登熟期の気象条件が小麦子実の α -アミラーゼ活性に及ぼす影響

中津智史*

北海道立十勝農業試験場 (082-0071 北海道河西郡芽室町字新生)

Effect of Weather Conditions on α -Amylase of Ripening Wheat (*Triticum aestivum* L.) Grain

Satoshi Nakatsu*

Tokachi Agricultural Experiment Station (Memuro-cho, Hokkaido 082-0071, Japan)

The effects of weather conditions on α -amylase activity and its isozymes at maturity were investigated in the three winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties of Chihokumugi (susceptible to pre-harvest sprouting), Kitakei-1354 (tolerant) and Lancer (tolerant) using environment cabinets. The results were: 1) In Chihokumugi, wheat grains which were exposed to cool and wet conditions (20°C/10°C and from 80 to 100% relative humidity) at the early and middle stages of ripening exhibited relatively high α -amylase activity, due to Amy-2 isozymes, in the absence of germination (RPA: retention of pericarp α -amylase). Under cool and wet conditions in the late stage of ripening, grains germinated at maturity and with high pI isozymes of Amy-1 were activated (PrMS: pre-maturity sprouting α -amylase). 2) Since Kitakei-1354 showed a dull response to weather conditions during the ripening stage, low α -amylase activity and little germination were observed consistently. 3) In Lancer, Amy-1 was activated in the absence of germination (PMAA: pre-maturity α -amylase) under not only cool and wet conditions but also under hot and dry conditions. 4) Accordingly, three pathways (RPA, PrMS and PMAA) of α -amylase formation at maturity were observed in Hokkaido. Since certain varieties like Lancer often exhibited high α -amylase activity at maturity in spite of high tolerance to pre-harvest sprouting, α -amylase activity at maturity as well as dormancy of wheat grain was an important criteria. Further investigations are needed to clarify the precise environmental factors which induce PMAA formation.

小麦 (*Triticum aestivum* L.) 子実中の α -アミラーゼ活性は澱粉の糊化粘度に大きな影響を及ぼし、この活性が高過ぎるといわゆる低アミロ小麦となり、加工利用上の大きな問題となる^{1,2)}。 α -アミラーゼ活性が発現する原因は、収穫前の降雨を引き金とした穂発芽による場合が多いが、北海道では年次、地域、品種により成熟期 (子実水分が約 40% に低下したころ) ですでに高い α -アミラーゼ活性を示す事例が認められている³⁻⁵⁾。同様の事例は海外でも知られており、登熟期の気温や湿度などの気象条件が影響することや、

気象反応に品種間差が認められると報告されている⁶⁻⁹⁾。しかし、北海道内において α -アミラーゼを誘導する気象条件や、品種間差に関する検討事例は少ない。

一般に小麦子実中の α -アミラーゼ活性は登熟期間中に高いが、成熟期付近で最も低下し、その後穂発芽が発生すると再び活性化するとされている^{3,6)}。また、小麦 α -アミラーゼにはいくつかのアイソザイムが存在し、これらは等電点電気泳動により大きく二つのグループに区分され、登熟期間中は pI の低い α -アミラーゼ (Amy-2) が主として認められ、穂発芽によって最初に pI の高い α -アミラーゼ (Amy-1) が発現し、その後に低 pI の α -アミラーゼ (Amy-2) が発現する^{6,8)}。しかし、北海道内における小麦の α -アミラーゼアイソザイムの検討例は少なく、また成熟期で

*現住所：北海道立中央農業試験場 (069-1395 北海道長沼町東 6 線北 15 号)

*Present address: Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma-cho, Hokkaido 069-1395, Japan

高活性を示す α -アミラーゼの由来については明らかにされていない。

本研究では穂発芽耐性の異なるいくつかの品種について、登熟期の気象条件（気温および湿度）が成熟期の α -アミラーゼ活性およびそのアイソザイムの発現に及ぼす影響を、人工気象室を用いて解析した。

実験材料と方法

1. 供試材料

1994年および1995年に、チホクコムギ、北系1354、Lancerの秋播小麦3品種を供試して試験を実施した。供試した品種の中でチホクコムギは北海道の主要品種であるが穂発芽しやすく、北系1354とLancerは穂発芽耐性が強いことから育種母材として用いられている¹⁰⁾。小麦栽培は北海道長沼町の北海道立中央農業試験場内で行い、秋に播種し翌年4月下旬に越冬株をワグネル・ポット（1/5000 a）に移植し、登熟期の気象処理に供試した。

