穂長、穂数および玄麦重に及ぼす土壤水分の影響

含水率 (%)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	玄麦重 (kg/10a)
15	63.8	5.5	453	438
20	65.4	5.3	482	452
25	52.8	4.5	386	325
30	18.5	2.2	252	85
滅菌土壤 (20%)	90.5	4.8	654	655

表-9 イチバンボシの稈長、穂長、穂数および玄麦重に及ぼす土壤水分の影響

含水率 (%)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	玄麦重 (kg/10a)
15	60.3	5.2	485	488
20	64.8	5.0	513	512
25	55.5	4.5	452	425
30	25.5	2.8	328	125
滅菌土壤 (20%)	92.8	4.5	688	625

考 察

オオムギ種子の出芽率は、含水率が30%を越えると滅菌土壤や黄枯病菌無接種のモデル土壤中でも僅かな低下が見られたが、汚染土壤や3種の各黄枯病菌の耐久体を多量に接種したモデル土壤中では著しく低下した。また、黄枯病菌が存在する土壤では、根の伸長が抑制されており、この根部から黄枯病菌が分離された。このように、黄枯病菌が存在しない土壤でも、土壤水分の影響で僅かにオオムギ

の出芽が抑制されるが、黄枯病菌が存在すると、黄枯病菌の根部への侵入により著しく出芽が抑制されることがわかった。また、3種の黄枯病菌の耐久体をそれぞれ接種したモデル土壤中では、菌種に関係なく含水率が増加することより、より少ない菌数でオオムギの出芽率を低下させ、これは平山ら(1994)が *P. aphanidermatum* と *P. spinosum* を用い、ハウレンソウで行った試験の結果と一致した。これらの結果から、黄枯病菌は高水分になると、より少ない菌数でオオムギの根部に侵入できるようになり、オオムギの出芽率を低下させると考えられた。したがって、高水分時の播種によるオオムギの出芽率の低下にも、黄枯病菌の関与が推察された。

発芽後のオオムギの生育に及ぼす土壤水分の影響を調べると、土壤水分が上昇するとオオムギの「サヌキハダカ」、「イチバンボシ」両品種とも葉の黄化症状の程度は高く推移し、根部の褐変程度および *Pythium* 属菌の分離率も高くなり、収量は低下した。このことから、土壤水分が上昇すると黄枯病菌が根部に侵入しやすくなり、黄枯病の発病を助長させると考えられた。これは、楠ら(1990)が報告したオオムギ栽培場の排水状態と黄化症状の被害との関係について調べた結果と一致する。また、オオムギ品種「イチバンボシ」は、「サヌキハダカ」に比べて土壤水分が上昇しても葉の黄化症状の程度は低く推移し、根部の褐変程度および *Pythium* 属菌の分離率も低く、収量は高かった。これらのことから、「イチバンボシ」は「サヌキハダカ」に比べ、土壤水分の影響を受けにくいと考えられた。これは「イチバンボシ」が「サヌキハダカ」に比べて、黄枯病に対して耐病性を示すことによるものと考えられた(楠・十河, 1995)。また、同一の水分下の滅菌土壤と汚染土壤でのオオムギの生育から、黄枯病は *Pythium* 属菌によって起こり、葉の黄化や根部を褐変させて収量を低下させることが確認された。しかし、土壤水分のみの影響でオオムギの生育を抑制することも考えられる(表-2, 3, 5参照)ことから、今後黄枯病菌が存在しない土壤での土壤水分の生育に及ぼす影響についても調べる必要がある。

摘 要

汚染土壤で含水率が30%を越えると、オオムギ(サヌキハダカ)の出芽率は著しく低下した。汚染

土壤から作製したモデル土壤に3種の黄枯病菌の耐久体をそれぞれ接種したところ、菌種に関係なく含水率が増加すると、より少ない菌数でもオオムギの出芽率が低下した。高圧滅菌土壤（含水率20％）に比べ、汚染土壤のすべての土壤水分区ではオオムギの生育が悪く、含水率が増加すると根部の褐変程度および黄枯病菌の分離率が高まった。この場合、含水率が約30％になると、汚染土壤の根の生育は極度に不良となり、稈長、穂長および収量が減少した。

引用文献

- 平山喜彦・東條元昭・一谷多喜郎（1994）：畑土壤におけるハウレンソウ幼植物に対する *Pythium* 属菌の最少卵胞子の推定。日植病報，60：778。
- Kusunoki, M. and Ichitani, T. (1982) : Preparation of Mycelium-free Oospores of *Pythium butleri* by a Freezing Method. Ann. Phytopath. Soc. Japan, 48 : 695~698.
- 楠 幹生・秋山修一・都崎芳久（1990）：香川県仲多度地域における裸麦黄化症状について。四国植防，25：23~31。
- 楠 幹生・一谷多喜郎（1994）：オオムギ黄枯病を起こす *Pythium* spp. について。日植病報，60：305~309。
- 楠 幹生・十河和博（1995a）：オオムギ黄枯病の発病に及ぼす土壤水分の影響。日植病報，61：225。
- 楠 幹生・十河和博（1995b）：オオムギ黄枯病罹病個体における根の生育および活性について。四国植防，30：21~26。
- 田杉平司（1934）：麦類の黄枯病に就て。日植病報，3：78~79。
- 東條元昭・一谷多喜郎（1992）：Aerated steam (AS) 処理により *Pythium* 属菌を不活化した畑土壤における微生物相，物理性および化学性の変化。土の微生物，40：33~36。