

作物生理・細胞工学

オオムギの褐色雪腐病抵抗性に及ぼす低温順化处理条件の影響

渡邊好昭・三浦重典・湯川智行・竹中重仁

(中央農業総合研究センター)

要旨：積雪地帯で大きな被害をもたらす褐色雪腐病に対するオオムギの拡大抵抗性に関して、低温順化处理期間、光条件及び低温順化後の温度条件の影響について検討した。拡大抵抗性程度は、完全に展開した第3葉に褐色雪腐病菌を接種し、病斑長を測定して評価した。オオムギ品種ミノリムギをガラス室で3週間生育させ、低温順化处理(2℃, 12時間日長)を行った後、拡大抵抗性程度を測定した。無処理区と比較して、7日間の低温順化处理区において抵抗性程度が有意に増加した。低温順化处理14日間でさらに抵抗性が増加したが、28日間ではそれ以上の抵抗性の増加は認められなかった。7日間の低温順化处理で抵抗性が増加するためには、全7日間で明条件(12時間日長)が必要であったが、光の強さ、波長の影響は認められなかった。さらに、7日間の低温順化处理で増加した抵抗性程度は、その後15℃、暗黒条件に2週間おくことにより、低温順化处理前と同等まで低下した。また、7日間の低温順化处理後に0.5℃、暗黒条件に4週間置くと低温順化处理前よりも抵抗性程度が低下した。

キーワード：オオムギ、雪害、低温順化、抵抗性、光、雪腐病。

北日本の積雪地帯では、麦類の生産を制限する要因の一つは雪害である。その制限要因である雪害を克服する方法として、雪害抵抗性品種の導入や、雪害を抑制する栽培法の開発が求められている。雪害の主因が雪腐病であることから、雪害抵抗性品種の開発や栽培法の開発のためには、雪腐病抵抗性機構の解明が重要である(富山1955)。

病害の抵抗性機構の解明においては、機構が異なる2つの抵抗性、すなわち、侵入抵抗性と拡大抵抗性に分けて検討することが有効な方法となる(白石ら2001)。そのためには、侵入抵抗性程度、拡大抵抗性程度、それぞれを測定する方法が必要となる。筆者らは褐色雪腐病に対する拡大抵抗性の測定方法として、葉身の1カ所に褐色雪腐病菌を接種し、一定期間インキュベーションした後に病斑長を測定する方法を開発した(渡邊ら2003a)。この方法を用いることで、短時間で、定量的に雪腐病拡大抵抗性程度を測定することが可能である。

冬作物は秋季から冬季に徐々に低温にさらされることで、凍害や雪害等に対する抵抗性が増加することが知られ(Levitt 1980, Gusta ら1982)、低温順化と呼ばれる(酒井1982)。コムギでは耐凍性と同様、低温順化により雪腐病抵抗性が増加することが知られている(Nakajima and Abe 1996)。Gaudet and Chen (1987)は、カナダで見られる雪腐病 Cottony snow mold に対するコムギの抵抗性に及ぼす低温処理期間の影響について報告している。また、Nakajima and Abe (1996)は紅色雪腐病に対するコムギの抵抗性に及ぼす低温順化の温度、期間、光の強さの影響について報告している。しかし、これらの研究では、抵抗性を侵入抵抗性、拡大抵抗性に分けて検討していない。また、オオムギについての検討は行われていない。さらに、本州

の日本海側において多発し、重大な被害を引き起こす褐色雪腐病(平根1955, 高松1989)について、低温順化の条件を検討した報告はない。

そこで本研究では、オオムギの褐色雪腐病に対する拡大抵抗性に及ぼす低温順化の期間、光の強さ、波長の影響について検討した。また、オオムギが低温順化後に暖かい条件(デハードニング)に戻った場合の抵抗性の変化、あるいは低温順化後に積雪下の様な低温暗黒条件に入った場合の抵抗性の変化を明らかにする目的で、低温順化後の温度条件が抵抗性に及ぼす影響についても検討した。