2. 気象処理

1994年は人工気象室を用いて、対照区（高温低湿）と低温湿潤処理区を設けた。対照区は昼間25℃、夜間15℃で無加湿とし、低温湿潤処理区は昼間20℃、夜間10℃で加湿器により湿度をほぼ100%に保った。各品種の開花期に全ポット試料を対照の人工気象室に移動し、早期（開花約2週間後）、中期（同約3週間

後）、晚期（同4週間後）に低温湿潤処理の人工気象室に移動し、成熟期まで処理を継続した（Table 1）。

1995年は対照区をビニールハウス内に設定した。登熟期間中の平均気温は約22℃であった。また、低温処理の設定温度は前年と同様に昼間20℃、夜間10℃であったが、加湿条件は前年よりも緩和し、穂が濡れない程度（湿度80-100%）の高湿処理とした。また、低温高湿処理の期間も前年とは異なり、継続処理ではなく1週間だけの短期処理とした。すなわち、各品種の開花期に全ポット試料を対照のビニールハウスに移し、開花の2, 3, 4週間後から1週間だけ、人工気象室に移動して低温高湿処理を行い、処理後は再びビニールハウスに戻した（Table 2）。

3. 実験方法

各ポット試料の成熟期に穂を収穫し、乾燥、脱穀し得られた子実は冷蔵庫中で保存した。その後、全子実試料を用いて平均粒重および発芽率の調査を行った。平均粒重は全子実試料の重量を測定後、粒数で除したものである。発芽の程度は、胚の部分の皮が縦に開いた子実および幼根の伸長が認められる子実を発芽粒とし、その発生率（%）を調べた。

さらに、 α -アミラーゼ活性の測定、およびアイソザイム解析を行った。 α -アミラーゼ活性はブルー・スターチ法により測定した。すなわち、子実試料5gを粉碎し、得られた全粒粉1gに抽出液（0.5%塩化ナト

Table 1. Weather treatment of potted plants at ripening stage in 1994.

Variety (Anthesis)	Weather treatment	Cool and wet period ^a	
		Calendar day	Days post-anthesis
Chihokukomugi (10-Jun)	Warm and dry ^b	—	—
	Early cool and wet ^c	From 24-Jun to 19-Jul	14-39
	Middle cool and wet	From 1-Jul to 17-Jul	21-37
	Late cool and wet	From 8-Jul to 13-Jul	28-33
Kitakei-1354 (12-Jun)	Warm and dry	—	—
	Early cool and wet	From 24-Jun to 27-Jul	12-45
	Middle cool and wet	From 1-Jul to 19-Jul	19-37
	Late cool and wet	From 10-Jul to 15-Jul	28-33
Lancer (14-Jun)	Warm and dry	—	—
	Early cool and wet	From 24-Jun to 27-Jul	10-43
	Middle cool and wet	From 1-Jul to 19-Jul	17-35
	Late cool and wet	From 12-Jul to 15-Jul	28-31

^a All pots were moved to warm and dry conditions at anthesis. Some pots remained under warm and dry conditions as controls, while others were moved to a cool and wet cabinet at the early, middle or late stage of ripening where they remained until maturity. ^b Warm and dry: Artificial weather cabinet with a temperature of 25℃ during the day and 15℃ at night and no humidification. ^c Cool and wet: Artificial weather cabinet with a temperature of 20℃ during the day 10℃ at night with almost 100% relative humidity.

Table 2. Weather treatment of potted plants at ripening stage in 1995.

Variety (Anthesis)	Weather treatment	Cool and wet period ^a	
		Calendar day	Days post-anthesis
Chihokukomugi (18-Jun)	Hot and dry ^b	—	—
	Early cool and humid ^c	From 3-Jul to 10-Jul	14-21
	Middle cool and humid	From 10-Jul to 17-Jul	21-28
	Late cool and humid	From 17-Jul to 24-Jul	28-35
Kitakei-1354 (17-Jun)	Hot and dry	—	—
	Early cool and humid	From 1-Jul to 8-Jul	14-21
	Middle cool and humid	From 8-Jul to 15-Jul	21-28
	Late cool and humid	From 15-Jul to 22-Jul	28-35
Lancer (19-Jun)	Hot and dry	—	—
	Early cool and humid	From 3-Jul to 10-Jul	14-21
	Middle cool and humid	From 10-Jul to 17-Jul	21-28
	Late cool and humid	From 17-Jul to 24-Jul	28-35

^aAll pots were moved to hot and dry conditions at anthesis. Some pots remained under hot and dry conditions as controls, while others were moved to a cool and humid cabinet at the early, middle or late stage of ripening where they remained for one week. Thereafter, they were moved to hot and dry conditions where they remained until maturity.

