

Ⅲ. 耐冬性と体内成分の関係

秋播小麦をはじめ越冬性の植物は、秋から冬にかけて耐凍性を著しく高めるが、それに対応して細胞の構造や代謝にかかわる体内成分に著しい変化がみられる。細胞が硬化し、糖類をはじめ多くの物質が著しく蓄積される。これらの耐凍性増大を引き起こす一連の変化は総称して Cold acclimation (低温順化) とよばれるが (酒井, 1980)⁴⁷⁾、この低温順化をはじめ越冬前後における小麦の生理・生態的变化は、多くの要素が複雑に絡み合い、あるいは原因となり結果となって、耐冬性を左右していると考えられる。

本章では、越冬環境の異なる北見農試 (訓子府町) と中央農試稲作部 (岩見沢市) で、越冬前後で品種の生理・生態的特性がどのように変化するかを比較し、それらと前章で明らかにした耐凍性

ならびに雪腐病抵抗性と生理・生態的特性の関係を総合的に把握しようとした。

材料および方法

1) 供試材料

第1章と同じ25品種系統を用いた (Table 9)。

2) 耕種概要とサンプリング時期

1978年と1979年、訓子府と岩見沢において、1区80個体、3反復で系統栽培し、施肥量は基肥としてそれぞれ8-15-10および8-13-7kg/10aを施用した。各年の播種期、調査時期および季節は次のとおりである。

試験場所	播種年度	播種期	サンプリング		月、日		個体数	根雪始	融雪期	
			10. 30	11. 20	12. 12	1. 5				4. 20
訓子府	1978	9. 15	◎	◎	◇	◎	◎	30	12. 4	4. 6
"	1979	9. 15		◎			◎	30	12. 8	4. 20
岩見沢	1978	9. 9	◎	◎	◎		◎	25	12. 2	4. 19
"	1979	9. 12		◎				40	12. 2	4. 19
Chamber	1981	9. 17				◎(1.9)		25	11. 20より	50日間処理

注、◇：「ホロシリコムギ」のみ

3) 分析項目と分析法

上記の各時期に小麦を圃場より掘り出して根を洗い、ろ紙で付着水を吸い取って地上部の生重を測定、草丈および茎数を調査後、105°Cで20分処理し、80°Cで16時間通風乾燥して乾物重を測定、乾物率を計算した。この地上部乾物を用いて以下の分析に供した。

粗デンプン：0.25gの乾燥粉末試料に0.7N塩酸30mlを加え、煮沸湯煎中で2.5時間加水分解する。この分解液をフェリシアン化カリウム還元法で全還元糖を定量する。この値から全糖量を差し引き、0.8を乗じた値を粗デンプンとした。

全糖：1.0gの乾燥粉末試料に80%アルコール30mlを加えて湯煎中で60分間煮沸抽出を行う。冷却後上澄み液をろ過し残渣をこの操作で4回反復抽出する。抽出液アルコールの蒸発揮散後、0.7Nの塩酸濃度になるように塩酸溶液を加え、煮沸湯煎中で加水分解する。分解液はデンプンと同様にフェリシアン化カリウム還元法で還元糖を定量する。この全糖はブドウ糖として表示した。

還元糖：「全糖」に記した80%アルコール抽出液の還元糖をフェリシアン化カリウム還元法で定量した。この還元糖の値はブドウ糖として表示した。

非還元糖：全糖から還元糖を差し引いた。

以上はいずれも中央農試稲作部のテクニコン社製オートアナライザーによった。

蛋白態窒素および全窒素：蛋白態窒素はバルンスタイン法により非蛋白態窒素を除去、いずれもケルダール法で定量した。

リン酸：メタバナジン酸アンモニウムを使い比色法によった。

カリ：炎光分析法によった。

ケイ酸：乾式灰化後、重量法により定量した。

脂質：ソックスレー法によった。

浸透価：第3葉葉身中肋の裏面表皮細胞についてCaCl₂溶液で原形質分離を行い、モル濃度を測定した。なお、細胞の巾および気孔数をあわせて調査した。以上の項目は各年、各時期のすべてに行われたものではなかったが全品種を対象とした。

4) 品種分類のための主成分分析

訓子府における1978年11月20日および1979年4月20日の分析項目22形質、25品種系統のデータを用い、主成分分析法¹⁶⁾により、総合的な判断による品種の分類を行った。

実験結果

1. 生育量と体内成分の季節的变化

冬季土壌が凍結する訓子府と凍結しない岩見沢における、1978年秋から1979年春にかけての平均気温、積雪量および日照時数をFig. 6に示した。岩見沢では平均気温がマイナスになるのは12月上旬であり、その時はすでに根雪となっている。訓子府では11月中旬に平均気温がマイナスとなるが、本格的な積雪は12月下旬からである。

9月中旬に播かれた小麦は、訓子府ではほぼ10月一杯、岩見沢では11月上旬に植物体の大きさが決定される。さらに根雪まで低温順化が進み、積雪下の状態を経て融雪後再び地上に姿を現す。この時期の小麦の生育量と体内成分の推移を25品種の平均値で示したのが、Table 8である。ただし岩見沢の融雪後のデータは「ホロシリコムギ」のみである。

乾物重、乾物率、炭水化物、糖類および粗デンプンは、I (10月30日) からII (11月20日) にかけて急激な増加を示し、根雪直後のIII (訓子府1月

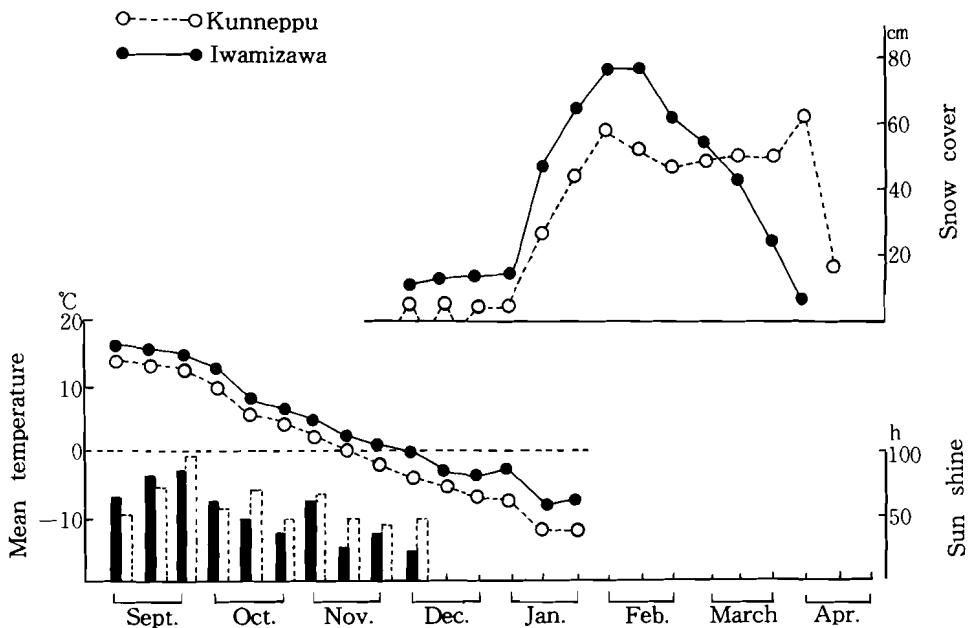


Fig. 6. Mean temperature, sun-shine, and snow cover at Kunneppu and Iwamizawa.

