日作紀（Jpn. J. Crop Sci.）76（3）：383―393（2007）

罹病葉の投入や散水によるオオムギ雲形病の発病程度の違いが収量・精麦品質に与える影響

青木（中村）恵美子[1)]・伊藤誠治[2)]・森脇丈治[2)]・馬場孝秀[3)]
（[1)] 作物研究所，[2)] 中央農業総合研究センター，[3)] 福岡県農業総合試験場）

要旨：雲形病の罹病性品種ミノリムギを用いて，圃場における罹病葉の投入時期や散水の有無が，発病程度，収量関連形質，精麦品質に与える影響を解析した．出穂前の散水処理により病勢は進展した．また，散水の有無にかかわらず，積雪前に罹病葉を投入した区（冬投入区）では，出穂4週間後に著しく発病し，消雪後に罹病葉を投入した区（春投入区），薬剤を散布した区（薬剤散布区），罹病葉を投入せず，薬剤防除も行わなかった区（対照区）と比較して，発病程度が有意に高かった．積雪前に罹病葉を投入することは遺伝資源や育成系統の雲形病抵抗性評価に有効であると推察された．冬投入区の整粒重は他の試験区より有意に低く，登熟期の発病程度の総和との間に有意な負の相関関係がみられた．雲形病による収量低下の要因は，粒の肥大が抑制され，千粒重，整粒歩合，リットル重が低くなったことによるものと推察され，穂数は発病による影響を受けなかった．精麦品質は発病程度が高くなると，55％搗精時間が長く硝子率がやや高くなる傾向があったが，年次間差が大きく，55％搗精白度，欠損粒割合，硬度差，粗蛋白含有率は発病による影響を全く受けなかった．

キーワード：オオムギ，雲形病，収量，精麦品質，圃場試験，*Rhynchosporium secalis*．

北陸地域は，全国の六条オオムギの作付面積の43％を占め，その生産量の65％は主食用に出荷されており，精麦用オオムギの主産地となっている（農林水産省北陸農政局2004）．北陸地域におけるオオムギの主要病害としては，雲形病（病原；*Rhynchosporium secalis*（Oud.）Davis f.sp. *hordei* Iwata & Kajiwara）があり，多発生すると収量を著しく減少させることが報告されている（佐々木・川瀬1952，尾添1956，James ら1968，Khan 1986，Khan and Crosbie 1988，Abott ら1991，Brown ら1996）．雲形病の発生面積や発生程度にはかなりの年次間差があり（James ら1968，荒井1991，中村ら2006a），年次によってはミノリムギ，ファイバースノウといった罹病性品種でも病気が発生しないことがある（中村ら2006a）．降水量の多い年次には雲形病の発生が多く（岡本1953，尾添1956，荒井1991），特に秋冬期に多雨などで発生量が多くなると春期の発生も多くなることが報告されている（鈴木・荒井1990）．また，雲形病は多雪地帯に特に多い病害であるが，消雪後の発病推移は多雪年と少雪年で異なり，少雪年で発生が多い（岡本1953，鈴木・荒井1990）．

これまで，雲形病が収量や品質に与える影響，薬剤の防除効果，圃場試験における雲形病抵抗性品種・系統の探索等に関する研究において，雲形病が激発する条件をつくりだす手法として，罹病麦稈の投入（尾添1956，Khan 1986，Khan and Crosbie 1988，湯川ら1989），罹病個体の移植（Abott ら1991），雲形病罹病葉の投入（荒井ら2002，松原・福山2002，中村ら2005，2006b）などの方法が行われてきた．しかし，多雨や高湿度条件で感染が拡大すること，感染時期が早いほど雲形病の被害が大きくなることが明らかにされているものの（尾添1956，鈴木・荒井1990，荒井1991），著しく雲形病を発病させるための試験条件について検討した事例は見当たらない．

また，雲形病は多発生により収量を低下させるが，北陸地域における収量の年次変動は大きく（中村ら2006a），累年の結果だけでは，低収の原因が雲形病によるものなのか気象要因によるものなのか，判断することが難しい．また，雲形病がオオムギの品質に及ぼす影響については，これまでにBrown ら（1996）が麦芽品質や蛋白含有率について，Kahn and Crosbie（1988）が粒の色相や蛋白含有率について報告しているが，精麦品質についての研究は行われていない．

そこで本試験では，圃場において罹病葉の投入時期や散水の有無が，雲形病発病程度に与える影響を調査し，どのような試験条件で雲形病が著しく発病するのか検討した．また，オオムギの生育，収量関連形質，精麦品質を調査し，年次や発病程度による影響について検討した．

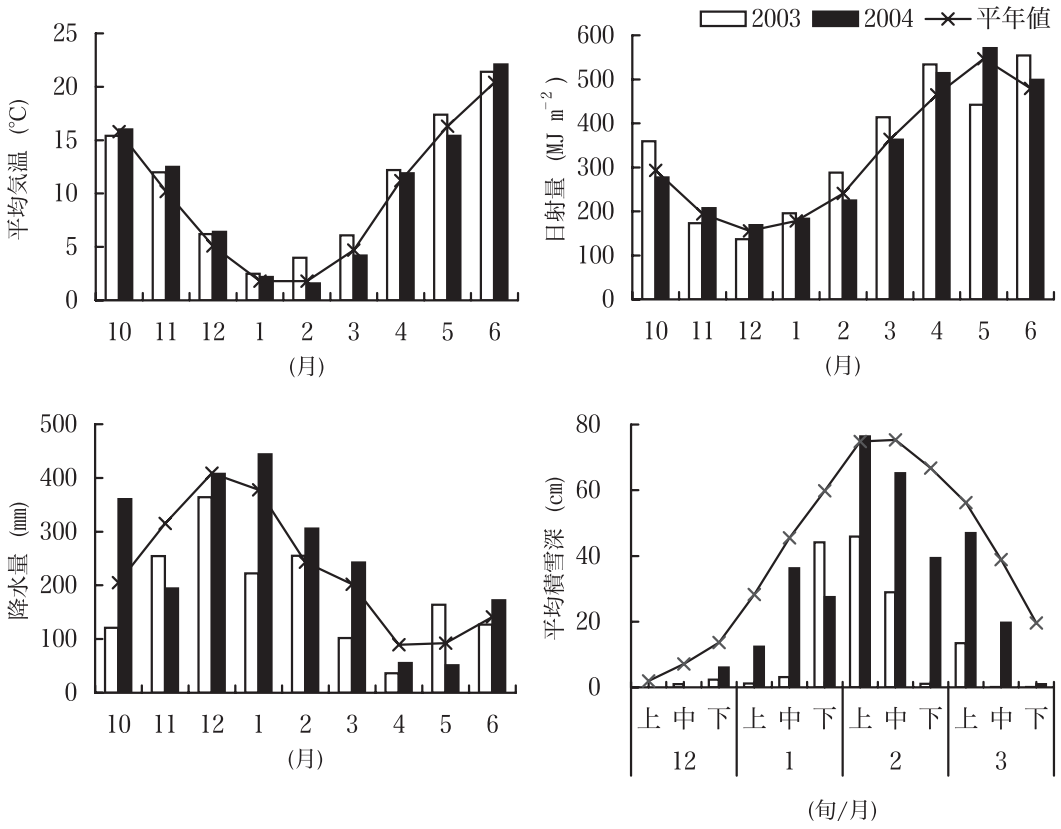
材料と方法

1. 供試材料と試験区の設計

試験は2003～2004年（播種年度，以下同じ）の2ヶ年に，中央農業総合研究センター北陸研究センター（新潟県上越市）の埴壌土の圃場において実施した．供試品種として雲形病に罹病性であるミノリムギを用いた．播種は2003年10月8日と2004年10月18日に，150粒 m^{-2} を条播した．基肥として窒素で0.8 kg a^{-1}，追肥として3月に0.6 kg a^{-1} 施用した．