^bHot and dry: Vinyl house with a mean temperature of 22°C and no humidification. ^cCool and humid: Artificial weather cabinet with a temperature of 20°C during the day 10°C at night with 80-100% relative humidity.

リウム、0.02%塩化カルシウム液) 20 mL を加え混合し、濾過により粗酵素液を得た。粗酵素液 3 mL に基質懸濁液 1 mL (第一化学薬品㈱「ネオ・アミラーゼ・テスト (ブルー・スターチ)」1 粒を 0.1 M 磷酸緩衝液 (pH 5.0), 4.5 mL に混合したもの) を加え 55°C で 5 分間反応させた。反応停止液 (0.5 N 水酸化ナトリウム) 1 mL を加え、反応を停止させた後、濾過により得られた濾液について、620 nm の吸光度を測定した^{11,12)}。得られた吸光度を活性既知試料とのキャリブレーションにより mU に変換し、水分補正して乾物 1 g 当りの mU/g で表示した。本酵素活性が 290 mU/g 以上の試料は低アミロ小麦となっている危険性が高いと評価される¹³⁾。

アイソザイムの解析では、全粒粉 0.2 g に 0.05 M トリス緩衝液 (pH 7.5), 0.8 mL を加え、遠心分離により粗酵素液を得た。粗酵素液を 70°C で 15 分間加熱処理し、 β -アミラーゼを失活させた後、粗酵素液 15 μ L について、アンフォライン (pH 3.5-9.5) を用いて等電点電気泳動した。電気泳動装置には Maltiphor II (ファルマシア社) を用いた。泳動終了後のゲルを澱粉溶液 (可溶性澱粉 3 g を 0.1 M 酢酸緩衝液 (pH 5.5) 100 mL で加熱・溶解した後、40°C 程度まで冷却したもの) に浸した後、洗浄し、ヨウ素液 (0.2% ヨウ素, 2% ヨウ化カリウム液) に浸し、ヨウ素-澱粉反応により活性染色を行った^{14,16)}。

実験結果

1994 年、対照区のチホクコムギに発芽は認められず、 α -アミラーゼ活性も 166 mU/g と低かった (Table 3)。早期からの低温湿潤処理で発芽は認められなかったが、活性は 337 mU/g と高く、中期からの処理でも活性は 239 mU/g とやや高かった。晩期処理では発芽粒が 10.4% と高い比率で認められ、 α -アミラーゼ活性も 662 mU/g と高かった。

北系 1354 ではいずれの処理によっても発芽は認められなかった。 α -アミラーゼ活性は対照区で 132 mU/g と低く、低温湿潤各処理区においても、前期からの処理が 231 mU/g、中期からの処理が 151 mU/g、晩期処理が 225 mU/g で全般に低かった。

Lancer は対照区で発芽は認められなかったが、 α -アミラーゼ活性が 224 mU/g とチホクコムギや北系 1354 の対照区と比較してやや高かった。また、発芽粒は晩期処理で 0.5% 認められただけであったが、 α -アミラーゼ活性は早期からの処理で 417 mU/g、中期からの処理で 307 mU/g、晩期処理で 834 mU/g と高く、とくに晩期処理の活性の高まりが顕著であった。

α -アミラーゼアイソザイムの解析結果を Fig. 1 に示したが、チホクコムギの対照区では低 pI 部にのみ活性が検出され、早期・中期からの処理においても同様に低 pI 部に活性が検出された。晩期処理において

Table 3. Effects of weather treatment in the ripening stage on germination and α -amylase activity in grain at maturity in 1994.