材料と方法

1. 栽培方法

試験には雪腐病抵抗性が中程度であるオオムギ品種ミノリムギ(湯川ら1988)を使用した。種子を2%次亜塩素酸ナトリウム溶液に10分間浸漬し消毒した後、養分を含む消毒された土壌(クレハ園芸培土)に播種した。福島市にある東北農業試験場畑地利用部(現東北農業研究センター福島キャンパス)の最低温度を15℃に設定したガラス室内で3週間栽培して、第3葉が完全に展開した個体を使用した。低温順化处理は2℃, 12時間日長で、光源には植物育成用蛍光灯(プラントルクス)を用い、光合成有効放射 $95 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の光条件で行った。

2. 試験1. 低温順化处理期間が雪腐病拡大抵抗性及び耐凍性に及ぼす影響

褐色雪腐病に対する拡大抵抗性に及ぼす低温順化期間の影響を明らかにするために、低温順化期間を0, 1, 3, 7, 14, 28日間に設定し、雪腐病拡大抵抗性程度の測定を行っ

た。また、耐雪性品種であるミユキオオムギ（後藤ら 1977）についても、低温順化期間を 0, 7, 14, 21, 28 日間に設定して、同様の測定を行った。

さらに、低温順化処理が雪腐病抵抗性に及ぼす影響と、耐凍性に及ぼす影響を比較するため、ミノリムギを用いて、低温順化期間を 0, 7, 14, 21, 28 日間とし、葉身の雪腐病拡大抵抗性程度と同一調査個体の耐凍性程度の測定を行った。

3. 試験 2. 低温順化処理における光条件が雪腐病拡大抵抗性に及ぼす影響

低温順化処理における光条件の影響を明らかにするために、以下の 3 つの実験を行った。

(1) 明条件の日数；低温順化処理における明条件の日数の影響について検討した。すなわち、7 日間の低温順化処理のうち、最初の 1 日を 12 時間日長の明条件とし、残りの 6 日を 24 時間暗条件とした区、最初の 2 日を明条件とし、5 日を暗条件とした区、3 日を明条件、4 日を暗条件とした区、5 日を明条件、2 日を暗条件とした区、7 日全期間を明条件にした区を設け、雪腐病拡大抵抗性を比較した。

(2) 光の強さ；低温順化処理時の光の強さの影響について検討した。すなわち、植物体を白色寒冷沙、黒色寒冷沙、2 重の黒色寒冷沙により覆うことにより光の強さを変え、7 日間の低温順化処理を行って雪腐病拡大抵抗性を比較した。

(3) 光の波長；低温順化処理の光の波長の影響について検討した。すなわち、低温順化を行う個体を透明、赤、緑、青のセロファン紙により覆うことで光の波長を変え、7 日間の低温順化処理を行って雪腐病拡大抵抗性を比較した。

4. 試験 3. 低温順化処理後の温度条件が雪腐病拡大抵抗性に及ぼす影響

低温順化処理により獲得した雪腐病拡大抵抗性が、低温順化処理後の温度、光条件により変化するか否かを明らかにするために、以下の 2 つの試験を行った。1 つは低温順化処理後のデハードニング処理の影響を明らかにするため、低温順化処理を 7 日間行った後、15℃暗黒条件に 7 日間あるいは 14 日間おいた植物体の雪腐病拡大抵抗性程度の測定を行った。もう 1 つは低温順化処理後の積雪下を想定した低温暗黒条件の影響を明らかにするため、低温順化処理を 7 日間行った後、0.5℃暗黒条件に 14 日間あるいは 28 日間おいた植物体の雪腐病拡大抵抗性程度を測定した。

5. 雪腐病の拡大抵抗性程度の測定方法

接種には褐色雪腐病菌 *Pythium paddicum* HP9102 菌株（竹中 1994）の含菌寒天片を用いた。雪腐病抵抗性程度の測定は、前報（渡邊ら 2003a）に従い、葉身を付傷し、含菌寒天片を付着させた後に、0.5℃暗黒条件に 1 週間おいた。その後、最低温度を 15℃に設定したガラス室に移し、含