試験区は散水処理2区と罹病葉処理4区を組み合わせた

2007年2月6日受理．連絡責任者：青木（中村）恵美子　〒305-8518 茨城県つくば市観音台2-1-18
TEL 029-838-8862，FAX 029-838-7488，emikonk@affrc.go.jp



第1図　試験期間中の平均気温，日射量，降水量，旬別平均積雪深．
気温と降水量の平年値は1950～2004年の55年間の平均値，日射量の平年値は1987～2004年の18年間の平均値，積雪深の平年値は1967～2004年の38年間の平均値（すべて北陸研究センター農業気象災害研究チーム）である．

8区を設け，1区1.4 m^{2}とし，3反復の分割区法（三留1960）で行った．各試験区の境界には，散水の影響や雲形病の感染を抑制するため，強抵抗性である品種Hudsonを播種した．

散水処理区は散水区と無散水区の2区を設定し，散水区では，2ヶ年とも茎立期から出穂期にかけて2週間，2日に1回，1回当り約1時間，畦間に設置した潅水チューブ（キリコA型，三井化学プラテック株式会社製）にて散水を行った．散水の高さは約1 mで，無散水区のミノリムギに水滴がかからないように水量を調整した．散水量は口径21 cmの漏斗とプラスチックビーカーを用いた簡易降水量計で測定した．1回当たりの総散水量は約20 mmであった．

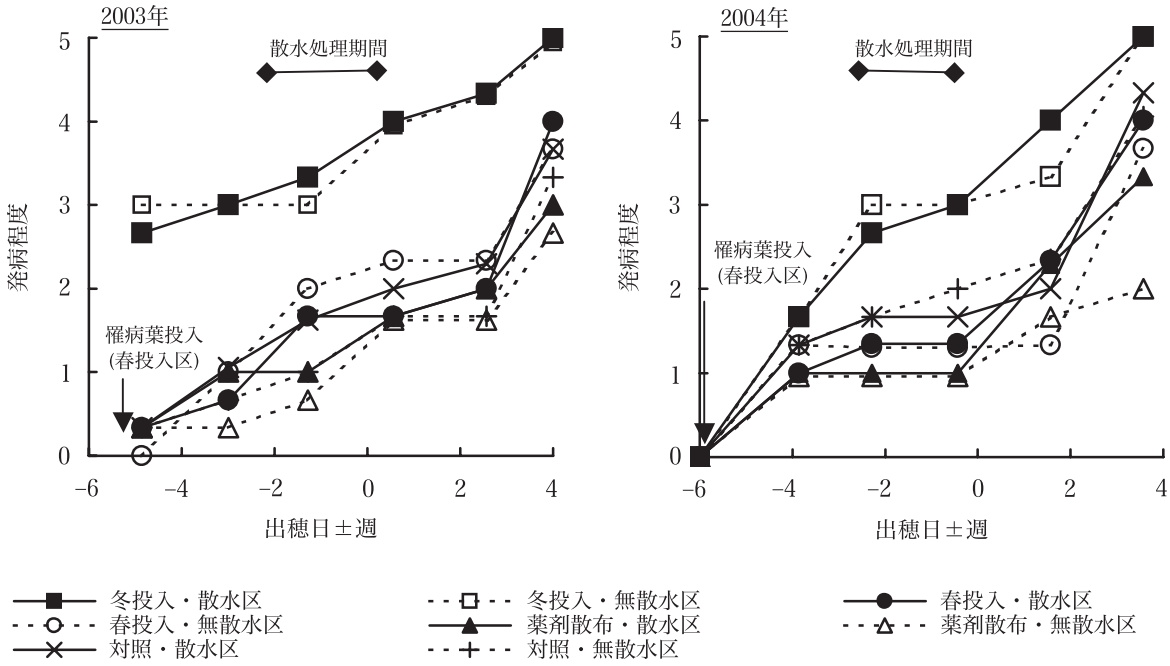
罹病葉処理区は，積雪前に罹病葉を投入した区（冬投入区），消雪後に罹病葉を投入した区（春投入区），罹病葉を投入せず薬剤を散布した区（薬剤散布区），罹病葉を投入せず，薬剤を散布しなかった区（対照区）の計4区を設けた．冬投入区への罹病葉投入は，12月上旬（2003年12月8日，2004年12月9日）に行い，春投入区への罹病葉投入は3月中～下旬（2004年3月19日，2005年3月24日）に行った．薬剤散布区はトリアジメホン水和剤（商品名：バイレトン水和剤25，1000倍希釈，30 L a^{-1}）を積雪前，消雪後，出穂約2週間後の3回散布した．

2．雲形病の接種法

圃場に投入する罹病葉として，あらかじめミノリムギを15℃の温室にて18日間，2葉展開期まで生育させた．これに，雲形病菌株NB1-1-1（レースJ－4 a）の分生子懸濁液（2×10^{5}個 mL^{-1}）を噴霧接種し，16℃，湿度90％の湿室にて24時間静置した後，温室に戻した．約4週間後に病斑が十分に拡がった罹病個体を抜き取り，約1 m^{2}に1個体ずつ，圃場で生育しているオオムギに挟み込むようにして投入した．

3．調査方法

発病程度の調査は，消雪後からほぼ2週間ごとに計6回行った．調査開始時期は出穂5～6週間前であった．試験区ごとに植物体全体の葉の発病程度を達観で調査し，0（無），1（微），2（少），3（中），4（多），5（甚）の6段階で評価した（農業研究センター1986）．発病程度の推移と分散分析の統計処理には6段階評価の値をそのまま用いた．生育，収量関連形質，精麦品質との相関関係には，登熟期間中の発病程度の影響を調べるため，出穂期，出穂2



第2図　2ヶ年の雲形病発病程度の推移.
各区3反復の平均値．発病程度は0（無）～5（甚）の6段階で評価した.

週間後，出穂4週間後の発病程度の総和を用いた.