Variety (Anthesis)	Weather treatment ^a	Maturity	Grain weight (mg)	Germination rate (%)	α -Amylase activity (mU/g)
Chihokukomugi (10-Jun)	Warm and dry	11-Jul	35.6	0.0	166
	Early cool and wet	19-Jul	31.7	0.0	337
	Middle cool and wet	17-Jul	35.0	0.0	239
	Late cool and wet	13-Jul	34.4	10.4	662
Kitakei-1354 (12-Jun)	Warm and dry	16-Jul	45.3	0.0	132
	Early cool and wet	27-Jul	41.5	0.0	231
	Middle cool and wet	19-Jul	42.2	0.0	151
	Late cool and wet	15-Jul	44.7	0.0	225
Lancer (14-Jun)	Warm and dry	13-Jul	41.8	0.0	224
	Early cool and wet	27-Jul	38.2	0.0	417
	Middle cool and wet	19-Jul	39.5	0.0	307
	Late cool and wet	15-Jul	40.9	0.5	834

^aSee Table 1 for treatments. Fig. 1. Isozymes of α -amylase in Chihokukomugi, Kitakei-1354 and Lancer grain ripened under various weather conditions in 1994.

1, Warm and dry; 2, early cool and wet; 3, middle cool and wet; 4, late cool and wet. See Table 1 for treatments.

は、低pI部とともに高pI部に活性が検出された。北系1354においてはいずれの処理においても、低pI部にのみ検出された。Lancerでは対照区では低pI部のみが検出されたが、早期処理区では低pI部とともに高pI部に活性が検出され、中、晩期の処理では高pI部のアイソザイムが主として検出された。

1995年、いずれの品種および処理においても発芽の発生は認められなかったが、 α -アミラーゼ活性には品種間および処理間の差が認められた (Table 4)。

チホクコムギの対照区の α -アミラーゼ活性は168 mU/gと低かったが、早期・中期の低温高湿処理ではそれぞれ276, 275 mU/gと高く、晩期処理では192 mU/gと低かった。北系1354では対照区で130 mU/g、前期からの低温高湿処理が144 mU/g、中期からの処理が160 mU/g、晩期処理が140 mU/gで全般に低かった。Lancerでは対照区で α -アミラーゼ活性が436 mU/gとチホクコムギや北系1354と比較して高く、また、前期からの低温高湿処理が472 mU/g、中

Table 4. Effects of weather treatment in the ripening stage on germination and α -amylase activity in grain at maturity in 1995.

Variety (Anthesis)	Weather treatment ^a	Maturity	Grain weight (mg)	Germination rate (%)	α -Amylase activity (mU/g)
Chihokukomugi (18-Jun)	Hot and dry	21-Jul	32.2	0.0	168
	Early cool and humid	21-Jul	29.9	0.0	276
	Middle cool and humid	21-Jul	29.6	0.0	275
	Late cool and humid	26-Jul	30.4	0.0	192
Kitakei-1354 (17-Jun)	Hot and dry	21-Jul	38.9	0.0	130
	Early cool and humid	22-Jul	39.5	0.0	144
	Middle cool and humid	22-Jul	38.9	0.0	160
	Late cool and humid	24-Jul	41.1	0.0	140
Lancer (19-Jun)	Hot and dry	19-Jul	38.8	0.0	436
	Early cool and humid	22-Jul	38.1	0.0	472
	Middle cool and humid	22-Jul	37.2	0.0	394
	Late cool and humid	28-Jul	39.4	0.0	592

^aSee Table 2 for treatments.

High pI

Low pI

Fig. 2. Isozymes of α -amylase in Lancer grain ripened under various weather conditions in 1995.

1, Hot and dry; 2, early cool and humid; 3, middle cool and humid; 4, late cool and humid. See Table 2 for treatments.

期からの処理が 394 mU/g, 晩期処理が 592 mU/g で、いずれの時期の処理でも高かった。

チホクコムギと Lancer の α -アミラーゼのアイソザイムを解析した結果 (Fig. 2), チホクコムギはいずれの処理においても低 pI 部にのみ活性が検出され

た。一方, Lancer ではいずれの処理においても、低 pI 部とともに高 pI 部に活性が検出された。

考 察

北海道では成熟期で小麦子実中の α -アミラーゼが高活性となる事例が認められ、この原因として成熟期以前の気象の影響が示唆されている^{3,4,12)}。本試験で人工気象室を用いて解析した結果、登熟期の気象条件が成熟期の α -アミラーゼ活性に大きな影響を及ぼすことが確かめられた。しかし、同一気象条件でも品種により α -アミラーゼ活性の発現の度合いやそのアイソザイムに相違が認められた。