菌寒天片を取り除き葉身表面を殺菌して、3 日後に病斑長を測定した。抵抗性程度の測定には、完全に展開した第 3 葉を用い、1 処理について 12 個体を供試した。

6. 耐凍性程度の測定

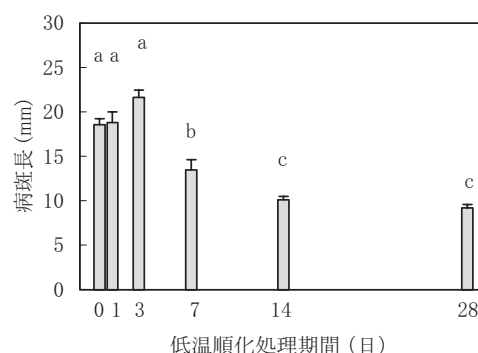
植物に付着した土を洗い流した後、地上部 5 cm、地下部 2 cm を残して切りとって、耐凍性測定用の試料とした。キムワイプをしめらせ、その間に試料を挟んで、アルミホイルに包み、プログラム制御が可能な低温器に入れ、凍結処理を行った。温度は -2℃の条件に 12 時間保った後、1 時間に 1℃の低下速度で、-14℃まで低下させた。-4℃から -14℃まで、2℃毎にサンプリングして 2℃の条件に一晩おいて解凍した後、最低温度を 15℃に設定したガラス室において植物体を再生させ、再生個体数を調査して、50%致死温度 (LT_{50}) を算出した。

結 果

試験 1. 低温順化処理期間が雪腐病拡大抵抗性及び耐凍性に及ぼす影響

ミノリムギの褐色雪腐病拡大抵抗性程度は、無処理区に比べて 7 日間の低温順化処理によって有意に増加した（第 1 図）。低温順化処理期間が 14 日になると、7 日よりも抵抗性が増加したが、低温順化処理前と 7 日の病斑長の差に比べ、低温順化処理 7 日と 14 日の病斑長の差は小さかった。さらに、低温順化処理期間が 28 日では、14 日に比べて有意な差はなく、14 日以上低温順化処理による抵抗性の増加は認められなかった。低温順化処理期間が 3 日以下では低温順化処理前と有意差がなく、拡大抵抗性が増加するためには低温順化処理期間が 7 日必要であることが明らかとなった。

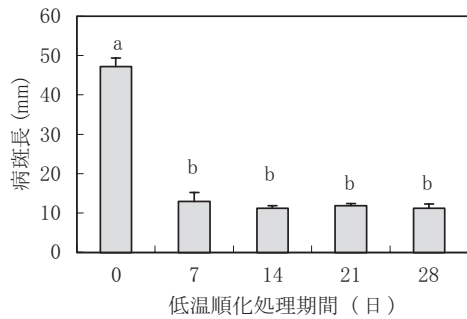
低温順化処理による雪腐病拡大抵抗性の増加は、ミユキオオムギでもミノリムギと同様に認められ、7 日間の低温順化処理で褐色雪腐病拡大抵抗性が増加した（第 2 図）。ミユキオオムギでは低温順化処理期間 7 日と 14 日あるい



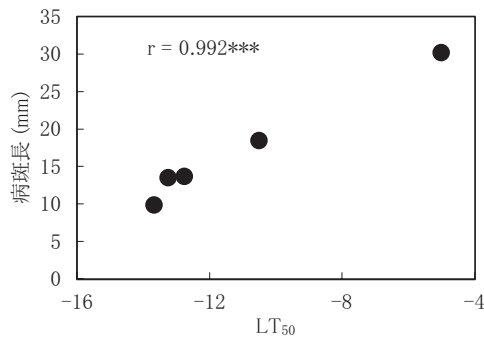
第 1 図 ミノリムギの褐色雪腐病拡大抵抗性に及ぼす低温順化処理期間の影響。

縦棒は標準誤差 (n=12) を示す。

同一のアルファベット間には Tukey の方法で 5% レベルで有意差のないことを示す。



第2図 ミユキオオムギの褐色雪腐病拡大抵抗性に及ぼす低温順化処理期間の影響。
縦棒は標準誤差 (n=12) を示す。
同一のアルファベット間にはTukeyの方法で5%レベルで有意差のないことを示す。