Table 8. Means of agronomic characters and reserve substance contents in 25 varieties at Kunneppu and Iwamizawa (1978-1979).

Trial locations Seasons plant)	Kunneppu							Iwamizawa					
	I	II	III	IV	III/I	IV/III	IV/III*	I	II	III	IV*	III/I	IV/III*
	Oct.	Nov.	Jan.	Apr.	(%)	(%)	(%)	Oct.	Nov.	Dec.	Apr.	(%)	(%)
Characters	30	20	5	20	(%)	(%)	(%)	30	20	12	20	(%)	(%)
Dry weight (mg/plant)	319	534	550	479	172	87	93	675	1104	1046	876	155	78
Percent. dry matter (%)	21.5	26.0	31.2	21.0	145	67	69	18.1	19.9	20.8	15.2	115	76
Total carbohydrate (%)	32.4	41.7	44.1	25.0	136	57	51	24.7	35.5	36.2	15.5	147	41
Total sugar (%)	16.7	21.5	23.8	10.6	143	49	47	14.2	19.9	19.6	8.8	138	37
Reducing sugar (%)	3.3	2.2	6.0	3.9	182	65	75	4.0	3.9	3.6	1.6	90	43
Non-reducing sugar (%)	13.4	19.3	17.8	6.7	133	38	39	10.3	16.1	16.0	7.2	155	36
Crude starch (%)	15.8	20.3	20.3	14.5	128	71	52	10.5	15.6	16.6	6.7	158	49
Total nitrogen (%)	4.41	3.88	3.73	4.31	85	116	120		3.94	3.64	4.50		124
Proteinous nitrogen (%)		3.12		2.60						2.56			
Soluble nitrogen (%)		0.76		1.71						1.40			
C/N**	7.3	10.7	11.8		161				9.0	9.2			
Phosphoric acid (%)	1.18	1.02	0.91		77				1.04	1.04			
Potassium (%)	2.49	2.31	2.19		88				2.36	2.27			
Silic acid (%)	1.43	1.20	1.25		87				0.98				
Ash (%)	7.15	5.52	5.94		83				6.15				
Lipid (%)		3.2	3.2										
Plant height (cm)		18.8							21.8				
No. of tillers		7.3							12.7				

Note : *, Data taken for variety, 'Horoshiri'; **, Total carbohydrate/Total nitrogen.

5日、岩見沢12月12日)に多少増加するものもあるが、ほぼ11月一杯で最高に達し、IV(4月20日)の融雪後に急激な低下がみられる。蛋白態窒素はこのパターンを示し、可溶性窒素はその逆となり、リン酸、カリ、ケイ酸および灰分は秋季低温とともに低下した。

これらの傾向は訓子府と岩見沢でほぼ同一であるが、絶対量ないし含有率は両地間に顕著な差がみられる。乾物重は岩見沢の播種期が6日早かったことと、平均気温が2°C高く経過したことによるが、各時期とも訓子府の2倍近い大きさを示した。しか

し、訓子府は岩見沢より乾物率で3~10%、全炭水化物で6~8%、全糖および非還元糖で2~5%、粗デンプンで3~5%高かった。Table 8の18形質について、それぞれ対応する場所、時期、品種をこみにした分散分析をおこなった。その結果、場所間と時期間で次の関係が有意となった。ただし()内はその時期および場所だけが対応していることを示す。

岩見沢>訓子府：乾物重、リン酸(II、III)、カリ(II、III)、灰分(II)、草丈(II)、莖数(II)。

訓子府>岩見沢：乾物率、全炭水化物、全糖、非還元糖、粗デンプン、C/N率、ケイ酸（Ⅱ）。

Ⅲ > Ⅱ > Ⅰ：乾物率。

Ⅲ、> Ⅱ > Ⅰ：乾物重、全炭水化物、全糖、非還元糖、粗デンプン。

Ⅱ > Ⅲ：リン酸、カリ。

Ⅰ > Ⅱ、Ⅲ：ケイ酸、灰分（訓子府）。

なお、還元糖と全窒素については場所×時期の交互作用が有意に大きく、場所および時期の差は認められなかった。

秋季の増加率（Ⅲ/Ⅰ）が最も緩慢なのは岩見沢

の乾物率で1.2倍、最も急激なのは訓子府の乾物重で1.7倍、炭水化物、全糖、非還元糖は1.3~1.6倍である。雪下の減少率（Ⅳ/Ⅲ）は乾物重が少なく、乾物率は粗デンプンとともに比較的少ない。これに対し全炭水化物はほぼ1/2、全糖、非還元糖は1/2以下と著しかった。

つまり、岩見沢では越冬前の生育量はよく確保されるが、水分が多く、炭水化物や糖の蓄積が少なく、雪下の消耗が大きいのにに対し、訓子府では生育量は小さいが、水分が少なく、炭水化物や糖の蓄積が多く、その消耗も少ないということになる。

表. 越冬前の生育量と体内成分の越冬型間の差異と最大、最小品種

形 質	越冬型間の差	最 大	最 小
草 丈	D>A, B, C>B	P. I. 172582	Valujevskaia
乾 物 重	D>C>B>A	タクネコムギ	Minturki
乾 物 率	D>B, C>A	P. I. 173438	Ibis
全炭水化物	D>C, B>A	C. I. 14106	Ibis
全 糖	D>, B>A	C. I. 14106	Ibis
非還元糖	D>C, B>A	C. I. 14106	Ibis
粗デンプン	D>B, A C>B	P. I. 172582	北見18号
全 窒 素	A>B, C>D	Ibis	P. I. 173438
蛋白態窒素	A>B, C>D	Ibis	P. I. 172582
可溶性窒素		北見18号	P. I. 173438
C / N	D>C, B>A	P. I. 173438	Ibis
リ ン 酸	A, B, C>D	Minturki	P. I. 173438
カ リ	A>, C>D	北見18号	P. I. 172582
ケ イ 酸	A>B; D C>D	Ibis	C. I. 14106
灰 分	A>B, B>C	北見18号	C. I. 14106
脂 質	A, B, C>D	Ibis	C. I. 14106

2. 越冬前の生育量と体内成分の品種間差異

場所と時期をこみにした分散分析の結果、Table 8の形質のうち還元糖と茎数を除く16形質は品種間に有意差が認められた。場所と時期の平均値の一覧がTable 9である。また前章で検定、分類された越冬型（A：非耐冬型、B：耐凍型、C：中間型、D：耐雪型）間の差異は次の形質について、有意差が認められた。

Table 9によると、草丈、乾物重、乾物率、全炭水化物、全糖、非還元糖、粗デンプン、C/N率はいずれもD>Aである。これに対し全窒素、蛋白態窒素、可溶性窒素、リン酸、カリ、ケイ酸、灰分、脂質はA>Dである。つまり、耐雪型（D）では植物体が大きく炭水化物の蓄積も多いが、窒素、リン酸、カリが少なく、非耐冬型（A）では植物体はむしろ大きい方であるが、炭水化物が少なく、窒素、リン酸、カリが多い。耐凍型（B）と中間型（C）

Table 9. Combined means of 25 varieties grown under two locations and three hardening seasons in 1978.