生育調査は，稈長と穂長については1反復あたり10個体を調査した.収量関連形質の調査は,整粒重(粒厚2.2 mm以上の子実重)，1 m^{2}当たり穂数，千粒重，整粒歩合（粒厚2.2 mm以上の粒の割合)，リットル重について行った.精麦品質に関する調査は55%搗精白度，55%搗精時間，欠損粒割合，硬度差，硝子率，粗蛋白含有率について行った.試験用搗精機（サタケTM-05，サタケ社）により55%まで搗精するのに要した時間を55%搗精時間とし，搗精した材料を光電管白度計（C-300-3，Kett Electric Laboratory）で測定し，55%搗精白度を求めた．硬度差は，穀粒を硬度計（木屋式硬度計50 kg，藤原製作所）で加圧し，穀粒にひびが入ったときの圧力を挫折強度，完全に粉砕したときの圧力を破壊強度とし，その差である破壊強度－挫折強度で求めた．硝子率は，穀粒横断機（ハインスドルフ式，藤原製作所）に50粒を入れて切断した後，切断面を観察し，断面の70%を超える部分が硝子質のものを硝子質粒，30%未満のものを粉状質粒，その中間のものを中間質粒とし，50粒2反復，合計100粒についてその数を数え，硝子質粒数＋中間質粒数÷2により算出した．粗蛋白含有率は近赤外線多成分分析装置（インフラテック1241,フォス･ジャパン株式会社）で測定した.

第1表　年次，散水処理，罹病葉処理ごとの圃場発病程度.

要因	発病程度[1]
年次（A）	ns[2]
2003年	3.8
2004年	3.9
散水処理（B）	** [2]
散水	4.0
無散水	3.7
罹病葉処理（C）	**
冬投入	5.0 a[3]
春投入	3.8 b
薬剤散布	2.8 c
対照	3.8 b
交互作用	
A × B	ns
B × C	ns
A × C	ns
A × B × C	ns

1）出穂4週間後の発病程度である.
2）**：1%水準で有意．ns：有意差なし.
3）罹病葉処理における同一英文字間には5%水準で有意差がないことを示す（Tukey法）.

結　　果

1.　気象概況

試験期間中の平均気温，日射量，降水量，積雪深を第1図に示した．2003年では，播種後から12月末までの気温は平年に比べて高く経過した．越冬前の降水量は，播種直後から少なく，日射量は10月にやや多かったがその後は少なかった．積雪量は平年より少なく，積雪日数は51日であった．3月に若干の降雪がみられたものの，おおむね2月中旬には消雪した。消雪後の気温は登熟期までやや高

第2表 年次，散水処理，罹病葉処理ごとの生育および収量関連形質．

要因	稈長 (cm)	穂長 (cm)	整粒重[1) 2)] (g m^{-2})	穂数 (本 m^{-2})	千粒重[1)] (g)	整粒歩合[2)] (%)	リットル重[1)] (g L^{-1})
年次（A）	**[3)]	**	**	**	**	**	**
2003年	83	5.6	258	349	28.6	67.5	618
2004年	88	5.3	493	315	35.9	91.6	648
散水処理（B）	**	ns[3)]	*[3)]	**	**	**	**
散水	88	5.5	360	349	31.6	75.9	624
無散水	83	5.4	391	315	32.9	83.3	642
罹病葉処理（C）	ns	ns	**	ns	ns	**	**
冬投入	85 a[4)]	5.5 a	306 b	319 a	31.3 a	73.0 b	621 b
春投入	87 a	5.4 a	398 a	345 a	32.3 a	80.4 a	637 a
薬剤散布	85 a	5.4 a	401 a	337 a	32.7 a	82.7 a	638 a
対照	85 a	5.4 a	399 a	328 a	32.7 a	82.2 a	635 a
交互作用							
A × B	*	ns	ns	ns	ns	**	ns
A × C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B × C	ns	ns	*	ns	ns	ns	*
A × B × C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

1）整粒重，千粒重，リットル重はそれぞれ13.5%水分換算値．
2）整粒重，整粒歩合は粒厚2.2 mm以上．
3）**，*：それぞれ1%，5%水準で有意．ns：有意差なし．
4）罹病葉処理における同一英文字間には5%水準で有意差がないことを示す（Tukey法）．

めに推移した．降水量は，3月，4月はそれぞれ平年比50%，41%と極めて少なかったが，5月は平年比177%と多かった．また日射量は3月，4月は平年より多く推移したが，5月は平年の81%と少なかった．消雪が早く，消雪後の気温も高かったことから，出穂期は平年より7日早く，4月20日であった．登熟期間の気温が低く，日射量が少なく，降水量が多かったことから，登熟は遅れ，成熟期は平年並の6月2日であった．

2004年は10月初旬の降雨により播種が例年に比べて遅れた．また播種後の降水量も多く，10月中下旬の降水量は平年の約2倍であった．多雨により初期生育は劣ったが，播種後から12月末までの気温は平年に比べて高く，生育はやや回復した．越冬前の日射量は平年並みであった．冬期の積雪の状況は，積雪日数は62日で，近年では積雪期間が長く，消雪も遅れた．消雪後の平均気温は4月が平年並みで，5月は平年より1.1℃低かった．登熟期間の降水量は少なく，日射量は多かった．積雪期間が長く消雪が遅れたため，出穂期は平年より8日遅れ，5月5日であった．成熟期も平年より10日遅い6月12日であった．

2. 雲形病の発病程度

2003年の発病程度の推移をみると（第2図），出穂約5週間前では，冬投入区で中程度の感染が認められた．その後，冬投入区ではオオムギの生育ステージが進むにしたがって発病が進展した．出穂期頃の発病程度は，散水区，無散水区とも4.0で，出穂約4週間後の発病程度は5.0であった．一方，春投入区では，出穂約5週間前にはほとんど発病していなかったが，罹病葉を投入してから発病程度が徐々に増加し，出穂期頃の発病程度は散水区で1.7，無散水区で2.3であった．出穂期の前後約4週間病勢は停滞したが，その後著しく進展し，出穂約4週間後の発病程度は，散水区が4.0，無散水区が3.7となった．薬剤散布区，対照区では，春投入区と同様に，出穂約5週間前まではほとんど病徴が認められなかった．その後，オオムギの生育ステージが進むにしたがって，徐々に発病程度は増加した．対照区の発病程度は薬剤散布区よりもやや高く推移した．出穂約4週間後の発病程度は，薬剤散布・散水区が3.0，薬剤散布・無散水区が2.7，対照・散水区が3.7，対照・無散水区が3.3であった．

2004年における発病程度をみると，出穂約6週間前ではすべての試験区で雲形病は発生していなかった．出穂約4週間前になるといずれの試験区でも発病がみられ，発病程度は1.0～1.7となった．冬投入区では出穂約4週間前から約2週間前にかけて病徴が著しく進展した．その後出穂期にかけては病勢が停滞した．出穂期頃の発病程度は散水区，無散水区ともに3.0であった．その後，オオムギが

第3表　年次，散水処理，罹病葉処理ごとの精麦品質．

要因	55%搗精白度	55%搗精時間（min）	欠損粒割合（%）	硬度差（kg）	硝子率（%）	粗蛋白含有率（%）
年次（A）	**[1)]	**	**	**	**	**
2003年	41.5	16.0	0.43	10.0	53.4	9.3
2004年	43.1	15.4	1.00	11.4	76.0	8.8
散水処理（B）	ns[1)]	ns	ns	ns	**	**
散水	42.3	15.7	0.69	10.5	60.7	8.7
無散水	42.3	15.7	0.75	10.9	68.7	9.4
罹病葉処理（C）	ns	**	ns	ns	*[1)]	ns
冬投入	41.9 a[2)]	16.2 a	0.68 a	10.7 a	69.6 a	9.3 a
春投入	42.9 a	15.5 b	0.77 a	10.7 a	61.0 b	9.1 a
薬剤散布	42.3 a	15.6 b	0.77 a	11.0 a	65.2 ab	8.9 a
対照	42.1 a	15.7 ab	0.65 a	10.5 a	63.0 ab	9.0 a
交互作用						
A × B	ns	ns	ns	ns	ns	*
A × C	ns	**	ns	ns	*	ns
B × C	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A × B × C	ns	ns	ns	ns	ns	ns