第3図 ミノリムギの褐色雪腐病拡大抵抗性と耐凍性の関係。
LT₅₀ 50%致死温度。
***: 危険率0.1%で有意。

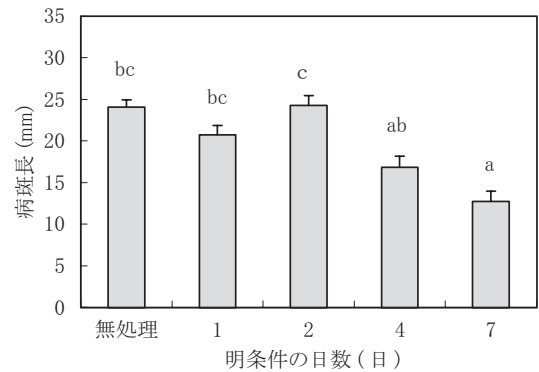
はそれ以上の処理期間の病斑長には有意な差はなく、低温順化処理が7日以上では抵抗性の増加は認められなかった。

低温順化処理の褐色雪腐病拡大抵抗性に及ぼす影響と耐凍性に及ぼす影響を比較したところ、両者の間には0.1%レベルで高い正の相関関係があった(第3図)。低温順化処理期間と耐凍性の関係は雪腐病拡大抵抗性の関係と同様に、低温順化処理の最初の7日間で耐凍性の増加が大きく、低温順化処理期間が14日以上になると耐凍性の増加は小さくなった。

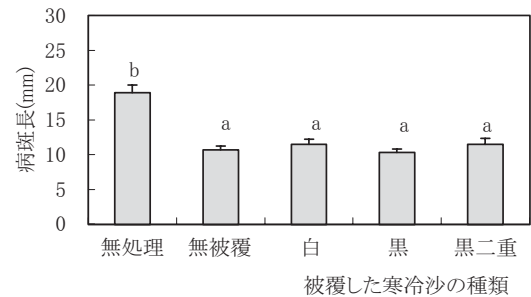
試験2. 低温順化処理における光条件が雪腐病拡大抵抗性に及ぼす影響

(1) 明条件の日数: 低温順化処理期間中の明条件の日数は、雪腐病拡大抵抗性に影響し、7日間の低温順化処理のうち、全期間明条件で処理した個体において、病斑長が無処理区に比べて有意に短くなった(第4図)。明条件4日でも病斑長は短くなったが、無処理区との間に有意な差は認められなかった。この結果から、雪腐病拡大抵抗性の増加には7日間の低温順化処理においては、全期間の明条件が必要であることが明らかとなった。

(2) 光の強さ: 低温順化処理時の寒冷沙による被覆の雪腐



第4図 ミノリムギの7日間の低温順化処理のうち明条件の日数が褐色雪腐病拡大抵抗性に及ぼす影響。
縦棒は標準誤差 (n=12) を示す。
同一のアルファベット間にはTukeyの方法で5%レベルで有意差がないことを示す。



第5図 ミノリムギの低温順化処理時の被覆が褐色雪腐病拡大抵抗性に及ぼす影響。
縦棒は標準誤差 (n=12) を示す。
同一のアルファベット間にはTukeyの方法で5%レベルで有意差がないことを示す。

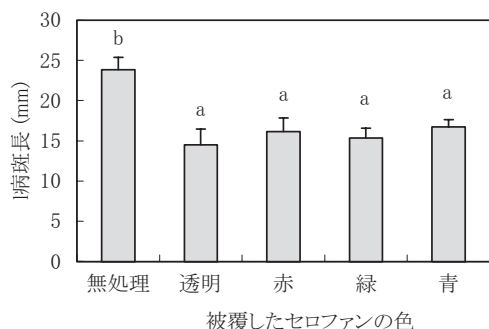
病抵抗性に及ぼす影響は認められなかった。すなわち、無被覆と比較して、白寒冷沙、黒寒冷沙、2重の黒寒冷沙により被覆した場合の病斑長には有意な差が生じることなく、無処理区と比較すると、全ての区で有意に病斑長が短くなった(第5図)。低温順化処理時の光量子フラックス密度は、無被覆では $95 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であるのに対し、白寒冷沙で46%、黒寒冷沙で57%、二重の黒寒冷沙で79%が削減されていたが(第1表)、抵抗性には影響を与えなかったことから、光の強さの影響は小さいと考えられた。