Wintering type*	No. Varieties	Dry weight (mg/plant)	Percent. dry matter	Total carbohydrate (%)	Total sugar (%)	Non-reducing sugar (%)	Crude starch (%)	Total nitrogen (%)	C/N ratio (‰)	Phosphoric acid (‰)	Potassium (‰)	Silicic acid (‰)	Ash (‰)	Proteinous nitrogen (%)	Soluble nitrogen (%)	Plant height (cm)	Lipid (‰)	
A	10 Gaines	620	21.6	32.3	16.9	12.8	15.4	4.06	8.9	0.99	2.43	1.38	6.65	3.06	1.03	19.2	3.2	
	11 Ibis	554	21.1	29.7	14.3	10.8	15.4	4.55	7.1	1.03	2.31	1.64	6.75	3.18	1.48	16.6	3.8	
	23 Takune	907	21.8	34.3	18.5	14.0	16.0	3.96	9.7	0.99	2.39	1.29	6.38	3.11	0.87	21.1	3.0	
	\bar{x}	694	21.5	32.1	16.5	11.6	15.6	4.19	8.5	1.00	2.37	1.44	6.59	3.11	1.12	19.0	3.5	
B	1 USSR 40604	559	23.3	34.9	19.5	15.2	15.4	3.98	9.6	1.04	2.20	1.25	5.92	2.88	1.12	18.1	3.0	
	2 Moscow 1	653	24.0	36.2	20.8	16.3	15.4	3.81	10.5	1.03	2.22	1.20	5.87	3.03	0.74	19.6	3.5	
	3 Valujevskaja	587	23.4	38.5	21.9	17.9	16.6	3.63	11.4	0.98	2.29	1.10	5.87	2.58	1.02	14.9	3.6	
	4 Lutescens 329	538	24.1	37.4	22.2	18.4	15.2	3.78	11.2	0.95	2.15	1.10	5.52	2.74	1.11	17.4	3.0	
	5 Iohardi	609	23.9	34.5	18.7	15.0	15.9	4.12	9.1	1.05	2.30	1.20	6.13	2.84	1.33	18.3	3.3	
	6 Minturki	519	22.1	33.6	16.6	13.1	17.0	4.22	8.7	1.18	2.36	1.30	6.64	3.01	1.20	16.0	3.5	
	20 Kitami 18	588	20.5	29.7	15.4	12.0	14.3	4.57	7.2	1.10	2.50	1.46	7.35	3.24	1.49	18.0	3.6	
	25 Kitakei 840	775	22.9	34.0	17.3	13.7	16.7	3.91	9.7	1.02	2.37	1.31	6.57	2.91	1.13	20.8	3.4	
	\bar{x}	609	23.0	34.9	19.1	15.2	15.9	4.02	9.7	1.05	2.30	1.24	6.24	2.90	1.14	17.9	3.3	
	C	12 Akasabi 1	722	22.2	33.5	17.3	13.9	16.2	4.16	8.8	1.14	2.35	1.43	6.71	2.89	1.37	23.9	3.8
13 Norin 8		771	23.2	35.1	18.4	14.8	16.7	3.91	10.0	0.99	2.32	1.27	6.27	2.88	1.20	20.1	3.4	
15 Hokkai 48		732	22.9	34.3	18.3	14.7	16.0	3.90	9.6	1.09	2.32	1.32	6.26	2.87	0.91	23.4	4.1	
16 Hokuei		880	23.0	37.8	20.3	16.9	17.5	3.79	10.9	0.98	2.31	1.36	6.06	2.89	0.93	21.6	3.3	
17 Kitami 1		751	21.8	36.5	20.7	17.2	15.8	3.90	10.1	1.03	2.34	1.33	6.28	2.95	1.02	19.5	3.8	
18 Kitami 2		774	22.6	36.2	19.2	15.5	17.0	3.81	10.4	0.98	2.30	1.36	6.36	2.76	1.01	23.1	3.3	
19 Kitami 3		751	22.6	34.6	19.7	15.9	14.9	3.90	9.8	0.98	2.31	1.30	6.27	2.89	1.11	22.7	3.3	
21 Muka		764	23.8	35.3	18.9	14.8	16.4	4.03	9.7	1.02	2.27	1.29	6.00	2.87	1.21	20.6	3.4	
22 Horoshiri		703	22.5	36.3	20.3	16.0	16.0	3.75	10.8	1.03	2.41	1.21	6.36	2.86	0.90	20.4	3.2	
24 Kitakei 628		719	22.3	34.6	18.2	14.3	16.4	4.00	9.6	1.07	2.35	1.39	6.38	2.81	1.19	22.0	2.6	
\bar{x}		757	22.7	35.4	19.2	15.4	16.3	3.91	10.0	1.03	2.28	1.33	6.30	2.87	1.08	21.7	3.4	
D		7 C. I. 14106	595	25.3	43.1	24.9	20.8	18.3	3.22	15.3	0.85	2.01	1.11	5.23	2.42	0.79	18.0	2.2
		8 P. I. 172582	793	25.0	42.0	22.6	18.7	20.0	3.41	14.0	0.85	1.99	1.24	5.36	2.28	1.18	25.3	2.3
	8 P. I. 173438	859	25.5	41.5	22.5	19.1	19.0	3.06	15.3	0.84	2.03	1.11	5.43	2.36	0.73	24.5	2.4	
	14 Norin 62	890	22.1	38.4	19.4	15.2	19.1	3.51	12.3	0.87	2.30	1.33	6.44	2.60	0.99	22.8	2.3	
\bar{x}	801	24.5	41.3	22.3	18.5	19.1	3.30	14.2	0.85	2.08	1.20	5.63	2.41	0.92	22.6	2.3		
Total mean		639	22.9	35.8	19.3	15.5	16.5	3.38	10.4	1.00	2.28	1.29	6.20	2.84	1.08	20.3	3.2	
l.s.d. 5%		101	1.1	1.9	1.9	2.0	3.0	0.14	1.0	0.06	0.08	0.13	0.31	0.17	0.41	3.4	0.3	
" 1%		135	1.4	2.6	2.5	2.7	3.9	0.18	1.4	0.07	0.11	0.18	0.41	0.23	0.56	4.6	0.5	
Locations		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	
Seasons		3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	1	1	1	2	

Note : * Wintering type had been classified as A, less-winter hardy; B,freezing hardy; C,intermediate and D, snow endurable (resistance to *Typhula* spp.) in Chapter I.