1）**，*：それぞれ1%，5%水準で有意．nsは有意差なし．
2）罹病葉処理における同一英文字間には5%水準で有意差がないことを示す（Tukey法）．

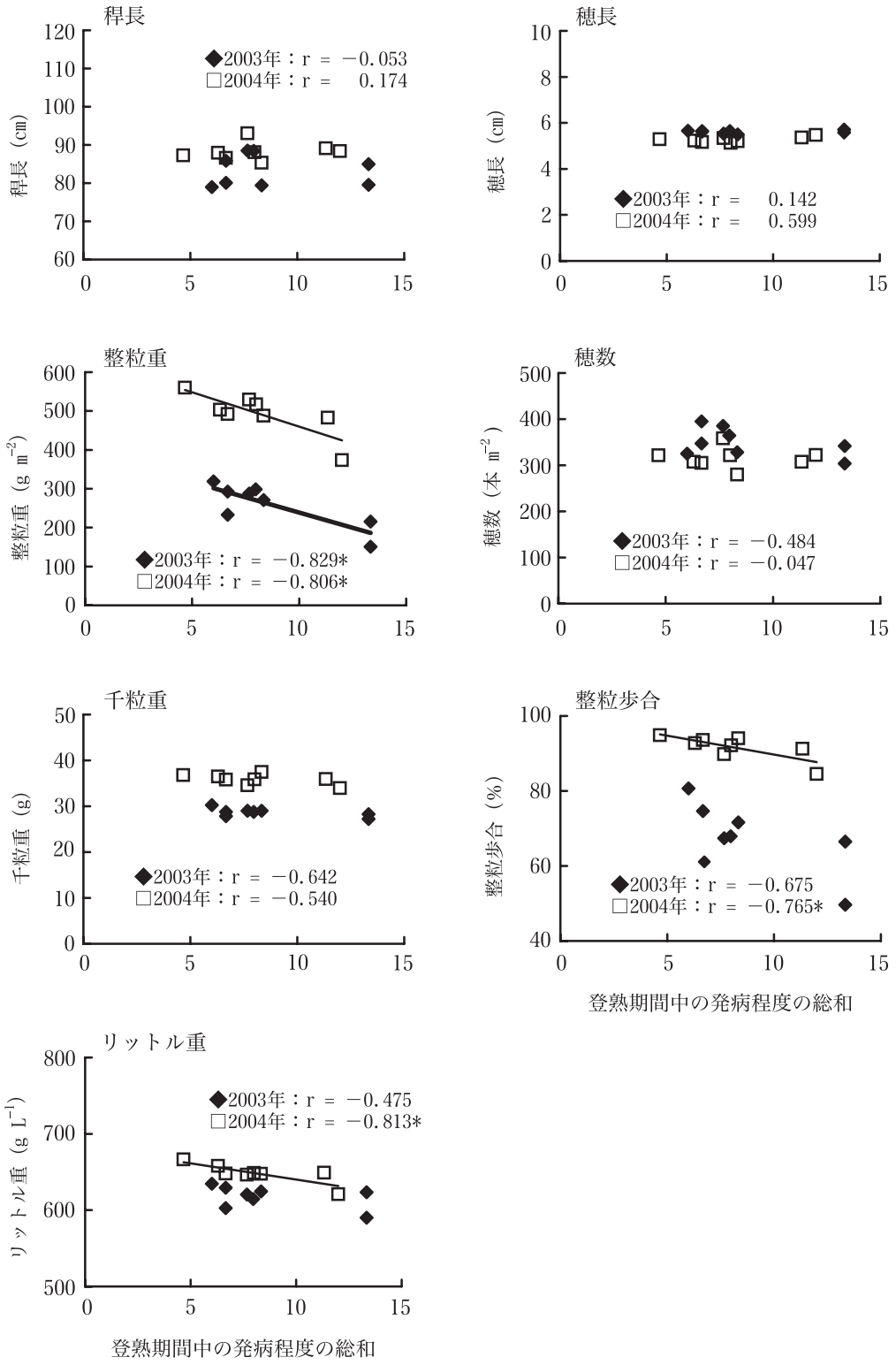
登熟するにしたがって病勢は進展し，出穂約4週間後では，散水区，無散水区とも発病程度は5.0となった．春投入区，薬剤散布区，対照区においては，散水の有無にかかわらず，出穂約4週間前に発病がみられた後，出穂期頃まで病勢はほとんど進展しなかった．春投入区では，散水処理が終わった出穂期頃から出穂約2週間後にかけて，散水区で発病程度が増加した．春投入・無散水区では出穂期以降も病勢は停滞し，出穂約2週間後から出穂約4週間後にかけて病勢の進展がみられた．出穂約4週間後の春投入区の発病程度は，散水区が4.0，無散水区が3.7であった．薬剤散布・散水区は，出穂期以降発病程度が増加し，出穂約4週間後の発病程度は3.7であった．薬剤散布・無散水区は登熟期に病勢が進展せず，出穂約4週間後の発病程度は2.0であった．対照区では，出穂約2週間後から著しく病勢が進展し，最終的な発病程度は春投入区とほぼ等しく，対照・散水区では4.3，対照・無散水区では4.0となった．

年次間の雲形病の病勢進展について比較すると，冬投入区における雲形病の発症時期には違いがあり，出穂期頃の発病程度も年次によって異なっていた．しかし，出穂約4週間後になると，年次や散水の有無に関わらず，冬投入区の発病程度は5.0となった．また，2ヶ年とも春投入区，薬剤散布区，対照区では，出穂前に約2週間散水することにより，出穂約4週間後の発病程度が無散水区よりもわずかに大きくなった．

2ヶ年における散水処理と罹病葉投入が発病程度に与える影響を解析した（第1表）．出穂4週間後の発病程度は，散水処理，罹病葉処理において有意となったが，年次による差はなかった．また，年次，散水処理，罹病葉処理間の交互作用は全く検出されなかった．反復間にも有意な差はなかった．散水の有無による発病程度の違いは，散水区が無散水区より有意に高かった．罹病葉処理区間の発病程度を比較すると，冬投入区の発病程度は，春投入区，薬剤散布区，対照区より有意に高かった．また，薬剤散布区の発病程度は，冬投入区，春投入区，対照区と比べて有意に小さく，薬剤散布により発病が抑制された．