(3) 光の波長: 低温順化処理時に各種のセロファンで被覆した場合には、無処理区に比較して病斑長が短くなったが、

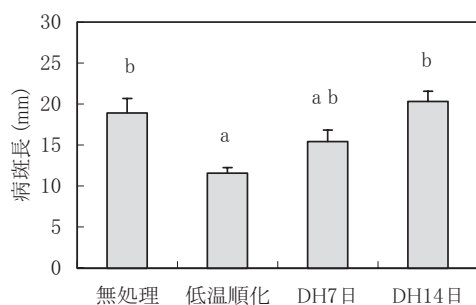
第1表 各種被覆材を用いた低温順化における光量子フラックス密度。

低温順化(無被覆)	95 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
白寒冷沙	51
黒寒冷沙	41
黒寒冷沙2重	20
透明セロファン	68
赤セロファン	43
緑セロファン	8
青セロファン	11

光量子センサー(koito iks-27/101)による測定。



第6図 ミノリムギの低温順化処理時に被覆したセロファン
の色が褐色雪腐病拡大抵抗性に及ぼす影響。
縦棒は標準誤差 (n=12) を示す。
同一のアルファベット間にはTukeyの方法で5%
レベルで有意差がないことを示す。



第7図 ミノリムギの低温順化後のデハードニング (DH) が
褐色雪腐病拡大抵抗性に及ぼす影響。
縦棒は標準誤差 (n=12) を示す。
同一のアルファベット間にはTukeyの方法で5%
レベルで有意差がないことを示す。

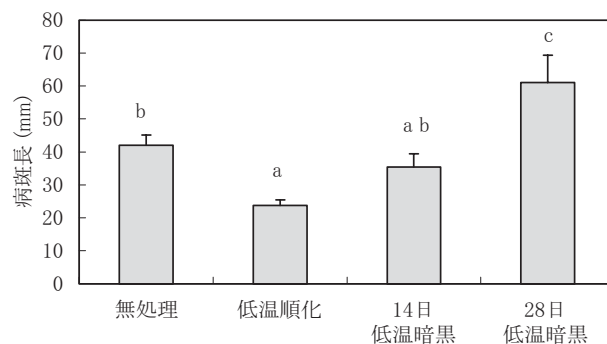
抵抗性に差異は認められなかった (第6図)。このことから、抵抗性に及ぼす光の波長の影響は小さいものと考えられた。

以上の結果から、低温順化による雪腐病拡大抵抗性の増加には、7日間12時間日長の明条件が必要であるが、光の強さ、光の波長には影響されないものと考えられた。

試験3. 低温順化処理後の温度条件が雪腐病拡大抵抗性に及ぼす影響

低温順化処理1週間の後、15℃暗黒条件に1週間置くと低温順化処理区と比較して有意ではないが、病斑長が長くなり、無処理区とも有意差のない中間の値になった (第7図)。さらに、15℃暗黒条件に2週間置くと病斑長は無処理と同程度の長さになった。このことから、低温順化処理により抵抗性は高くなったが、その後のデハードニング条件により抵抗性が低下するものと考えられた。

低温順化処理1週間の後、積雪下を模した0.5℃、暗黒条件に2週間おくと、病斑長が長くなり、低温順化処理区と比較しても、無処理区と比較しても有意差のない中間の値になった (第8図)。さらに0.5℃、暗黒条件に4週間おくと、病斑長は無処理区よりも長くなった。このことか



第8図 ミノリムギの低温順化後の低温暗黒処理が
褐色雪腐病拡大抵抗性に及ぼす影響。
縦棒は標準誤差 (n=12) を示す。
同一のアルファベット間にはTukeyの方法で5%
レベルで有意差がないことを示す。

