

稲湛水直播における発芽障害の病理的研究

第1報 発芽障害に関する病原菌

山口富夫・鈴木穂積

(農林省北陸農業試験場)

保護苗代が普及していなかったころの寒冷地水苗代では苗腐病による発芽障害が激しかったが、最近では保温折衷苗代の普及でほとんど問題になっていない。しかし、近年増加の傾向にある湛水直播では保温処置がとれないために、低水温の場合には病菌によると思われる発芽障害の多発することがあるので、早急にこれが対策を構ずる必要があり、その第1歩として関与する病原菌について調査を行なった。すでに水苗代における苗腐性病原菌⁽¹⁾⁻⁽⁹⁾については多くの研究があり、主として *Saprolegnia-ceae* および *Pythiaceae* の菌類が関与し、その他 *Fusarium*, *Alternaria* および細菌類も発芽障害をおこすことがあるといわれている。湛水直播の発芽障害もほぼこれと相似した病原菌が関与していると考えられるが、2、3のあらたな知見を得たので報告する。

I 種籾からの分離菌とその病原性

北陸農試昭和39年度産の種籾(品種:越路早生)を任意に供試籾とし、昇汞アルコールにより、籾または玄米を表面殺菌後、アグリマイシン加用馬鈴薯煎汁培地において菌の分離を行なった。また乾燥不十分な貯蔵籾(含水量17.6%, 発芽率76%), 十分な貯蔵籾(含水量12.9%, 発芽率91%)の発芽試験を行ない、その際不発芽の籾から菌の分離を行なった。これらの結果は第1表のとおりである。

第1表 種籾から分離される菌類

| 菌名 | 分離源 | | 不発芽籾 | |
|-------------------------|-----|-----|---------|--------|
| | 玄米 | 籾殻 | 乾燥不十分な籾 | 乾燥充分な籾 |
| <i>Fusarium</i> | 31 | 167 | 46 | 5 |
| <i>Curvularia</i> | 19 | 29 | 6 | 8 |
| <i>Alternaria</i> | 1 | 0 | 3 | 1 |
| <i>Stemphylium</i> | 1 | 9 | 0 | 0 |
| <i>Helminthosporium</i> | 0 | 1 | 3 | 0 |
| <i>Penicillium</i> | 1 | 7 | | |
| <i>Hormodendrum</i> | 0 | 1 | | |
| <i>Achlya</i> | 0 | 1 | | |
| <i>Pythium</i> | 0 | 1 | | |
| <i>Aspergillus</i> | — | 6 | | |
| <i>Cladosporium</i> | — | 4 | | |
| <i>Rhizopus</i> | — | 2 | | |
| <i>Cercospora</i> | — | — | | |

また分離した菌が発芽障害をおこすか、どうかをみるために、あらかじめ培養した分離菌の平面培地に種籾をおいて接種し、2日後にその種籾を湛水状態で発芽試験

を行なったところ第2表のような結果となった。

第2表 種籾から分離した菌の病原性

| 菌名 | 群別 | 検定株数 | 菌叢および胞子の状態 | 平均発芽率 | |
|-------------------------|------|------|------------|-------|----------|
| | | | | % | % |
| <i>Fusarium</i> | I | 22 | 紅色, 胞子形成多 | 71 | 9 ~ 96 |
| | II | 26 | 紅色, 胞子形成少 | 85 | 60 ~ 100 |
| | III | 53 | 黄緑色, 胞子粘塊性 | 67 | 23 ~ 100 |
| | IV | 25 | 黄緑色 | 33 | 7 ~ 91 |
| | V | 10 | 白色, 小形胞子あり | 58 | 7 ~ 90 |
| | VI | 7 | 白色, 小形胞子なし | 73 | 55 ~ 85 |
| | VII | 29 | 白色, 菌叢綿状 | 60 | 15 ~ 95 |
| | VIII | 2 | 淡黒色 | 93 | 92 ~ 93 |
| | IX | 15 | 淡黒色, 菌叢綿状 | 55 | 26 ~ 91 |
| <i>Curvularia</i> | I | 22 | 黒緑色, 胞子小 | 48 | 16 ~ 100 |
| | II | 7 | 黒緑色, 胞子大 | 47 | 15 ~ 70 |
| | III | 14 | 黒色, 胞子小 | 38 | 5 ~ 60 |
| | IV | 2 | 黒色, 胞子普通 | 86 | 80 ~ 93 |
| <i>Alternaria</i> | I | 2 | 胞子大 | 38 | 37 ~ 40 |
| | II | 1 | 胞子小 | 87 | 87 |
| <i>Cladosporium</i> | I | 2 | 菌叢周辺に白色部 | 44 | 42 ~ 47 |
| | II | 2 | 緑黒色, ビロード状 | 42 | 7 ~ 77 |
| <i>Stemphylium</i> | I | 6 | 胞子大 | 56 | 45 ~ 75 |
| | II | 3 | 胞子小 | 75 | 65 ~ 85 |
| <i>Helminthosporium</i> | I | 1 | 胞子短 | 5 | 5 |
| | II | 2 | 胞子長 | 46 | 25 ~ 68 |
| <i>Cercospora</i> | I | 1 | | 23 | 23 |
| <i>Aspergillus</i> | I | 6 | | 45 | 17 ~ 71 |
| <i>Rhizopus</i> | I | 2 | | 40 | 40 |
| 発芽床 | | | | 91 | |