はいずれもAとDの中間にあるが、BとCの間には有意性が認められなかった。

訓子府と岩見沢の場所間の相関を時期別にみると、IIおよびIII時期ともに還元糖のみが有意でなかった。茎数および粗デンプンでは相関はやや低かったが、ケイ酸の0.583** (II) が最低で、最高は乾物率の0.905*** (III) までいずれも高い関係が認められた。

I : II、II : IIIの各時期間の相関を場所ごとに見ると、還元糖と粗デンプンが低く、非還元糖は訓子府の初期で低く後期で高く、岩見沢では初期も後期も高かった。その他は最低の全糖0.569** (訓子府、I : II) から最高の全窒素0.909*** (訓子府、I : III) の間にあった。一般的に植物体の大きさは

Table. 10. Reserve substance means of each wintering type and their correlation coefficients between before and after wintering at Kunneppu (1978-'79).

Characters	Seasons	Varietal group				r ₁	r ₂
		A	B	C	D		
	<u>n</u>	3	8	10	4	25	25
Dry weight(mg/plant)	II	546	467	588	681	0.701***	0.527**
	IV	387	432	523	530		
	IV/II %	71	93	89	78		
Percent dry matter (%)	II	25.1	26.3	25.5	27.3	0.551**	0.741***
	IV	19.7	21.7	21.0	20.9		
	IV/II %	78	83	82	77		
Total carbohydrate (%)	II	38.5	40.1	41.7	47.2	0.796***	0.853***
	IV	21.9	24.7	25.0	27.7		
	IV/II %	57	62	60	59		
Total sugar (%)	II	19.9	21.0	21.3	24.4	0.591**	0.733***
	IV	7.8	10.5	11.3	11.4		
	IV/II %	39	50	53	47		
Non-reducing sugar (%)	II	17.5	18.5	19.2	22.4	0.585**	0.713***
	IV	4.1	7.2	7.2	7.4		
	IV/II %	23	39	38	33		
Crude starch (%)	II	18.6	19.3	20.4	23.7	0.353	0.693***
	IV	15.7	14.5	13.6	17.5		
	IV/II %	84	75	67	74		
Total nitrogen (%)	II	4.18	3.99	3.92	3.36	0.922***	0.061
	IV	4.60	4.41	4.41	3.67		
	IV/II %	110	111	113	109		
Proteinous nitrogen (%)	II	3.42	3.18	3.16	2.69	0.827***	
	IV	2.79	2.64	2.60	2.37		
	IV/II %	82	83	82	88		
Soluble nitrogen (%)	II	0.77	0.80	0.76	0.68	0.552**	
	IV	1.80	1.77	1.80	1.30		
	IV/II %	234	221	237	191		

Note : r₁, Correlation coefficients between II (Nov. 20) and IV (Apr. 20);
 r₂, Correlation coefficients between increments from I (Oct. 30) to III (Jan. 5) and decrements from III to IV.

と炭水化物は越冬前の初期よりも後期の関係が密接になり、窒素、リン酸、カリ、ケイ酸、灰分はいずれの時期も高い関係を示した。

以上要するに、越冬前の生育量と体内成分はすでに10月末には品種の特性がほぼ明らかとなり、場所間においても平行的である。しかし、この時期の炭水化物はまだ蓄積が不十分で、最高に達するのは11月末ないし12月始めとなるが、実質的にはその年の根雪の早晩に規定される。この間、耐雪型の品種は生育量と炭水化物の蓄積が多く、逆に窒素、蛋白態窒素、リン酸、カリ、ケイ酸、灰分、脂質の少ないことが明らかである。

3. 越冬前・後の体内成分

訓子府における越冬前(Ⅱ)と越冬後(Ⅳ)の体内成分を越冬型別の平均値で示したのが Table 10 である。ⅡからⅣへの減少率ないし増加率は越冬型によってその程度が異なった。すなわち、Aは乾物重、全糖、非還元糖の消費がはげしく、粗デンプンの消費が少ないのに対し、B,C,Dはその逆であった。B,C,Dの間には大差は認められないが、Dの乾物率や非還元糖の消費はB,Cよりもやや大きく、これは主として越冬前の蓄積量の大きかったことによる。またDの越冬後の可溶性窒素は他の型に比べて著しく少なかった。

Table 11. Correlation coefficients between agronomic characters, reserve substance contents and degrees of injury caused by freezing and snow molds.

Characters	Seasons	Freezing	<i>S. borealis</i>	<i>T. ishikariensis</i>	<i>T. incarnata</i>	<i>F. nivale</i>
Plant height	Ⅱ	.446*	.061	-.653***	-.411*	-.368
Number of tillers	Ⅱ	-.144	-.096	.405*	.396	.414*
Dry weight	Ⅱ	.369	.163	-.541**	-.405*	-.268
	Ⅳ	.136	-.026	-.665***	-.653***	-.539**
Percent.dry matter	Ⅱ	-.229	.156	-.242	-.181	-.408*
	Ⅳ	-.370	-.288	.005	-.047	-.279
	Chamber	-.411*	-.267	-.409*	-.505**	-.467*
Total carbohydrate	Ⅱ	-.076	.403*	-.631***	-.533**	-.655***
	Ⅳ	-.214	.187	-.543**	-.498*	-.741***
Total sugar	Ⅱ	-.079	.372	-.559**	-.286	-.505**
	Ⅳ	-.400*	-.076	-.379	-.446*	-.612**
Non-reducing sugar	Ⅱ	-.044	.376	-.613**	-.338	-.560**
	Ⅳ	-.412*	-.105	-.324	-.407*	-.594**
Crude starch	Ⅱ	.007	.370	-.548**	-.589**	-.637***
	Ⅳ	-.012	.365	-.190	-.178	-.354
Total nitrogen	Ⅱ	.037	-.477*	.643***	.438*	.692***
	Ⅳ	.018	-.510**	.553**	.456*	.648***
Proteinous nitrogen	Ⅱ	.085	-.330	.667***	.657***	.764***
	Ⅳ	-.010	-.347	.651***	.629***	.730***
Soluble nitrogen	Ⅱ	.052	-.263	.287	.112	.298
	Ⅳ	-.052	-.548**	.419*	.310	.493*
C/N ratio	Ⅱ	-.006	.491*	-.637***	-.492**	-.650***
	Ⅳ	-.190	.302	-.500*	-.534**	-.672***
Phosphoric acid	Ⅱ	-.164	-.657***	.388	.218	.319
Potassium	Ⅱ	-.008	-.383	.348	.221	.433*
Silic acid	Ⅱ	.447*	-.075	.235	.508**	.619***
Ash	Ⅱ	.082	-.331	.518**	.392	.620***
Lipid	Ⅱ	-.214	-.685***	.568**	.409*	.510**
Osmotic value	Ⅱ	-.877***	-.484*	.113	-.309	-.363