ら、低温順化により高まった抵抗性は、積雪下の様な低温暗黒条件に置かれることで低下することが明らかとなった。

考 察

褐色雪腐病の拡大抵抗性が増加するために必要な低温順化処理期間について検討したところ、2℃、12時間日長条件で3日間では不十分であり、7日間が必要であった (第1図)。Nakajima and Abe (1996) は、紅色雪腐病に対するコムギの抵抗性について検討し、1週間の低温順化処理で抵抗性が増加することを報告している。また、Årsvoll (1974) もチモシー、メドーフェスクを供試して同様に1週間の低温順化処理で紅色雪腐病、雪腐褐色小粒菌核病、雪腐黒色小粒菌核病、雪腐大粒菌核病の抵抗性が増加することを観察している。このことから、雪腐病拡大抵抗性の増加は低温順化処理を7日程度行うことで引き起こされるものと考えられた。低温順化処理期間が14日では、7日よりも抵抗性が有意に増加したが、最初の7日間に比べ、次の7日間での抵抗性の増加程度は小さく、さらに低温順化処理期間を28日にしても抵抗性の増加は認められなかった。一方、耐雪性強のミユキオオムギを用いた場合には、抵抗性は低温順化処理期間7日で増加し、処理期間を14日以上にしても増加は認められなかった (第2図)。Nakajima and Abe (1996) のコムギを供試した試験では、低温順化処理期間を1から5週間と変化させても、その抵抗性の差は小さいことを報告している。また、Årsvoll (1974) も低温順化処理期間1週間と3週間では有意差がないことを報告している。一方、Gaudet and Chen (1987) は、cottony snow moldの抵抗性と低温順化処理期間の関係について検討し、供試する作物のエイジによって違うことを報告している。生育期間5週間のコムギでは低温順化処理期間2週間から16週間まで抵抗性に差異が認められないが、生育期間が2.5週以下の若いコムギでは低温順化期間が10週間まで抵抗性が高くなることを報告している。雪腐病抵抗性が植

物のエイジに大きく影響されることを筆者らも観察しており (2003b), 植物のエイジにより低温順化処理に対する植物体の応答に差異があり, その結果が抵抗性に反映されるものと考えられる。

低温順化処理では低温と光が必要であるが, その光条件と雪腐病抵抗性と関係について検討した報告は少なく (Årsvoll 1977, Nakajima and Abe 1996), 特に, 明条件の日数と, 光の波長の影響について検討した報告は見られない。本報で低温順化処理期間中の明条件の日数を比較したところ, 低温順化処理7日間の全期間を12時間日長の明条件にした時に雪腐病抵抗性が有意に増加したが, 明条件が短い場合には抵抗性は増加しなかった (第4図)。一方, 7日間の明条件の光の強さと波長は, 抵抗性に影響しなかった (第5, 6図)。色つきのセロファンで植物体を覆った場合には, 植物に到達する光の波長が変わるとともに光の強さも変わり, 寒冷沙被覆よりも低い光量の場合もあった (第1表) が, それでも被覆しない区と抵抗性の差異はなく, 無処理区に比べて高かった。低温順化処理時の光の強さに関して, Nakajima and Abe (1996) は紅色雪腐病に対するコムギの抵抗性は, 強い光で高くなる傾向を示したことを報告している。また, Årsvoll (1974) はチモシー, メドーフェスクの紅色雪腐病, 雪腐褐色小粒菌核病, 雪腐黒色小粒菌核病, 雪腐大粒菌核病について強光下で抵抗性が高くなることを報告しており, 本試験の結果とは一致しない。この原因として, 雪腐病菌の種類と寄主の違いが考えられる。また, 雪腐病抵抗性の測定方法の違いも関係していることが考えられる。本試験では病斑長を測定しているのに対し, Nakajima and Abe (1996) や Årsvoll (1974) は, 菌を接種し, 一定期間インキュベーションして被害を起こさせた後, 再生させて生存個体数や再生量を観察する方法で行っている。そのため, 光の強さは再生の基質やエネルギーとしての光合成産物の蓄積に関与している可能性が考えられる。

本試験の結果, 褐色雪腐病の拡大抵抗性には光の強さが影響せず, 明条件の日数が影響したことから, オオムギの褐色雪腐病拡大抵抗性に及ぼす低温順化中の光の役割は, エネルギーや再生の基質としての糖の蓄積作用とは考えにくい。色素によるシグナル伝達 (Crosatti ら 1999) の可能性が考えられ, 今後, 検討する必要がある。