種籾からの分離菌は玄米でも、籾殻でも、*Fusarium* が圧倒的に多く、ついで *Curvularia* であった。また玄米からよりも籾殻からの方が多くの菌が分離される。上記2属のほか11属の菌類が分離されたが、分離数は少ない。不発芽籾を対象とした場合も *Fusarium*, *Curvularia* が多く、とくに乾燥不十分な籾からは多量の *Fusarium* が分離された。*Fusarium* はその培養上の菌叢、胞子の形などから9群に大別した。II群, VIII群のように菌株によっては発芽阻害力の弱いものもあるが、大部分は障害をおこすようである。ついで分離頻度の高い *Curvularia* は4群に大別され、IV群をのぞけば阻害力は強い。*Alternaria* 以下の菌は分離頻度が低いので、病原菌と

しての値は低いが、発芽阻害力は強い。これらの結果から種粒に付着している菌は湛水状態でも大半は発芽阻害力を持つと考えられるので、消消毒を怠ったり、不十分であったりすると障害の原因になると考えられる。

II 土壌からの分離菌とその病原性

3月～5月に数回、場内の湿田から表土を径 15cmのシャーレに採取し、その上に、2%ホルマリン液で4時間殺菌後、殺菌水で洗った玄米をばらまき、その上から

第3表 土壌から分離される菌とその病原性

| 菌名 | 分離菌株数 | 検定菌株数 | 平均発芽率 | 発芽率範囲 | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|----|
| | 株 | 株 | % | % | % |
| <i>Fusarium</i> | 25 | 18 | 43 | 0 | 80 |
| <i>Pythium</i> | 23 | 14 | 44 | 0 | 90 |
| <i>Achlya</i> | 4 | 4 | 64 | 55 | 70 |
| <i>Alternaria</i> | 3 | 3 | 58 | 50 | 95 |
| <i>Penicillium</i> | 3 | 3 | 88 | 85 | 90 |
| <i>Protoachlya</i> | 2 | 2 | 45 | | 45 |
| <i>Aspergillus</i> | 2 | 2 | 80 | 70 | 90 |
| <i>Rhizopus</i> | 2 | 2 | 70 | | 70 |
| <i>Cladosporium</i> | 2 | 2 | 75 | 65 | 85 |
| <i>Curvularia</i> | 2 | 2 | 73 | 60 | 85 |
| 不明 | 11 | 10 | 63 | 45 | 90 |
| 対照殺菌粒 | | | 90 | | |

殺菌水を注いで、18°～20°Cの定温器に保ち、5～7日後に玄米の表面に繁殖する菌を同定した。このようにして得た菌を前項と同様に接種し、発芽試験を行なった。この結果は第3表のとおりである。

土壌から分離された菌は約10属で、*Fusarium*, *Pythium* などの分離頻度が高く、また *Achlya*, *Protoachlya* などの水生菌もかなり分離される。これらの菌は種粒からの分離菌と同様、菌叢および胞子の状態によっていくつかの菌群に分かれるようであるが、ほとんどの菌株が湛水状態で発芽阻害力を持つようである。また *Alternaria* 以下の菌も発芽阻害力を示す菌株が多いが、分離頻度が低いので実際にはあまり問題にならないと考えられる。

III 灌漑水からの分離菌

1月～5月に水田の灌漑水を採水して、径 15cmの殺菌シャーレに入れ、この中にホルマリンで殺菌した玄米をばらまき、玄米に発生する菌を同定したところ第4表のような結果を得た。

分離される菌は *Achlya*, *Protoachlya*, *Saprolegnia* などの水生菌および *Pythium* が多く、また既往の調査では、灌漑水からの分離がほとんどなかった *Fusarium*