3. 年次，散水処理，罹病葉処理によるオオムギの生育，収量関連形質，および精麦品質への影響

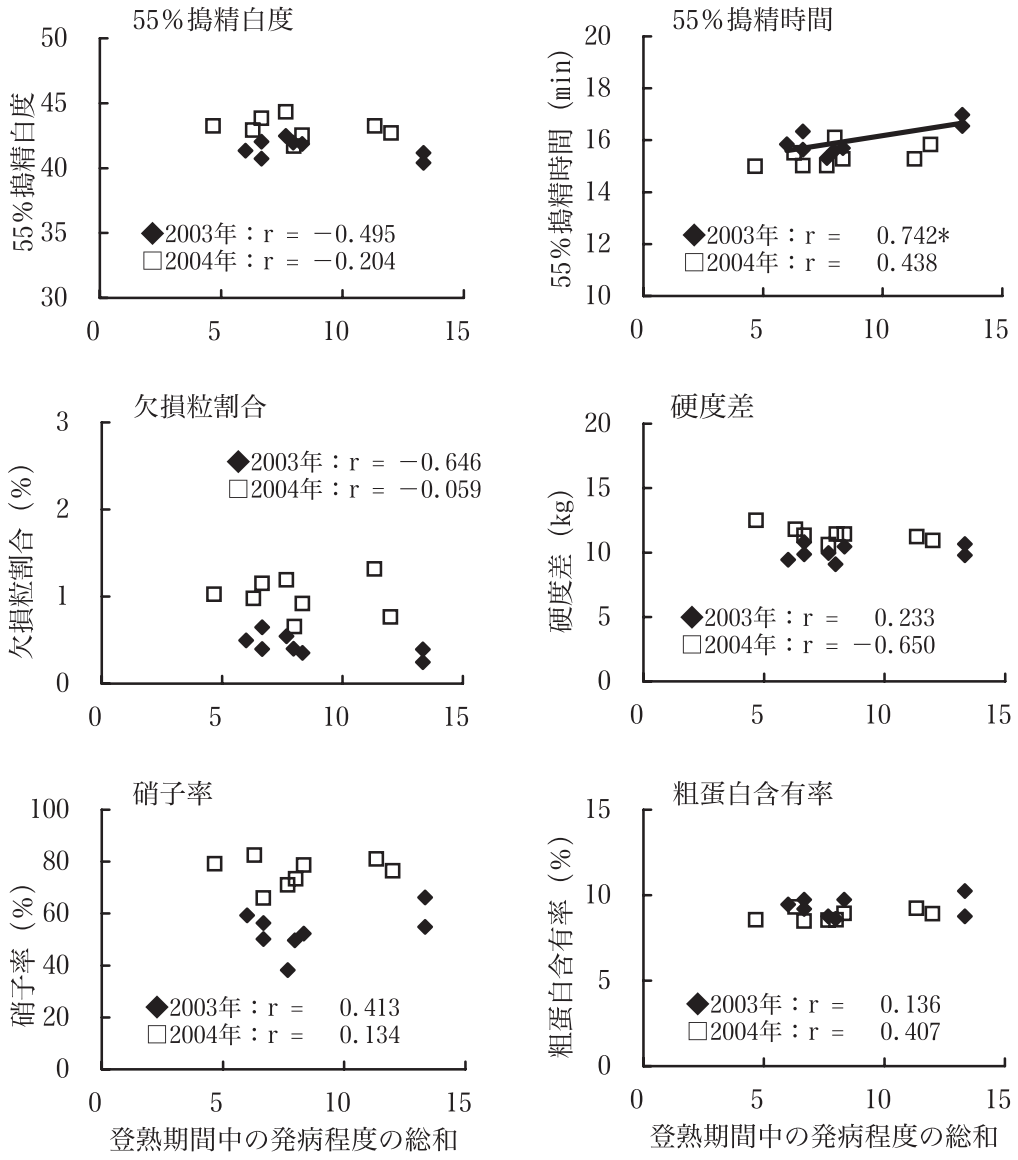
年次，散水処理，罹病葉処理が生育および収量関連形質に与える影響を解析した（第2表）．分散分析の結果，稈長，穂長，整粒重，穂数，千粒重，整粒歩合，リットル重のすべての形質において，年次間差が1%水準で有意となった．2003年は2004年と比べて稈長が短く，穂長は長かった．穂数は多かったが，千粒重，整粒歩合，リットル重は劣り，整粒重は低くなった．散水処理間差は，稈長，穂数，千粒重，整粒歩合，リットル重において1%水準で有意となり，整粒重では5%水準で有意となった．散水を行うことで穂数は多くなったが，千粒重，整粒歩合，リットル重，整粒重は低かった．稈長は散水によって長くなったが，穂長は散水処理による差がなかった．罹病葉処理間差は，整粒重，



第3図　登熟期間中の発病程度の総和と生育，収量関連形質との関係．
登熟期間中の発病程度の総和は出穂期，出穂2週間後，出穂4週間後の発病程度の和から求めた．
＊は5%水準で有意であることを示す（各年n＝8）．

整粒歩合，リットル重において，1%水準で有意となった．冬投入区の整粒重，整粒歩合，リットル重は，春投入区，薬剤散布区，対照区と比べて有意に小さかった．また，年次と散水処理による交互作用が，稈長と整粒歩合において認められ，これらの形質では年次によって散水の影響が異なっていた．散水処理と罹病葉処理間との交互作用は，整粒重とリットル重において認められた．

各要因が精麦品質に与える影響を解析したところ（第3



第4図　登熟期間中の発病程度の総和と精麦品質との関係.
登熟期間中の発病程度の総和は出穂期，出穂2週間後，出穂4週間後の発病程度の和から求めた.
＊は5%水準で有意であることを示す（各年n=8）.

表)，すべての形質において，年次間差が1%水準で有意であった．2003年は2004年と比べて55%搗精白度が低く，55%搗精時間が長く，欠損粒は少なく，硬度差は小さく，硝子率は低く，粗蛋白含有率は高かった．硝子率と粗蛋白含有率は，1%水準で散水処理間差が有意となり，散水を行うことにより硝子率と粗蛋白含有率は低下した．55%搗精時間は1%水準で罹病葉処理間に差があり，冬投入区の55%搗精時間は春投入区，薬剤散布区より有意に長かった．硝子率は罹病葉処理間に5%水準で有意差があり，冬投入区の硝子率は春投入区より有意に高かった．年次と散水処理間の交互作用が粗蛋白含有率で認められ，年次と罹病葉処理間の交互作用が55%搗精白度と硝子率において認められた.

4.　登熟期間中の発病程度がオオムギの生育，収量関連形質，および精麦品質に与える影響

第3図に登熟期間中の発病程度の総和と生育，収量関連形質との相関関係を示した．稈長，穂長，穂数と登熟期間中の発病程度の総和との間には有意な相関関係は認められなかった．また，千粒重は2ヶ年とも発病程度の総和が大きいほど低い傾向にあったが，有意な相関関係は認められなかった．整粒歩合は2ヶ年とも発病程度の総和が大きいほど低かったが，有意な負の相関関係が認められたのは2004年のみであった．整粒重は2カ年とも発病程度の総和と有意な負の相関関係が認められた．リットル重は，2ヶ年とも発病程度の総和が大きいほど軽かったが，有意な負の相関関係が認められたのは2004年のみであった.