越冬前と越冬後の体内成分の相関は、還元糖と粗デンプンを除くといずれも有意に高かった。また秋の蓄積量と雪下の減少量との間にも有意に高い相関が得られたが、全窒素には相関がみられなかった。窒素の吸収は低温下で衰え、融雪後再び活発になるためである。一般的に乾物重、乾物率および糖類では、秋によく蓄積される品種は越冬後の含量も高いということになる。

越冬前(Ⅱ)と越冬後(Ⅳ)の全炭水化物について、1978年と1979年の2カ年をこみにした分散分析を行うと、年次、時期、品種間がいずれも有意で、越冬期間ではD>Aの関係が有意であった。B,C型はその中間にあるが、越冬前はD,C>A、の関係が有意と認められ、いずれもA型が最も低かった。

越冬前における全炭水化物の25品種の平均値は

1978年：41.7%(最大54.0~最小35.4)、1979年：34.8%(39.9~28.9)、また越冬後はそれぞれ25.0%(30.0~21.6)と23.6%(25.9~20.7)で、年次によって異なり、その差は越冬前で大きく越冬後で小さかった。しかし年次間の相関係数は越冬前0.751***、越冬後0.767***といずれも高く、年次が異なっても品種間差異はほぼ平行的であった。

4. 生育量、体内成分と凍害および雪腐病抵抗性との関係

第1章で検定した凍害(1977、1979)、*Sclerotinia borealis*(1977、1978)、*Typhula ishikariensis*(1977)、*T. incarnata*(1978、1979)および1979年に接種検定した*Fusarium nivale*の被害度と、訓子府における越冬前(Ⅱ)および越冬後(Ⅳ)

Table 12. Simplified table of correlations between each characteristics of agronomic character and reserve substance contents before wintering at Kunneppu in 1987.

Characters	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 Plant height		+++														
2 No. of tillers				-	+		-				+					
3 Dry weight																
4 Percent. dry matter				+++	+++	+++		---	---	-	++	---	---	---	---	---
5 Total carbohydrate					+++	+++	+++	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6 Total sugar						+++	+	---	---	---	---	---	-	---	---	---
7 Non-reducing sugar							++	---	---	---	---	---	-	---	---	---
8 Clude starch								---	---		---	-	-	---	---	---
9 Total nitrogen								+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
10 Proteinous nitrogen											++	+++	++	+++	+++	---
11 Soluble nitrogen											+	+		+		
12 Phosphoric acid												+++	+	+++	+++	---
13 Potassium													+	+++	+++	---
14 Silic acid														+++		---
15 Ash															+++	
16 Lipid																
17 Osmotic value																

Note : +++ , Positive significant at 0.1% level above +0.619;
 --- , negative " " below -0.619;
 ++ , positive " " 1.0% level above +0.534;
 - , negative " " below -0.534;
 + , positive " " 5.0% level above +0.398;
 - , negative " " below -0.398;

の植物体の大きさと体内成分の含有率について、25品種の相関を求めたのが Table 11 である。

表によると、

①凍害による被害度と浸透価との間にきわめて高い相関(-0.877***)がみられた。また、草丈が短く、越冬後の全糖、非還元糖が高く、越冬前のケイ酸の低い方が耐凍性は高い傾向を示した。

② *S. borealis* による被害度との間には、越冬前のリン酸、脂質との間に0.1%水準の高い相関があり、これらの含量が高いほど被害度は小さかった。また越冬前・後の全窒素とも5%および1%水準の相関があり、全窒素が高いほど被害度は少ない傾向を示した。とくに越冬後は、可溶性窒素が高いほど被害度が少なかった。これらに比べると全炭水化物、C/N率、浸透価との関係はやや低かったが、このうち浸透価のみは、凍害と *S. borealis* の両者に有意な関係を示した。

③ *T. ishikariensis*, *T. incarnata* および *F. nivale* による被害度との間に共通して最も高い相関を示したのは蛋白態窒素で、越冬の前後ともに0.1%水準で有意であった。つまり蛋白態窒素が多いと被害度は増大した。全窒素、全炭水化物、C/N率がこれに次ぎ、全糖、非還元糖との関係はやや低かった。乾物率との間には恒温恒温室での測定値が5%および1%水準で有意であったが、圃場の測定値との間にはほとんど関係がなかった。

また越冬前の脂質との関係は有意に高く、脂質が多いと被害度は増加した。しかし、*S. borealis* による被害度とは正負が逆転した。同様な逆転は全窒素にもみられた。なお、草丈は高くなると被害度が小さくなる傾向にあり、凍害の場合と逆の関係を示した。

ところで、植物体の大きさと体内成分、あるいは体内成分各形質間には各種の関連が見られる。

Table 13. Eigen vectors and factor loading of principal components.

Characters	Eigen vectors			Factor loading		
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	r ₁ (Z _{1,u})	r ₂ (Z _{2,u})	r ₃ (Z _{3,u})
Nov. 20						
1 Plant height	.006	-.437	.170	.021	-.843***	.236
2 Dry weight	.015	-.442	.170	.049	-.853***	.236
3 Percent. dry matter	.235	.235	-.006	.781***	.453*	-.008
4 Width of cell	-.158	-.265	-.216	-.525*	-.510*	-.300
5 Osmotic value	.058	.231	.443	.192	.446*	.615**
6 Total carbohydrate	.283	-.062	.088	.939***	-.120	-.122
7 Total sugar	.261	.037	-.113	.869***	.072	-.157
8 Reducing sugar	-.049	.229	-.113	-.164	.576**	-.157
9 Non-reducing sugar	.266	-.002	-.038	.885***	-.004	-.112
10 Crude starch	.225	-.147	-.038	.747***	-.283	-.052
11 Total nitrogen	-.283	.005	.025	-.940***	.106	.035
12 Proteinous nitrogen	-.239	.106	-.145	-.826***	.204	-.202
13 C/N ratio	.290	-.056	-.111	.963***	-.107	-.154
14 Phosphoric acid	-.232	.061	.344	-.770***	.118	.491*
15 Potassium	-.246	-.121	.142	-.815***	-.233	.197
16 Silic acid	-.222	-.094	-.235	-.736***	-.181	-.326
17 Ash	-.274	-.029	.036	-.909***	-.057	.050
18 Lipid	-.227	.148	.219	-.755***	.286	.304
Apr. 20						
19 Dry weight	.068	-.385	.395	.225	-.742***	.549**
20 Percent. dry matter	.096	.287	.395	.320	.550**	.549**
21 Total carbohydrate	.242	.100	.201	.805***	.194	.279
22 Proteinous nitrogen	-.235	.099	-.140	-.781***	.191	-.195