第4表 灌漑水から分離される菌類

| 採水月日 | 水田状態 | 供試玄米数 | 着菌率 | <i>Achlya</i> | <i>Protoachlya</i> | <i>Saprolegnia</i> | <i>Aphanomyces</i> | <i>Pythiopsis</i> | <i>Pythium</i> | <i>Fusarium</i> | |
|--------|------|-------|------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|----|
| 1月 25日 | 湿田 | 400 | 6.3% | 4株 | 19株 | 0株 | 0株 | 0株 | 0株 | 2株 | |
| | 乾田 | 400 | 12.5 | 0 | 30 | 5 | 0 | 0 | 6 | 9 | |
| 2月 1日 | 湿田 | 60 | 18.3 | 2 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| | 乾田 | 60 | 30.0 | 3 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | |
| 2月 10日 | 湿田 | 60 | 50.0 | 9 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 乾田 | 60 | 81.7 | 11 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4月 7日 | 湿田 | 50 | 64.0 | 11 | 20 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| | 乾田 | 50 | 64.0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 26 | 1 | |
| 4月 14日 | 湿田 | 50 | 78.0 | 14 | 6 | 0 | 3 | 5 | 8 | 3 | |
| | 乾田 | 50 | 80.0 | 22 | 3 | 1 | 5 | 0 | 9 | 0 | |
| 4月 21日 | 湿田 | 50 | 62.0 | 11 | 0 | 7 | 1 | 0 | 10 | 2 | |
| | 乾田 | 50 | 68.0 | 12 | 2 | 1 | 4 | 1 | 13 | 1 | |
| 4月 28日 | 湿田 | 50 | 34.0 | 7 | 1 | 1 | 1 | 0 | 5 | 2 | |
| | 乾田 | 50 | 52.0 | 10 | 1 | 1 | 3 | 0 | 9 | 2 | |
| 5月 6日 | 湿田 | 50 | 70.0 | 4 | 1 | 3 | 3 | 0 | 18 | 6 | |
| | 乾田 | 50 | 90.0 | 15 | 3 | 8 | 4 | 0 | 11 | 4 | |
| 5月 12日 | 湿田 | 50 | 68.0 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 18 | 11 | |
| | 乾田 | 50 | 98.0 | 14 | 4 | 5 | 3 | 0 | 21 | 1 | |
| 5月 19日 | 湿田 | 50 | 96.0 | 17 | 1 | 2 | 4 | 0 | 9 | 11 | |
| | 乾田 | 50 | 98.0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 1 | 41 | 0 | |
| 5月 28日 | 湿田 | 50 | 74.0 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 26 | 5 | |
| | 乾田 | 50 | 88.0 | 5 | 1 | 2 | 0 | 0 | 27 | 9 | |
| | | | | 分離菌株数 | 180 | 168 | 48 | 36 | 7 | 257 | 75 |

もかなり分離された。時期別にみると、1月および2月の低水温の時期は分離される菌数が少ないが、4月以降は非常に多くなるので、湛水直播の播種時期には早播、晩播をとわず、灌漑水中の病原菌濃度はかなり高いと考えられる。*Pythium* は1月~2月に少なく、4月以降に増加し、*Protoachlya* は1月~2月に多く、4月以降は少ない傾向があるが、*Achlya*, *Saprolegnia*などは時期的に大きな変化はない。湿田と乾田では湿田の方がやや菌量が少なく、とくに *Pythium* ではその傾向が明らかであった。これらの菌を接種して発芽試験を行なった結果、前項までの分離菌と同様、大部分の菌株は発芽阻害力強いことを認めた。(表省略)

IV 自然発病の障害粒からの分離菌

1.2m×1.2mのコンクリート枠に湛水直播を行ない、その際発生した発芽障害粒のうち、明らかに菌糸の発生がみられる30粒について、菌を同定した結果は第5表のとおりである。

第5表 コンクリート枠水田に発生した障害粒から分離される菌類

| 播種時期 | 菌名 処理 | <i>Achlya</i> | <i>Saprolegnia</i> | <i>Pythium</i> | <i>Fusarium</i> | 不明 |
|-------|----------|---------------|--------------------|----------------|-----------------|----|
| | | | | | | |
| 4月23日 | 無水銀剤 | 11 | 3 | 10 | 2 | 4 |
| 4月23日 | 種子消毒 | 19 | 1 | 10 | 0 | 0 |
| 5月7日 | 無処理 | 12 | 2 | 8 | 4 | 4 |