ところで、成熟期以降に小麦子実の α -アミラーゼ活性が高い要因について、Kettlewell や Lunn ら^{15,16)} は以下の四つの可能性を指摘している。①登熟期に発現している Amy-2 の α -アミラーゼが成熟期まで残存する場合 (Retention of pericarp α -amylase: RPA)。②発芽が認められないのに Amy-1 を主とした α -アミラーゼが高活性を示す場合 (Pre-maturity α -amylase: PMAA)。③成熟期前にもかかわらず発芽し高活性が発現している場合 (Pre-maturity sprouting α -amylase: PrMS)。④成熟期以降に発芽とともに活性が発現する場合 (Post-maturity sprouting α -amylase: PoMS)。③、④のパターンでは、最初に Amy-1 が多く発現し、その後に Amy-2 も発現してくる。

以上のことから、登熟期の気象条件が発芽および α -アミラーゼに及ぼす影響について、品種ごとに検討するとともに、これら 4 タイプと比較し類型化を試

Table 5. Characteristics of α -amylase in grain at maturity with respect to weather conditions during the ripening stage.

Variety	α -Amylase activity	Type ^a	Weather conditions during ripening stage
Chihokukomugi	Relatively high	RPA	Cool and humid 2-3 weeks post-anthesis
	High	PrMS	Cool and wet before maturity
Kitakei-1354	Constantly low	—	Even in cool and wet environment
Lancer	Often high	PMAA	Even in hot and dry environment

^aRPA, Retention of pericarp amylase with no germination; PrMS, Pre-maturity sprouting amylase with germination; PMAA, Pre-maturity amylase accumulation with no germination.

みた。

1994年のチホクコムギは早・中期から成熟期までの低温湿潤条件により、成熟期で発芽は認められないが α -アミラーゼ活性はやや高まった。1995年は1週間だけの処理であったが、早・中期の低温高湿処理により同様に活性はやや高まった。さらに、これらのアイソザイムを解析した結果、発芽に由来する高pI部のAmy-1は検出されず、登熟期から発現している低pI部のAmy-2のみが検出された。

このように、チホクコムギで開花2-3週間後の低温高湿条件により誘導される α -アミラーゼは、発芽が認められずAmy-2だけが認められていることから、登熟期間中に発現しているAmy-2が残存したと推測され、①のRPAに該当すると思われる (Table 5)。

成熟期直前の低温加湿処理に対するチホクコムギの反応は2カ年で傾向が異なり、1994年は発芽を伴って α -アミラーゼが大きく活性化していたが、1995年は発芽は認められず α -アミラーゼの活性化程度も小さかった。この相違について、2カ年の栽培条件および処理条件から考察した。最初に、低温加湿処理前の栽培条件の相違が原因の一つとして考えられる。すなわち、1994年は対照区に平均気温20℃・無加湿の人工気象室を用いたのに対して、1995年は平均気温が約22℃のビニールハウスを用いた点である。しかし、1994年の平均気温20℃・無加湿の気象条件が、成熟期で穂発芽の発生を誘引したとは考えにくかった。その理由として、一般に穂発芽の発生には降雨または高湿度による、子実の高水分条件が不可欠なためである。

したがって、2カ年の α -アミラーゼ活性と穂発芽率の差には、加湿条件が影響していると推測される。すなわち、1995年は湿度が80-100%とやや低かったのに対して、1994年は穂が濡れる程度まで加湿されていた。1994年はこの湿潤条件により子実が高水分状態に保たれ、成熟期で発芽が認められるとともにAmy-1が大きく活性化したものと思われる。

このように、チホクコムギで成熟期の直前の低温湿潤条件で、高 α -アミラーゼ活性が発現した事例については、発芽の発生とAmy-1が主として認められたことから、③のPrMSに該当すると思われる。一般に、小麦の休眠性は登熟期から成熟期にかけては高く維持されているため、この時期は穂発芽しにくいとされる。成熟期以降は休眠性が時間とともに低下するため、穂発芽しやすくなる。しかし、穂発芽耐性の弱いチホクコムギは成熟期直前の湿潤条件により、すでに休眠が打破され発芽とともに α -アミラーゼが発現したものと考えられる。