一例として、ここでは訓子府における1978年の越冬前(Ⅱ)の17形質間の相関を示す (Table 12)。

この表からおおまかにいえば、植物体の大きさとしては草丈と乾物重は密接であるが、これらと体内成分との間には何らの関係も認められない。体内成分では乾物率と一連の炭水化物との関係は密接であるが、粗デンプンは乾物率に反映していない。これらと窒素はいずれも負の相関が高い。リン酸とカリの関係は密接であり、炭水化物、窒素と高い関係を示し、灰分とも高い関連がみられる。リン酸は茎数と乾物率を増加させるが、カリは逆に乾物率を低下させている。脂質は乾物率、炭水化物とは負、窒素とくに蛋白態窒素と正、リン酸、カリとも正の高い関係を示す。浸透価はケイ酸含量が低いと高まる関係を示した。

5. 主成分分析による品種の分類と耐冬性

植物体の大きさと体内成分から、品種の生態的特性を総合的にとらえるため、25品種について訓子府における1978年の越冬前(Ⅱ)の18形質と、越冬後(Ⅳ)の4形質の22特性値を用いて主成分分析をおこなった。第3主成分までの固有ベクトルとその因子負荷量を Table 13 に示した。

Table 13によれば、第1主成分 (Z_1) に対して乾物率、全炭水化物、全糖、非還元糖、粗デンプン、C/N率が正方向に、窒素、リン酸、カリ、ケイ酸、灰分、脂質が負の方向に寄与しており、寄与の大きさと因子負荷量すなわち主成分と各特性値との相関係数 $r_i (Z_i, u_i)$ の高いことから明らかである。ここで第1主成分による累積寄与率は50%と推定された。

第2主成分 (Z_2) に対しては草丈と乾物重が負方向に大きく寄与し、第2主成分までの累積寄与率は67%であった。第3主成分 (Z_3) に対しては浸透価とリン酸、越冬後の乾物率が正方向に寄与しているが、寄与の大きさはやや低かった。第3主成分までの累積寄与率は76%であった。

次に各特性値にそれぞれ規準化したデータを入れたときの、第1主成分と第2主成分の値を25品種についてプロットしたのが Fig. 7 である。この散布図によると25品種は大きく次の4つに分類される。

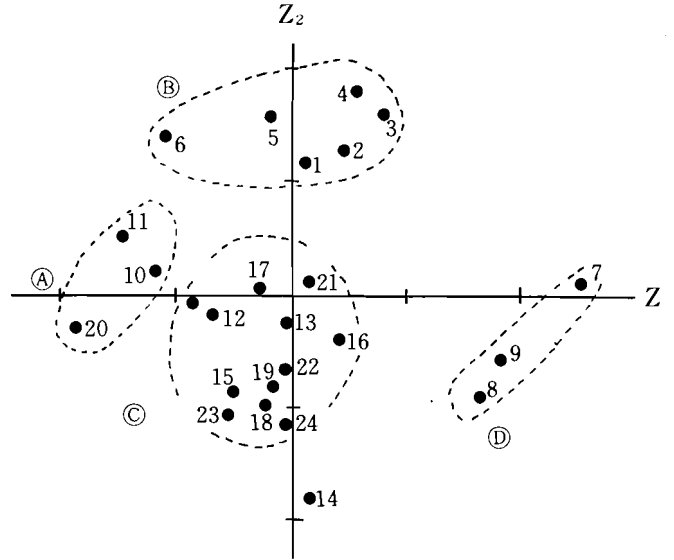


Fig. 7. Scatter diagram of 25 varieties based on components scores on the (Z_1 - Z_2) plane.

Note: Number shows variety number presented in Table 2

A : Gaines (10), Ibis (11), 北見18号 (20).
B : ソビエトの4品種 (1, 2, 3, 4), Iohardi (5), Minturki (6).

C : 北海道育成の12品種系統。

D : C.I. 14106 (7), P.I. 172582 (8), P.I. 173438 (9).

これを、第Ⅱ章の越冬型A,B,C,D (Fig. 3) と比較すると、「北見18号」と「タクネコムギ (23)」が入り代わり、「農林62号 (14)」がDからかけはなれた以外はよく一致した。 Z_1 と Z_2 の直交軸での散布図によると(図省略)、「タクネコムギ」は「Gaines」、「Ibis」、「北見18号」のAの近く、「農林62号」はCに近く、C.I., P.I. の番号の3品種とは異なった。

こうした例を除くと、抵抗性で分類された越冬型はそれぞれ生態的特性を異にしているといえる。おおまかにいえば非耐冬型(A)は炭水化物、糖の蓄積が少なく他の成分が多い。耐凍型(B)は浸透価が高く、体内成分は中庸で草丈は低い。耐雪型(D)は炭水化物、糖の蓄積が多く他の成分が少ない。中間型(C)はいずれも中庸であるが、必ずしも耐凍型と耐雪型の中間を示しているわけではな

い。おそらく、Fig. 7においてZ₁軸とZ₂軸の正方向に散布されるような品種が、耐凍・耐雪性兼備の中間ないしは超越型（理想型）となるだろう。

6. 論 議

1) 低温順化の地域差

Matsumoto⁹⁷⁾らによれば、*T. ishikariensis*の生物型A,Bが積雪の多少と11月の日照の長短によって分布する地域が異なり、日射はハードニングを促し、ひいては耐病性を増加させる。また生物型Bは秋に日照の多い寡雪地帯の越冬性の高い植物をも侵し、病原力の弱い *T. incarnata* は秋に日照の少ない多雪地帯の越冬性の低い植物しか侵せないという。訓子府は前者の地帯にあり、岩見沢は後者の地帯にある。さらに岩見沢は泥炭質土壌の転換畑で実験が行われており、土壌の凍結もないので、土壌水分は訓子府より高いはずである。1978年越冬前(Ⅱ)の全炭水化物は両地とも「C.I. 14106」が最高で、訓子府：54.0%、岩見沢：45.2%であった。また両地とも「Ibis」が最低で、訓子府：36.1%、岩見沢：28.4%であった。なお、播種期は訓子府9月15日、岩見沢が9月9日であった。同じ9月15日播きの「ホロシリコムギ」で比較すると、訓子府：43.1%、岩見沢：31.1%である。