低温順化処理後に置かれる温度条件によって, 褐色雪腐病拡大抵抗性は大きく変化した。低温順化処理によって高まった抵抗性は, 15°C暗黒条件におくことで, デハードニングして低下し, 2週間で低温順化処理前と同等になった。デハードニングによる雪腐病抵抗性の変化については, Tronsmo (1985) がチモシーを供試し, 雪腐黒色小粒菌核病の抵抗性が2週間のデハードニングでは低下せず, 耐凍性が同様の条件で低下するのとは違う反応を示すことを報告しており, 本研究の結果とは一致しない。耐雪性と耐凍性の共通性, 相違性を検討していく上でも, デハードニングに対する反応について, 今後, さらに検討する必要がある。

一方, 低温順化処理後に積雪下と同様の低温暗黒条件に2週間置かれると, 抵抗性は弱まって低温順化前と同等となり, さらに, 4週間置かれると低温順化前よりも抵抗性が弱くなった。中島 (1998) は低温順化後に積雪下の条件を模した60日間0.75°C暗黒条件に置くことで, 紅色雪腐病の拡大抵抗性が減少することを報告している。これらの結果は積雪下と同様の条件に置くことで抵抗性が低下することを示しており, 耐雪性の研究を実施していく上で興味深い現象である。

本試験の低温順化処理期間を変えた試験において, オオムギの褐色雪腐病拡大抵抗性と耐凍性の間には0.1%レベルで有意な正の相関関係が見られた (第3図)。Årsvoll (1974) は, 低温順化処理の条件を変えた試験において, チモシー, メドーフェスクの紅色雪腐病, 雪腐褐色小粒菌核病, 雪腐黒色小粒菌核病, 雪腐大粒菌核病の4つの被害程度の平均値と凍害の間には高い相関があることを報告している。Gaudet and Chen (1987) は, コムギの Cottony snow mold の抵抗性と耐凍性の間に相関関係があることを報告している。また, 天野 (1987) は北海道において越冬性の異なる25品種・系統の秋播コムギを供試して, 紅色雪腐病, 雪腐褐色小粒菌核病, 雪腐黒色小粒菌核病では有意な相関は認められないが, 雪腐大粒菌核病被害と凍害の間には高い正の相関が認められることを報告している。さらに, Abe and Matsumoto (1981) は, 品種間の比較試験において, オーチャードグラスの雪腐黒色小粒菌核病抵抗性と耐凍性の間に相関があることを報告しており, これらの結果は雪腐病抵抗性と耐凍性には何らかの関係があることを示唆している。雪腐病は生物学的ストレスであり, 凍害は非生物学的ストレスであることから, 両者に対する抵抗性のメカニズムは同一のものとは考えにくい。しかし, 本試験でも見られたように, 低温順化処理による抵抗性の増加は, 雪腐病抵抗性においても, 耐凍性においても類似して起こることから, 両者の抵抗性を誘導するシグナル伝達については共通部分があるものと考えられ (吉田ら 1998), 抵抗性のメカニズムを検討する上で重要な要因になるものと考えられた。

引用文献

- Abe, J. and N. Matsumoto 1981. Resistance to snow mould disease caused by *Typhula* spp. In cocksfoot. J. Jpn. Soc. Grassl. Sci 27 : 152–158.
- 天野洋一 1987. 秋播小麦における耐冬性の育種学的研究. 北海道立農業試験場報告 64 : 1–79.
- Årsvoll, K. 1974. Effects of hardening, plant age, and development in *Phleum pratense* and *Festuca pratensis* on resistance to snow mould fungi. Meldinger fra Norges landbrukshogskole 56 : 1–14.
- Crosatti, C., P. Polverino de Laureto, R. Bassi and L. Cattivi 1999. The interaction between cold and light controls the expression of the cold-regulated barley gene *cor14b* and the accumulation of the corresponding protein. Plant Physiol. 119 : 671–680.
- Gaudet, D. A. and T.H.H. Chen 1987. Effects of hardening and plant age