ところで、北海道東部の十勝地方では小麦の登熟から収穫にかけて低温高湿条件となりやすく、チホクコムギの α -アミラーゼ活性が成熟期前後に常に高く維持される事例が認められている³⁻⁵⁾。この場合、成熟期に発芽が認められる場合と、ほとんど認められない場合がある。また、 α -アミラーゼアイソザイムについてもAmy-1とAmy-2の両者が検出される事例が多い。すなわち、チホクコムギは開花2-3週間後から低温高湿条件が連続した場合にAmy-2が残存しやすく、さらに成熟期直前の降雨により発芽とともにAmy-1が発現すると推測される。したがって、このような推移においては、RPAとPrMSの両タイプの峻別は困難であり、両者の複合型といえる。

次にLancerについて検討すると、1994年は対照区の活性は224 mU/gで、Amy-1は認められなかった。しかし、低温湿潤処理区においてはいずれの時期でも、発芽はほとんど認められなかったが、 α -アミラーゼ活性は全般に高まりAmy-1が認められた。このように、Lancerは発芽が認められなかったにもかかわらず、Amy-1による α -アミラーゼが高活性を示したことから、②のPMAAに該当すると思われる。

1995年も1994年と同様に、低温高湿処理区ではいずれの時期でもPMAAの発現が認められた。ところが1995年では対照区でも低温高湿処理と同程度の高

い活性が認められた。Lancer については、これまで成熟期に穂発芽が認められないのに高 α -アミラーゼ活性 (PMAA) の現象が、複数年にわたって圃場栽培で観察されている⁵⁾。この場合、登熟期の気象条件が比較的高温低湿でも、PMAA の発現が認められている。このように、さまざまな気象条件下で PMAA を発現しやすいことが Lancer の特徴といえる。

PMAA を誘引する気象条件については海外でいくつかの報告があり、Mares と Gale⁸⁾ はオーストラリアにおいて高温低湿下で PMAA が発現すると報告している。また、Major ら¹⁷⁾ は登熟中に高温期を経験すると PMAA がより誘導しやすくなると指摘しているが、まだ明瞭な結論は得られていない。

本研究でも Lancer で PMAA を誘引する気象条件は特定できなかった。ただし、PMAA が発現しなかったのは 1994 年の対照区 (昼間 25℃, 夜間 15℃ で無加湿の人工気象室) だけであったことから、このように、比較的変動のない気象条件下では PMAA の発現が抑えられるのかもしれないが、さらに検討を要する。

いずれにしろ、Lancer のように穂発芽耐性が強く発芽が認められないにもかかわらず、成熟期で高 α -アミラーゼ活性を示す品種が確認されたことは、小麦の品種開発を進めていく上で重要な意味をもつ。すなわち、従来から実施されていた成熟期以降の穂発芽耐性の検定だけでは、これら成熟期で未発芽のまま高 α -アミラーゼ活性を示す品種を排除できないためである。したがって、成熟期以降の休眠性ととともに成熟期における α -アミラーゼ活性も検定し、品種選抜を実施する必要がある。

一方、北系 1354 はチホクコムギや Lancer と比較して、登熟期の気象条件の影響を受けにくかった。すなわち、成熟期直前の低温湿潤条件下においてもチホクコムギとは異なり発芽は認められなかった。また、登熟期の気象条件を変動させても、Lancer とは異なり成熟期の α -アミラーゼ活性は全般に低かった。これらは北系 1354 の品種特性といえる。今後は北系 1354 と同程度の穂発芽耐性を有し、しかも登熟期のさまざまな気象条件下において α -アミラーゼ活性が全般に低い品種の開発が必要である。

要 約

人工気象室を用いて、秋播小麦 3 品種 (チホクコムギ: 穂発芽耐性弱, 北系 1354, Lancer: 穂発芽耐性強) について、登熟期の気象条件が成熟期の α -アミ

ラーゼ活性およびそのアイソザイムに及ぼす影響を解析した。その結果、

1) チホクコムギにおいては登熟期の早・中期の低温高湿処理 (昼間 20℃, 夜間 10℃, 相対湿度 80–100%) により発芽は認められなかったが、登熟中に発現している低 pI の α -アミラーゼアイソザイム (Amy-2) が成熟期まで残存し、比較的高活性を示した (Retention of pericarp α -amylase: RPA)。登熟の晩期に低温かつ穂が濡れる程度まで加湿されると、穂発芽耐性の弱いチホクコムギでは成熟期前で穂発芽が発生し、高 pI の α -アミラーゼアイソザイム (Amy-1) が大きく活性化した (Pre-maturity sprouting α -amylase: PrMS)。