また同年岩見沢で行った9月5日から10月10日まで5日おきの播種期試験によれば、11月20日調査(Ⅱ)の「ホロシリコムギ」はそれぞれ32.5、31.1、31.1、30.5、30.8、30.7、29.6、25.5%であった。訓子府の10月5日の晩播試験では、最高は「C.I. 14106」の50.9%、最低は「Ibis」の33.7%、「ホロシリコムギ」や「タクネコムギ」は晩播によって4%も減少したが、25品種の平均では僅か0.7%しか減少しなかった。これを越冬型別にみると、A型は晩播で減少し、B型は逆に増加した。なお9月15日播きと晩播との間には高い相関(0.761^{***})が認められた。しかし、この実験から植物体の大きさと低温順化に関連する品種の生態的、遺伝的特性は明らかに出来なかった。これらのことは、岩見沢より訓子府の方がはるかに低温順化が進みやすいこと、また極端な晩

播を除けば播種期によって炭水化物の含量が大きく変わらないこと、品種間差異がほぼ平行的なことを示している。しかし、Matsumoto and Sato⁹⁸⁾のチモシーにおける全可溶性炭水化物(TSC)の蓄積結果とはかなり異なった。

1978年と1979年の越冬前(Ⅱ)の全炭水化物は、訓子府、岩見沢ともに7%の差があった。これを越冬型別にみると次のようである。つまりD型の年次間差が両地とも最も大きかった。このことは、最大の蓄積量を示すC.I. P.I 番号の3品種がその能力を十分発揮しえない場合のあることを示している。

越冬型	全炭水化物(%)			
	訓子府		岩見沢	
	1978	1979	1978	1979
A	38.5	31.9	31.8	26.6
B	40.1	34.1	34.5	28.6
C	41.7	35.5	35.2	28.2
D	47.2	36.5	45.0	31.1

越冬前の低温、日射、土壌水分が低温順化に影響することは古くから論議され、多数の報告があるが(Steponkus¹⁵⁵⁾、Suneson and Peltier¹⁶¹⁾はネブラスカのリンカーンで6年間に9万個体を供試して耐凍性の圃場試験を行い、気象要因に基づきハードニングに明確な2つの時期を認めた。第1は有機物の蓄積期間でこの時期は日射量、日最高気温、少雨、短日条件が重要となる。第2の時期は低温の持続によってもたらされるもので、約3週間で最高のハードニングに達した。酒井¹⁴⁷⁾は木本類の研究から、植物の耐凍性が高まる過程を秋の比較的高い温度で進む準備段階と、低温下で進む段階に分け、前者ではおもにデンプン、中性脂質などが蓄積され、後者の第2段階で核酸、蛋白質、糖、リン脂質などが著しく増加するとしている。この第2段階で、訓子府と岩見沢の大きな違いは11月の最低気温と降水量にみられた。2カ年の平均で訓子府は-4.2℃、77mmに対し、岩見沢は-0.6℃、105mmであった。また、1978年訓子府の降水量は42mmに対し、岩見沢は111mm、1979年はそれぞれ111、124mmと多かった。こうした気象条件にもかかわらず、訓子府と岩見沢のそれぞれ2カ年25品種の相互6通りの相関は0.570^{***}

~0.838***と有意に高かった。

したがって、炭水化物の蓄積は品種の遺伝的差異に基づく部分が大きいけれど、十分な蓄積のためには好適な環境が必要となる。

2) 炭水化物の消耗と雪腐小粒菌核病抵抗性

融雪後の全炭水化物の年次間差は訓子府で僅か1.4%であった。年次間ならびに越冬型間に有意差が認められた。同様なことは越冬中の減少量(II-IV)にも認められたが、減少率(IV/II%)には認められなかった。1978年と1979年の越冬型別の減少量はA(16.6, 10.4)、B(15.3, 10.3)、C(16.8, 11.9)、D(19.6, 13.2%)で明らかに1978年の方が大きく、D>Bの関係が有意である。

したがって、炭水化物を多く蓄えて雪下に入った *Typhula* 抵抗性品種が、罹病性品種よりゆっくりと炭水化物を利用するようには思われない。むしろ、よく蓄える品種はその消費量が相対的に多いにもかかわらず、最終的にはなお多量の炭水化物を維持するようである。この傾向は、全糖、非還元糖の場合も同様であり(Table 10)、とくに「C.I. 14106」は特異的であった。

Kiyomoto and Bruehl⁶⁹⁾の15品種を用いた圃場試験によれば、秋に蓄積された炭水化物(available carbohydrate)含量と *T. idahoensis* による被害度との間には何らの関係もなかったが、病原菌の攻撃のあと融雪後まで維持された炭水化物含量との関係が顕著であった。われわれの試験は、訓子府、岩見沢ともに雪腐病の被害が軽微であり、そうしたサンプルを分析していることと、各品種の雪腐病抵抗性はこれとは別な接種試験に基づいており、病理化学的に取り扱われたものではなかった。また彼らの越冬前の炭水化物は、「C.I. 14106」と「Gaines」の差が小さく、積雪期間が150日と我々より10~20日長かった。このため、越冬前の各時期および融雪後においても、いずれも高い相関をえたわれわれの結果(Table 11)と異なったものと思われる。

3) 抵抗性品種にみられる体内成分の特異性

1978年12月12日に測定した浸透価の平均値は、

A: 0.26, B: 0.34, C: 0.31, D: 0.29 (CaCl₂モル)であった。耐凍型のソビエト品種「Lutescens 0329」が最高で0.39、次いで「Moscow 1」: 0.38、「Valujevskaja」: 0.37といずれも高いのに対し、耐雪型の「C.I. 14106」: 0.27、「P.I. 172582」: 0.28、「P.I. 173438」: 0.28と低かった。ちなみに25品種の平均値は0.31、最低は「Ibis」の0.24であった。Table 11のように耐凍性の獲得に対応して細胞の浸透濃度が著しく高まり、これが脱水のストレスを緩和する。また浸透濃度が高まるのは、含水量が少なく、糖、糖アルコール、アミノ酸などの溶質が多いためとされてきた。⁶⁹⁾

Sugiyama and Simura^{158,159)}はチャの耐凍性の一連の研究で、耐凍性と葉の水分、浸透濃度、全糖、および水溶性蛋白質が密接な関係を示し、水溶性蛋白質の多くが葉緑体中に含まれており、この蛋白質が増すときに糖蛋白質が25%増加し、同時に耐凍性の高まることを見いだした。

当然、浸透価と乾物率、炭水化物、糖含量との間にも高い相関が期待されたが、Table 12のようにケイ酸以外に有意な相関は認められなかった。この原因はC.I.、P.I. 番号の3品種が糖の蓄積は著しく高いが、耐凍性が弱いためで、この3品種を除くと上記形質相互の相関はいずれも有意となった。また、これらの3品種はリン酸、脂質および蛋白態窒素がきわめて少ないことから、原形質膜の組成が異なるように思われる。

Meryman¹⁰²⁾らによれば、凍害の直接原因は凍結-脱水時に起きる細胞の収縮による機械的効果にあり、その限界容量が存在するとしている。収縮に対する抵抗力は細胞の脱水回避のほか、原形質膜をつつむ脂質が凍結時に細胞内に移行する品種の存在をみている。おそらく、C.I.、P.I. 番号の3品種は収縮に対する抵抗力がないと推察され、糖以外の物質が関与していると考えられる。