55%搗精白度，55%搗精時間，欠損粒割合，硬度差，硝

子率，粗蛋白含有率と登熟期間中の発病程度の総和との関係を第4図に示した．55％搗精時間は，発病程度の総和が大きくなるほど長くなる傾向があり，2003年では有意な正の相関関係が認められた．そのほかの精麦品質では有意な相関関係はなかったが，発病程度の総和が大きくなるほど，55％搗精白度はやや低くなる傾向があり，硝子率と粗蛋白含量はやや高くなる傾向があった．

考　　察

雲形病は年次によって発病程度が大きく異なり，罹病性品種でも自然条件で発病しないことがある（Jamesら1968，中村ら2006a）．また，幼苗期や生育中期の罹病性反応が変動し（Ali 1974，荒井・藤田1998），登熟後期に急激に病勢が進展することがある（中村ら2005，2006b）．圃場において登熟後期まで雲形病に強い抵抗性遺伝資源を探索したり，抵抗性系統を選抜していくには，罹病性品種が著しく圃場で発病するための試験条件を検討する必要がある．本試験では，罹病葉の投入時期と散水処理条件を変えて発病程度の推移を調べ，どのような条件で登熟後期にオオムギ雲形病が著しく発病するかを検討した．

その結果，消雪後から登熟初期にかけて，発病程度の推移は年次によって異なっていたが，出穂4週間後の発病程度には年次による違いはなく，発病程度は罹病葉処理と散水処理の影響を受けることが明らかとなった．これまで，雲形病では感染時期が早いほど被害程度が大きいことが報告されている（尾添1956，鈴木・荒井1990，荒井1991）．本試験でも積雪前に罹病葉を投入した冬投入区の発病程度は，消雪後に罹病葉を投入した春投入区，罹病葉を投入せず薬剤による防除を行った薬剤散布区，罹病葉の投入も薬剤散布も行わなかった対照区と比べて有意に発病程度が高かった．また，薬剤散布区は他の試験区と比較して発病程度が有意に低く，薬剤散布による抑制効果がみられた．

散水処理を出穂約2週間前から出穂期頃まで行うことにより，出穂約4週間後の春投入区，薬剤散布区，対照区では病勢が進展した．冬投入区は十分に罹病していたため，散水処理による差が認められなかったものと考えられる．また，本試験では出穂前約2週間にわたって散水処理を行ったが，散水によって感染が拡がったのは登熟後期であった．これは，雲形病の潜伏期間は2〜3週間であるためであると考えられた（Ali 1974，鈴木・荒井1990）．

このような人工的な処理を行なったにもかかわらず，とくに冬投入区の消雪後から出穂期頃までにおいて，発病程度の推移に年次による顕著な違いがみられた．すなわち，2003年の出穂約5週間前の冬投入区の発病程度は2.7〜3.0で，消雪後には発病が中程度まで進んでおり，出穂期頃の発病程度は4.0であった．一方，2004年では，出穂約6週間前では雲形病は全く発生していなかった．出穂期頃の発病程度は3.0で，2003年と比べて低かった．2ヶ年の気象概況をみると，2003年は3月に降雪があったものの，2月中旬におおむね消雪したが，2004年の消雪は3月中旬で2003年より約1ヶ月遅かった．また，2003年は2月〜5月の平均気温が平年より高く，特に2月，3月の平均気温はそれぞれ4℃，6.1℃と高かった．一方，2004年の4月は平年よりやや気温が高かったものの，2月，3月の気温は平年よりやや低かった．北陸地域のように外気温が比較的高い状態では，雲形病は積雪下でも胞子を形成し，病勢が進行する（鈴木・荒井1990）．しかし，胞子の発芽伸長は15〜25℃が適温であり，低温になるほど発芽行動が緩慢になる（Ali 1974，鈴木ら1988）．また，病気の発生程度は積雪の多少に影響を受け，少雪年で発生が多いことが報告されている（岡本1953，鈴木・荒井1990）．したがって，2003年は少雪で，消雪後の気温も高かったことから2004年と比べて病勢進展が早かったと考えられた．

以上のことから，消雪後から出穂期頃までの発病程度の推移は年次の変動を受けることがあるものの，積雪前に罹病葉を投入することで，罹病性品種であるミノリムギにおいて，出穂4週間後に雲形病を著しく発病させることができることが示された．これまで抵抗性品種として交配母本に利用されているBrier，Hudsonといった品種は，積雪前に罹病葉を投入してもほとんど発病しない（中村ら2005）．したがって，遺伝資源や育成系統の抵抗性評価には，散水処理の必要はなく，積雪前の罹病葉投入が有効であると考えられた．

これまで，我が国では，雲形病の多発生により1〜4割収量が減少した事例が報告されている（佐々木・川瀬1952，尾添1956）．北陸地域においても，松澤･梅原（1986）が上位葉の罹病面積が大きいほど減収することを報告している．本試験では，収量低下の要因を詳細に検討するとともに，精麦品質に与える影響について解析した．その結果，整粒重は年次や散水処理の影響を受けるものの，罹病葉処理間差は有意であり，発病程度が高い冬投入区の整粒重は他の試験区より有意に低かった．雲形病感染による収量低下の要因としては，穂数の減少（尾添1956，Jamesら1968），千粒重の低下や子実肥大が不足すること（佐々木・川瀬1952，尾添1956，Jamesら1968，松澤・梅原1986，Khan and Crosbie 1988）が指摘されている．本試験では，穂数は罹病葉処理による影響を受けず，年次や散水処理による影響を強く受けていた．一方，整粒歩合や粒の充実の指標となるリットル重は，年次や散水処理の影響も受けていたが，罹病葉処理において冬投入区は他の試験区より有意に低かった．したがって，冬投入区では粒の充実が劣り，整粒歩合が低下することで整粒重が低下したと考えられた．雲形病の感染によって粒の肥大が阻害される要因については葉身の罹病による光合成能力の低下が指摘されている（松澤・梅原1986）．また，オオムギでは，開花期以降に高い光合成能力をもつのは止葉以下の上位3葉であり（武田・宇田川1976），上位葉の光合成産物が穂に転流する割合が比較的高いことが明らかになっている（Hozyo and

Kobayashi 1969）．そのため，本試験では上位葉の光合成能力が高い出穂期から出穂 4 週間後までの発病程度の総和を用いて，年次ごとに，収量関連形質との相関を解析した．2 カ年とも，千粒重と登熟期間の発病程度の総和との間に有意な相関関係はなかったが，発病程度が大きくなると千粒重が軽くなる傾向があった．整粒歩合は，発病程度の総和が大きくなると低下する傾向があり，とくに 2004 年では有意な負の相関関係があった．リットル重は，発病程度の総和が大きいほど軽くなる傾向がみられ，2004 年では有意な負の相関関係があった．したがって，本試験でも松澤・梅原（1986）と同様，発病が進展し病斑が上位葉に拡大することで，オオムギの光合成能力が低下し，粒の肥大が阻害されたことが考えられた．