- on development of resistance to cottony snow mold (*Coprinus psychromorbidus*) in winter wheat under controlled conditions. Can. J. Bot. 65 : 1152–1156.
- 後藤虎男・大谷庄太・太田太陽・藤原秀雄・上田邦彦・田野崎真吾 1977. オオムギ新品種「ミユキオオムギ」について. 東北農試研報 56 : 19–36.
- Gusta, L.V., D.B. Fowler and N.J. Tyler 1982. Factors influencing hardening and survival in winter wheat. In Li, P.H. and A. Sakai eds., Plant Cold Hardiness and Freezing Stress. Academic Press. New York. 23–40.
- 平根誠一 1955. 麦類褐色雪腐病の防除に関する研究. 農業改良技術資料 60 : 1–86.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. 2nd edition. Volume 1. Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses. Academic Press. London. 1–497.
- Nakajima, T. and J. Abe 1996. Environmental factors affecting expression of resistance to pink snow mold caused by *Microdochium nivale* in winter wheat. Can. J. Bot. 74 : 1783–1788.
- 中島隆 1998. コムギの紅色雪腐病抵抗性に関する研究. 東北農試研報 94 : 53–98.
- 酒井昭 1982. 植物の耐凍性と寒冷適応—冬の生理・生態学—, 学会出版センター, 東京. 1–469.
- 白石友紀・一瀬勇規・豊田和弘 2001. 病原体に対する反応. 寺島一郎編, 環境応答. 朝倉書店. 東京. 168–177.
- 高松進 1989. 麦類雪腐病—とくに褐色雪腐病の発生生態に関する研究. 福井県農試特別報告 9 : 1–135.
- 竹中重仁 1994. 麦類雪腐病の血清学的診断法の開発と植物体中における本病原菌の動態に関する研究. 北陸農試研報 36 : 71–145.
- 富山公平 1955. 麦類雪腐病に関する研究. 北海道農試研報 47 : 1–234.
- Tronsmo, A. M. 1985. Effects of dehardening on resistance to freezing and to infection by *Typhula ishikariensis* in *Phleum pratense*. Acta Agric. Scand. 35 : 113–116.
- 渡邊好昭・三浦重典・湯川智行・竹中重仁 2003a. 葉身を用いた麦類の褐色雪腐病に対する拡大抵抗性測定法. 日作紀 72 : 89–92.
- 渡邊好昭・三浦重典・湯川智行・竹中重仁 2003b. 葉齢の増加に伴うオオムギの耐雪性の変化. 日作紀 72 : 192–195.
- 吉田みどり・森山真久・川上顕 1998. 低温認識による耐凍性と病害抵抗性の発現と分化. 植物の化学調節 33 : 213–220.
- 湯川智行・塩谷哲夫・渡邊好昭 1988. オオムギの耐雪性に関する品種間差異. 日作紀 57 (別 2) 249–250.

Effects of Cold Acclimation Factors on Pythium Snow Rot Resistance of Barley : Yoshiaki WATANABE¹⁾, Shigenori MIURA¹⁾, Tomoyuki YUKAWA¹⁾ and Shigehito TAKENAKA²⁾ (¹⁾Natl. Agric. Res. Cent., Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan; ²⁾Natl. Agric. Res. Cent. for Hokkaido Region)

Abstract : The effects of duration and light conditions of cold acclimation (2°C, 12h photoperiod) and environmental condition after cold acclimation on the resistance to Pythium snow rot in barley were studied. The resistance to the spread of symptoms was measured by lesion length extended from inoculation point inoculated with a Pythium snow rot pathogen, *P. paddicum* on the leaf blade. The duration of cold acclimation significantly affected the resistance to snow rot. The significant increase in the resistance was observed after 7 days of cold acclimation treatment. The resistance was further increased by 14 days of cold acclimation, but further prolongation of the cold acclimation period from 14 to 28 days had no effect. During 7-day cold acclimation period, light was necessary to increase the resistance, although light intensity and color had no influence. The resistance attained by the 7-day cold acclimation was nullified by a subsequent exposure to 15°C in darkness for 14 days or cold and dark condition (0.5°C, darkness for 28 days).

Key words : Barley, Cold acclimation, Light, Resistance, Snow damage, Snow mold.