このような自然障害粒から菌を分離した結果では *Achlya*, *Pythium* が多く、同定できなかった菌株もその形態から、水生菌科に属すると思われるので、自然状態で発芽障害をおこすのは *Pythium*, 水生菌類が主たるものと推察される。*Fusarium* は前項の調査では種粒土壌から多量に分離され、灌漑水からも少数分離されているが、自然の障害粒からは分離頻度が低い。土面に播種した種粒は灌漑水中の水生菌の侵害を受けやすく、種粒、土壌に多い *Fusarium* は水生菌に抑えられてしまう結果ではないかと考えられる。とくに水銀剤の種子消毒、土壌灌注区では *Fusarium* の被害粒は観察されず、無処理区の *Fusarium* は種子、あるいは土壌から伝搬した疑いが濃い。

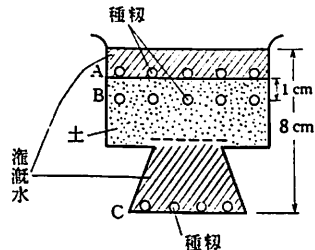
V 土中の種粒からの分離菌

北陸地域の水田は重粘土が多く、湛水中にしたいに種粒が土中に埋没し、不発芽に終る場合がある。この不発芽の原因が病原菌によるものか、土壌的要因によるものか、いずれが支配的かを明らかにする必要があるので、前述したコンクリート枠内の地下1cmに無処理または水銀剤を処理した種粒を播種し、その発芽状況を観察した。土中に播種した粒には水中の障害粒にみられるような菌糸の繁殖がなく、数百粒中のわずか3粒に菌糸様の発生を認めたので同定したところ *Fusarium* であった。

土中の粒の不発芽に関与する病原菌について、もう少し詳細に観察するために、第1図のようにデシケータの下端に種粒を入れ、中段に水田土壌を代かきしてつめ、土面から深さ1cmの位置に、外から見えるように硝子面に接して種子粒を埋めた。20°Cの定温器で発芽を観察し、菌の分離を行なった結果は第6表のとおりである。

第6表 播種位置と発芽率および分離菌

| 播種位置 | 区 | 発芽率 | 菌糸の発生 | 分離菌 |
|----------------|----|-----|-------|-----------------|
| 土面 A | I | 65% | + | <i>Pythium</i> |
| | II | 70 | + | 水生菌類 |
| 土中 1cm B | I | 15 | ± | <i>Fusarium</i> |
| | II | 30 | ± | 細菌 |
| 下水 段中 C | I | 90 | + | <i>Pythium</i> |
| | II | 80 | + | 水生菌類 |



第1図 播種位置に関する発芽試験

デシケータの硝子面から観察すると、土面および下段の水中(C)の種粒には明らかに水生菌と思われる菌糸の発生がみられるが、土中の粒は菌糸の発生が明らかでない。下段の水中では菌糸の発生がみられるので、土中で発生がみられないのは単に酸素不足ではなさそうである。土中の粒を取出してみると、わずかに菌糸様のものが見える粒があるが、このような粒からは *Fusarium* が分離され、また外観健全な不発芽粒は玄米部分が軟腐状に腐敗しているものが多く、そのような粒からは細菌が分離される。したがって土中粒の不発芽に菌、細菌などが関与しているのは確実であるが、不発芽粒の状態、菌の分離状況などから考えると、菌類が主因というより、発芽を抑制するような土壌的要因の方が大きいように思われる。

VI 考察

コンクリート枠に湛水直播して、水中にある種粒に発生した菌を調査した結果、*Pythium*, *Achlya*, *Saprolegnia* などが多く、安部、鎌谷、永井ら、伊藤、島田らが水苗代において調査した苗腐性病害の病原菌と同様である。また少数ではあるが、*Fusarium* も分離されたが、このことについてはすでに伊藤が種粒に付着している *Fusarium* が苗腐れをおこすことを報告し、また柄内・照井は稲わらに越冬している *Fusarium* が苗腐れをお

こすことを明らかにしているの、新しい知見ではない。しかし本試験では種籾や稲わらだけでなく、水田土壤、灌漑水にも *Fusarium* が多いことを明らかにした。また、灌漑水から菌の分離を経時的に行なった結果、*Pythium* は1月~4月は少なく、4月以降に多かった。しかし永井ら、鑑谷の調査によれば *Pythium* は13°~14°C以下の低水温の時期に多く、それ以上に水温が上昇すると *Saprolegniaceae* の菌類が多くなるとしており、本試験の結果とは異なるので、なお検討を要する。土中にもぐった籾の障害に関与する菌については既往の調査はないが、本試験の結果では、籾の周囲には水中におけるような明瞭な菌の繁殖はなく、分離した結果も、*Pythium*, *Achlya* などの水生菌類はなく、細菌および *Fusarium* であった。しかしこれらの菌が発芽を阻害する主要因とは考えられず、発芽力を減退させるよ