2) 北系 1354 はチホクコムギや Lancer と比較して登熟期の気象条件の影響を受けにくく、低温高湿下においても発芽せず、成熟期の α -アミラーゼ活性も全般に低かった。

3) Lancer は低温高湿および高温低湿の両気象条件において、発芽が認められなかったが高い Amy-1 の活性が認められた (Pre-maturity α -amylase: PMAA)。

4) このように、北海道における成熟期の高 α -アミラーゼ活性現象について、三つの要因 (RPA, PrMA, PMAA) が観察された。また、Lancer のように穂発芽耐性が強いにもかかわらず、成熟期の α -アミラーゼ活性が高まることが示されたことから、成熟期における α -アミラーゼ活性は休眠性と同様に重要な指標と考えられる。しかし、PMAA を誘導する気象条件については不明な点が多く、今後さらに検討する必要がある。

本研究の取りまとめに際して、北海道大学農学部教授松井博和博士、北海道立十勝農業試験場研究部土壌肥料科長兼主任研究員山神正弘氏および北海道立中央農業試験場農産化学部穀物利用科長大村邦夫博士にご校閲をいただいた。記して謝意を表する。

文 献

- 1) 長尾精一: 「小麦とその加工」, 建帛社, 東京, p. 98, 158 (1984)。
- 2) 食糧庁管理部検査課 (アミロ問題懇談会): 「小麦のアミロをめぐる諸問題」, 農林水産省, p. 13 (1988)。
- 3) 中津智史, 市川信雄, 大村邦男: 北農, **61**, 47–52 (1994)。
- 4) 中津智史, 市川信雄, 大村邦男: 北海道立農業試験場集報, **66**, 7–14 (1994)。
- 5) S. Nakatsu, H. Miyamoto and Y. Amano: *Pre-*

- Harvest Sprouting in Cereals 1995*, Kaz. Noda and D. J. Mares, eds., Center for Academic Societies Japan, Osaka, p. 463 (1995).
- 6) M. D. Gale, J. E. Flinham and E. D. Authur : *Third International Symposium on Pre-Harvest Sprouting in Cereals*, J. E. Kruger and D. E. LaBergd, eds., Westview Press, Boulder, p. 29 (1983).
 - 7) M. D. Gale, A. M. Salter and J. R. Lenton : *Fourth International Symposium on Pre-Harvest Sprouting in Cereals*, D. J. Mares, ed., Westview Press, Boulder, p. 273 (1987).
 - 8) D. J. Mares and M. D. Gale : *Fifth International Symposium on Pre-Harvest Sprouting in Cereals*, K. Ringlund, E. Mosleth and D. J. Mares, eds., Westview Press, Boulder, p. 183 (1990).
 - 9) D. J. Mares and K. Mrva : *Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1992*, M. K. Walker-Simmons and J. L. Ried, eds., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, p. 178 (1992).
 - 10) 宮本裕之, 中津智史, 越智弘明, 市川信雄 : 北農, **60**, 32-36 (1993).
 - 11) 松倉 潮, 加藤一郎, 平 春枝, 今井 徹 : 食品総合研究所研究報告, **45**, 97-110 (1984).
 - 12) 中津智史, 市川信雄, 大村邦男 : 北農, **60**, 397-403 (1993).
 - 13) 中津智史, 埜村朋之, 今井 徹 : 日作紀, **66**, 35-41 (1997).
 - 14) B. A. Marchelo, L. J. LaCroix and J. E. Kruger : *Can. J. Plant Sci.*, **60**, 433-443 (1980).
 - 15) P. S. Kettlewell, G. D. Lunn, B. J. Major, R. K. Scott, P. Gate and F. Couvreur : *Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1995*, Kaz. Noda and D. J. Mares, eds., Center for Academic Societies Japan, Osaka, p. 35 (1995).
 - 16) G. D. Lunn, P. S. Kettlewell, B. J. Major and R. K. Scott : *Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1995*, Kaz. Noda and D. J. Mares, eds., Center for Academic Societies Japan, Osaka, p. 455 (1995).
 - 17) B. J. Major, P. S. Kettlewell and G. D. Lunn : *Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1995*, Kaz. Noda and D. J. Mares, eds., Center for Academic Societies Japan, Osaka, p. 441 (1995).

(Received October 14, 1998; Accepted May 19, 1999)