また，収量関連形質は，年次や散水の有無など環境要因の影響を強く受けていた．2 カ年を比較すると，2003 年は 2004 年と比べて穂数は多いが千粒重が軽く，整粒歩合が低く，整粒重が低かった．これまで，オオムギでは，分げつ後期から登熟期の過湿により千粒重が低下すること（宮林 1949，桐山・田谷 1975），多雪により穂数が減少することが報告されている（柏倉ら 1959）．気象条件をみると，2003 年は登熟期に降水量が多く，2004 年は積雪が比較的多く，登熟期には降水量が少なく好天が続いた．したがって，2004 年は積雪により穂数が少なくなったが，登熟期の気象条件が良かったため，登熟期に降雨の多かった 2003 年より粒の充実がよく，収量が高くなったと考えられた．また，散水により千粒重，整粒歩合は低下し，整粒重は低くなった．オオムギでは，茎立期から出穂期の湿害が収量を最も低下させるが（宮林 1949，桐山・田谷 1975），その要因として粒の充実不足や千粒重の低下（宮林 1949），穂数や 1 穂粒数の減少（桐山・田谷 1975，松江ら 2001）が指摘されている．本試験では粒の充実が抑制されたことで収量が低下していた．雲形病の感染により整粒重やリットル重は低下するが，このような水分条件が低下程度に異なった影響を与えることで，整粒重やリットル重において散水処理と罹病葉処理の間に交互作用が検出されたと推察された．

以上のことから，雲形病に著しく感染することで，粒の充実が抑制され収量が減少するが，多雪や登熟期の湿害の影響による収量の減少程度の方が大きいと推察された．しかし，雲形病は登熟期においても発病程度が増加し（松澤・梅原 1986，中村ら 2005，2006b），降雨によって病勢が進展することから（岡本 1953，尾添 1956，荒井 1991），出穂以降降水量の多い年次には，湿害と雲形病の 2 つの要因の影響を受け収量が著しく低下すると推察され，早期の薬剤防除がより重要だと考えられる．

雲形病発病程度が精麦品質に与える影響については，55％搗精白度，欠損粒割合，硬度差，粗蛋白含有率では罹病葉処理による有意差は認められず，登熟期の発病程度の総和との間に有意な相関関係はなかった．55％搗精時間は，冬投入区が春投入区と薬剤散布区より有意に長かったが，対照区とでは差がなかった．また，2003 年では登熟期の発病程度の総和と 55％搗精時間との間に有意な正の相関関係があり，発病程度が大きいほど 55％搗精時間が長かった．千粒重が軽くなると搗精時間は長くなるため（管・片山 1963，Edney ら 2002），冬投入区では雲形病に感染して千粒重が小さくなることで，55％搗精時間も長くなる傾向があったと推察される．硝子率は罹病葉処理間で有意差があったが，登熟期の発病程度の総和との相関関係は有意でなかった．オオムギでは，胚乳内のデンプン粒の間隙にプロテインマトリックスが増加することで粒がガラス状になる（星川・富永 1989，早乙女ら 1991）．雲形病と硝子率との関係についてこれまで報告はないが，イネではいもち病により登熟不良となった結果，デンプンの蓄積が劣る心白・腹白米が増加したということが報告されている（小泉・藤 1993）．また，オオムギでも粒厚が厚いものほど硝子率が低く，粉質であることが示されており（水上・小林 1993），本試験でも発病程度が大きいものは登熟不良となり，硝子率が高くなる傾向があることが推察された．

55％搗精時間と硝子率では，年次と罹病葉処理との間に交互作用が検出された．搗精時間の長短は粒の大小や硬軟質性が関与している．2003 年と 2004 年を比較すると，2003 年の登熟期間の降水量は多いが 2004 年は少ない．降水量が多いことで，粒の充実の阻害（宮林 1949），硬軟質性と強い相関のある胚乳の β-グルカン含量の低下（Aastrup 1979，Stuart ら 1988）などが生じ，搗精時間に対する発病程度の影響が異なったことが考えられた．また，オオムギでは登熟期の湛水処理によって硝子率が低下することが報告されており（井ノ口ら 1990），コムギでは登熟期間の過湿処理によって硬質粒が多くなることが示されている（尾形ら 1992）．したがって，年次による降雨条件が異なることで，雲形病感染による硝子率への影響が異なったことが推察された．

したがって，精麦品質に関しては，発病程度が大きくなると 55％搗精時間が長くなる傾向があったが，そのほかの精麦品質については，雲形病の感染による影響は小さいと考えられた．

以上のことから，雲形病に甚だしく発病しても，精麦品質が明らかに低下することはなかったが，整粒重は大きく低下し，これは主に粒の充実不足に因っていた．これまで，雲形病の発病程度の抑制には，播種前の種子消毒（荒井 1991）や生育期間中のトリアジメホン水和剤散布（Khan 1986，荒井 1991）が有効であることが報告されている．本試験でも薬剤散布によって雲形病の発病を抑制することが可能であることが示されたが，薬剤散布区では発病程度が抑制されても，収量性や精麦品質において対照区と大きく異なることはなかった．現在北陸地域に栽培されているファイバースノウ，ミノリムギは罹病性品種であるため（牛山ら 2002），今後，抵抗性品種の育成・導入が重要である

と考えられた．積雪前に罹病葉を投入することにより，圃場で罹病性品種を著しく発病させることが可能であることが示されたことから，今後，抵抗性遺伝資源の探索や，抵抗性系統の選抜に利用できると考えられる．

謝辞：本研究に当たり，横山宏太郎博士はじめ北陸研究センター農業気象災害研究チーム関係諸氏に，簡易降水量計の設置方法についての助言や気象データについてご協力いただきました．また，土性の調査については北陸研究センター北陸水田輪作研究チーム小原洋氏にご協力いただきました．心より感謝申し上げます．

引 用 文 献

Aastrup, S. 1979. The effect of rain on β-glucan content in barley grains. Carlsberg Res. Commun. 44 : 381－393.

Abott, D. C., J. J. Burdon, A. M. Jarosz, A. H. D. Brown, W. J. Muller and B. J. Read 1991. The relationship between seedling infection types and field reactions to leaf scald in Clipper barley backcross lines. Aust. J. Agric. Res. 42 : 801－809.

Ali, S. M. 1974. Factors influencing infection, colonization and symptom expression in barley by *Rhynchosporium secalis*. Aust. J. agric. Res. 25 : 9－20.

荒井治喜 1991. 発病推移からみたオオムギ雲形病の防除. 農及園 66 : 1293－1299.

荒井治喜・藤田佳克 1998. オオムギの幼苗および成体における雲形病抵抗性の変動. 日植病報 64 : 362.

荒井治喜・伊藤誠治・林敬子 2002. 北陸農試新規育成大麦系統の雲形病抵抗性（第2報）. 北陸作報 37 : 69－71.

Brown, A. H. D., D. F. Garvin, J. J. Burdon, D. C. Abbott and B. J. Read 1996. The effect of combining scald resistance genes on disease levels, yield and quality traits in barley. Theor. Appl. Genet. 93 : 361－366.

Edney, M. J., B. G. Rossnagel, Y. Endo, S. Ozawa and M. Brophy 2002. Pearling quality of Canadian barley varieties and their potential use as rice extenders. J. Cereal Sci. 36 : 295－305.