うな土壌条件の場合にのみ菌が関与すると考えられるのでなお試験を継続中である。

引用文献

- 1 安部卓爾(1928): 農及園3, 259~270, 381~392, 643~650.
- 2 鑑谷大節(1956): 東北農試研究報告10, 76~105.
- 3 伊藤誠哉(1932): 北海道農試報告28, 204
- 4 伊藤 健(1943): 日植病報11, 109~115.
- 5 鏑方末彦(1949): 食用作物病学 p 11.
- 6 永井政次・高橋喜夫・佐藤克己(1954): 岩手大農報告II, 15~58.
- 7 永井政次・佐藤克己(1955): 岩手大農報告III, 401~422.
- 8 島田昌一(1954): 農業改良技術資料第44号, 1~60.
- 9 柄内吉彦・照井陸奥生(1934): 農及園 9, 6, 7, 26~32, 14~24.

稲湛水直播における発芽障害の病理的研究

第2報 播種条件と発芽障害

山口富夫・鈴木穂積

(農林省北陸農業試験場)

水苗代に発生する発芽障害の主要原因と考えられる苗腐病の発生条件および薬剤防除については東北地域で多くの試験研究が行なわれ、おおよその防除対策はすでに確立されている。湛水直播は水苗代とは条件を異にするが、第1報に述べたとおり、発芽障害に関与する病原菌は水苗代とほぼ同様と考えられる。したがって発生条件、防除法についてもおそらく水苗代における研究結果が適用できると推察されるが、直播というあらたな条件を考慮し、また追試もかねて2, 3の実験を行なったので、その概要を報告する。

I 種籾の傷と発芽障害

供試した種籾は第1表に示した。採種用脱穀籾は回転数400~500/分で脱穀、コンバイン脱穀籾は回転数700~900/分で脱穀、外頰部傷籾は籾の外頰を紙やすりで擦傷、胚部傷籾は胚部の穀殻をはさみで切り取り、手こき籾は穂から籾を手で1粒ずつ採取したものである。これらの供試籾を20粒ずつシャーレに入れ、灌漑水を20ccずつ注いで、15°C定温器に保存し、13日後に1処理100粒ずつについて発芽および着菌状況を調査した。着菌程度は菌が籾の全周を取りまく場合を3、半分程度を2、それ以下を1、菌の認められない籾を0として、指数で示した。調査結果は第1表のとおりである。

発生した菌の同定はしなかったが、菌糸の繁殖状態から *Pythium* および水生菌が大部分と推定した。とくに

第1表 種籾の傷の状態と発芽障害

| 調査項目 | 発芽率 | 着菌籾率 | 着菌程度 | 発芽籾の平均芽長 |
|----------|------|------|------|----------|
| | % | % | | mm |
| 採種用脱穀籾 | 81.0 | 77.0 | 2.0 | 4.2 |
| コンバイン脱穀籾 | 64.0 | 69.0 | 2.7 | 4.7 |
| 外頰部傷籾 | 37.0 | 100 | 2.9 | 1.9 |
| 胚部傷籾 | 40.3 | 92.3 | 2.5 | 4.9 |
| 手こき籾 | 87.0 | 28.0 | 2.1 | 6.2 |
| 殺菌籾 | 95.0 | 0 | 0 | 5.8 |

傷をつけた種籾は着菌籾率、着菌程度が高く、発芽率は著しく低下し、芽の生育阻害も激しいようである。傷の部位は外頰でも、胚でも発芽率はかわらないが、外頰部擦傷の方が菌の繁殖がよく、芽の生育阻害がひどいようであった。採種用脱穀籾、コンバイン脱穀籾は上記の傷籾にくらべれば発芽障害は軽い、手こきの無傷籾にくらべればかなりの傷害がおこる。とくにコンバイン脱穀籾は傷が多いために、着菌程度が高く、発芽率も低下するので、種籾としての使用は困難である。また手こきの無傷籾は発芽孔の部位に菌が発生することがあり、安全とは云えないが、水温がよほど低くなければ、芽の生育阻害をおこすことはないであろう。

II 種籾の催芽程度と発芽障害

あらかじめ用意した催芽程度の異なる傷籾を10粒ずつシャーレに入れ、灌漑水を20ccずつ注いで、18°C 陽光定