星川清親・富永英子 1989. 二条オオムギのガラス質粒について―胚乳デンプン貯蔵細胞内部の形態的発達―. 日作紀 58（別1）: 232－233.

Hozyo, Y and H. Kobayashi 1969. Tracer studies on the behaviour of photosynthetic products during the grain ripening stage in six-rowed barley plant (*Hordeum sativum*, JESSEN). 農技研報 D 20 : 35－77.

井ノ口明義・久保田基成・桑原達雄・牛山智彦 1990. 登熟条件と刈り取り時期・乾燥方法が大麦の精麦品質に及ぼす影響について. 北陸作報 25 : 52－54.

James, W. C., J. E. E. Jenkins and J. L. Jemmett 1968. The relationship between leaf blotch caused by *Rhynchosporium secalis* and losses in grain yield of spring barley. Ann. appl. Biol. 62 : 273－288.

管益次郎・片山正 1963. 裸麦の品質に関する研究 第4報 品種の原麦・精麦諸形質間における相関関係について. 四国農試報 8 : 135－139.

柏倉真一郎・西城文男・菅原昭二 1959. 雪害による麦の被害様相，被害歩合等の調査成績. 農及園 34 : 515－516.

Khan, T. N. 1986. Effects of fungicide treatments on scald [*Rhynchosporium secalis* (Oud.) J. Davis] infection and yield of barley in Western Australia. Aust. J. Exp. Agric. 26 : 231－235.

Khan, T. N. and G. B. Crosbie 1988. Effect of scald [*Rhynchosporium secalis* (Oud.) J. Davis] infection on some quality characteristics of barley. Aust. J. Exp. Agric. 28 : 783－785.

桐山毅・田谷省三 1975. 麦類の生育時期と湿害について. 九州農業研究 37 : 77－78.

小泉信三・藤晋一 1993. イネの収量と品質・食味に及ぼすいもち病の影響. 愛知県農総試研報 25 : 45－50.

松原幸佳・福山利範 2002. オオムギ雲形病圃場抵抗性の評価法と抵抗性遺伝資源 . 北陸作報 37 : 66－68.

松江勇次・陣内暢明・馬場孝秀・岩渕哲也・福島裕助・古庄雅彦 2001. 1999年における北部九州産麦類の多収要因の解析. 日作紀 70 : 261－266.

松澤克彦・梅原吉広 1986. 大麦雲形病に対する薬剤防除効果およびその発生と収量との関係. 北陸病研報 34 : 52－55.

宮林達雄 1949. 大麦の発育期と湿害 . 農及園 24 : 779－780.

水上ゆかり・小林恭一 1993. 大麦の精麦加工適性と原麦の性状（硝子質割合 , 粒厚）との関係. 北陸作報 28 : 66－68.

中村恵美子・森脇丈治・伊藤誠治・馬場孝秀 2005. オオムギ雲形病における幼苗接種検定と圃場検定との比較. 北陸作報 40 : 51－54.

中村恵美子・伊藤誠治・林敬子・馬場孝秀 2006a. 北陸地域における精麦用オオムギの収量性と精麦品質における年次変動の品種間差. 日作紀 75 : 318－326.

中村恵美子・森脇丈治・伊藤誠治・馬場孝秀 2006b. オオムギ雲形病の異なる2レースに対する幼苗接種試験と圃場試験との比較. 北陸作報 41 : 74－76.

農業研究センター 1986. 皮麦・裸麦（非醸造用二条大麦）調査基準. 68.

農林水産省北陸農政局 2004. 第6節 農産物需給の現状, 課題, 及び主要対策. 2. 需要に対応した麦・大豆等の生産.（1）麦の現状と課題. 平成15年度 北陸食料・農業・農村情勢報告 150－153.

尾形武文・川村富輝・原田皓二 1992. 小麦における登熟期間の過湿処理が硬質粒の発生に及ぼす影響. 日作紀（別2）: 45－46.

岡本弘 1953. 麦類の葉枝性病害について. 植物防疫 7 : 342－345.

尾添茂 1956. 大麦雲形病に関する研究. 島根農試報 1 : 1－122.

三留三千男 1960. 農業実験計画法. 朝倉書店, 東京. 252－269.

早乙女和彦・星川清親・伊藤浩・宮川三郎 1991. 醸造用二条オオムギの硬質粒に関する研究. 栃木農試研報 38 : 37－58.

佐々木孝司・川瀬譲 1952. 麦類雲紋病の被害が収量に及ぼす程度. 農業技術 7 : 36－37.

Stuart, I. M., L. Loi and G. B. Fincher 1988. Varietal and environmental variations in (1-3, 1-4)-β-glucan levels and (1-3, 1-4)-β-glucanase potential in barley : Relationships to malting quality. J. Cereal Sci. 7 : 61－71.

鈴木穂積・荒井治喜・竹中重仁 1988. オオムギ雲形病菌分生胞子の発芽所要時間および死滅温度. 日植病報 54 : 70.

鈴木穂積・荒井治喜 1990. オオムギ雲形病の発生生態と防除. 植物防疫 44 : 214－219.

武田元吉・宇田川武俊 1976. 麦類の光合成に関する生態学的研究 第3報 同化諸器官の光合成能力の生育時期別変化. 日作紀 45 : 357－368.

牛山智彦・細野哲・久保田基成・桑原達雄 2002. 大麦新品種「ファイバースノウ」の育成 . 北陸作報 37 : 60－62.

湯川智行・塩谷哲夫・渡辺好昭 1989. オオムギ雲形病の品種間差について. 北陸作報 24 : 55－56.

Effects of Scattering the Infected Leaves and Sprinkling the Field with Water on the Degree of Scald Infection, Yield and Pearled-Grain Quality of Barley : Emiko Nakamura-Aoki[1)], Seiji Ito[2)], Jouji Moriwaki[2)] and Takahide Baba[3)] *([1)]Natl. Inst. Crop Sci., Tsukuba, Ibaraki 305-8518, Japan; [2)]Natl. Agric. Res. Cent.; [3)]Fukuoka Agric. Res. Cent.)*

Abstract : The effects of scattering the infected leaves and sprinkling the field with water on the degree of infection, yield and pearled-grain quality of barley were investigated using the susceptible cultivar “Minorimugi”. Sprinkling of water before heading promoted scald development. In the plot where infected leaves were scattered before snow in December, the plants were severely infected with scald about four weeks after heading, irrespective of sprinkling. The infection degree in this plot was significantly higher than in the plots where the infected leaves were scattered in March, fungicide was applied, and neither the infected leaves nor fungicide was applied (control). Scattering the infected leaves in December seems to be a useful method to evaluate scald-resistance of genetic resources and breeding resistant lines. The plump-grain yield in the winter-scattering plot was significantly lower than that in other plots by ANOVA, and it had a significant negative correlation with the sum of infection degree during the ripening period. Lower yield caused by scald was attributed to the inhibition of grain growth, not to the decrease in the number of panicles. The pearling time and the rate of steely kernels tended to be increased with increasing scald infection, but they greatly varied with the year. Thus pearling time, rate of broken kernels, rigidity value and crude protein content were not affected by the infection.

Key words : Barley, Field test, Pearling quality, *Rhynchosporium secalis*, Scald, Yield.