S. borealis 抵抗性と高い相関を示したのは脂質(-0.685***)とリン酸(-0.657**)であった(Table 11)。しかし、この関係を細かくみると *S. borealis* に弱いC.I.、P.I. 番号3品種の含量が著しく低いために全体の相関を高くした。*S. borealis* に最も強い「北海48号」が最高の脂質含量を示し、またり

ン酸含量も高いことは興味深く、今後リン脂質との関係を検討する必要がある。

T. ishkariensis, *T. incarnata* および *F. nivale* 抵抗性と全糖、非還元糖、灰分、脂質との関係も C.I., P.I. 番号3品種の影響が強く、影響を受けなかったのは乾物重、全炭水化物、全窒素、蛋白態窒素および C/N 率であった。したがって、C.I., P.I. 番号3品種は糖の蓄積が多く、蛋白態窒素、リン酸、脂質の少ないことが *Typhula* spp. および *F. nivale* 抵抗性と何等かの関係があると思われる。

Årsvoll^{9,10)} はチモシーの植物体の大きさ、ハードニング、窒素、リン酸、カリと耐凍性ならびに雪腐病抵抗性との関係を恒温室で接種試験によって検討した。結果は比較的単純で、凍害も各種雪腐病害も同一傾向であった。コムギの本実験では、品種の組織形態や蓄積物質が、耐凍性、*S. borealis* および *Typhula* spp. と *F. nivale* に対する抵抗性

の3者の中で異なる特徴を示した。我々はこれまで、耐凍性と *S. borealis* 抵抗性との関係は遺伝的にやや密接であり、*T. ishkariensis* と *T. incarnata* 抵抗性との関係はきわめて密接であるとした。*F. nivale* は *T. ishkariensis* および *T. incarnata* 抵抗性との間に、それぞれ 0.704*** および 0.791*** と高い相関を示すことから、これらの生態的特性と抵抗性の関係がきわめて類似することが推察される。

主成分分析によれば、中間型 (C) として分類した北海道の品種系統は (Z_1-Z_2) 平面で中央に分布しており (Fig. 7)、植物体の大きさや蓄積物の量的バランスが中庸であった。一方、耐凍性ならびに *Typhula* spp. と *F. nivale* に抵抗性を示す品種は散布図の先端に位置し、特定の物質の特異な蓄積能力を有しているようで、この特性はおそらく遺伝的に支配されているものと思われる。

IV 耐冬性と春化要求度の関係

秋播小麦にとって春化 (Vernalization) は栄養生長をおさえて生殖器官形成を促進する役割をもつ。また一方で秋播小麦は冬季の厳しい気象条件に耐えて越冬する能力も有している。この春化要求性と耐冬性の両者は秋播小麦にとって極めて重要な特性である。この両者は相互に関連を持つと見られるが、その関連の仕方については不明の点が多い。

本章では、第 I 章で耐冬性要因の品種間差異を調べた材料およびその耐冬性要因につき特性を異にする品種を用いた交雑材料で、それらの春化要求度を調べ、さらに春化要求度と耐冬性の関係を検討した。

実験方法

1) 春化要求度の検定

(1) 照明下での低温処理 (緑体春化処理)

0～8℃の所定温度に保った恒温室で Vitalux 約2,500 Lux 照明下で連続照明し春化処理した。供試材料は苗箱で栽培し、第 1 葉展開時に処理を開始した。

(2) 戸外での低温・短日処理

1985年10月1日苗箱に播種し、10月8日発芽揃いに戸外に搬出し以後放置した。

(3) 処理後の生育条件

夜間は20℃に保温し、日中は25℃以上で外気を流入して温度をコントロールするガラス室で生育させた。しかし室温は外気温に左右されることが多く、15℃から30℃の変異域が認められた。24時間日長とし、夜間は陽光ランプで照明した。

2) 耐凍性検定

1985年10月1日苗箱 (30×40cm) に 1 品種 8 個体播種、各苗箱の両端に「ホロシリコムギ」と「Valujevskaja」を配置した。1月17日 (最低気温-19.7℃) 地表露出法により 1 晩凍結処理し、温室で再生させた後被害度を調査した。

3) 雪腐黒色小粒菌核病の検定

1985年9月17日、北見農試ほ場に系統栽培法により 1 区32個体播種した。 *S. borealis* および *F. nivale* の発生防止のため11月20日にトップジンとベフランを散布し、翌21日 Bruehl らの方法に準じた培養法で培養した *T. ishikariensis* B タイプの菌核を 1.5m 畦長の一区に 1 g の菌量を接種した。越冬後同病による被害が認められ、起生後 5 月中旬に被害度により検定した。

4) 供試材料

(1) 春化要求度の品種間差異

Table 14 の26品種系統を用い、それぞれの品種は 1 処理 7 個体の 2 連制とした。40日、50日、60日間の3つの春化処理期間をもうけ、照明下で低温処理を実施した。

(2) 春化処理法に対する品種の反応

Table 15 の 8 品種系統を用い、照明下低温処理と戸外低温短日処理を検討した。それぞれの品種は 1 処理 7 個体の 3 連制で実施した。照明下低温処理70日間、2℃および8℃処理と90日間、0℃および8℃処理を実施した。戸外低温短日処理は戸外にそれぞれ37日、57日、73日間放置した3処理を設けた。

(3) 系統による検定

2 組み合わせの F₄ 世代の系統を用いた。1977年 F₂ 世代で個体選抜、翌1978年 F₃ 世代で系統選抜および個体選抜した材料で、訓交1118 (P.I. 173438×チホクコムギ) 98群 185系統および訓交1119 (Valujevskaja×チホクコムギ) 70群138系統の計323系統であった。調査は春化要求度と *T. ishikariensis* 抵抗性および耐凍性の検定を実施した。春化要求度の検定は12月4日までの57日間戸外低温短日処理および50日8℃照明下低温処理の2処理で検討した。各処理での1系統の供試個体数は7個体。 *T. ishikariensis* 検定は1系統各32個体を供試した。耐凍性検定は1系統8個体とした。

実験結果

1. 寒地秋播小麦品種の春化要求度

第1章で明らかにされた耐凍性ならびに雪腐病抵抗性既知の25品種系統と「チホクコムギ」につ

いて、40、50、60日の低温処理後、出穂までの日数によって春化要求度を推定したのが Table 14 である。後藤¹¹⁾は低温処理終了後34日以内に止葉を展開した場合を春化完了とみなしているので、出穂期までの日数ではおよそ41~45となる。これを指標として、Table 14では出穂まで日数の順に

Table 14. Classification of degree of vernalization requirement (DVR) of 26 wheat varieties based on treatments with 40, 50 and 60 days of green-plant vernalization.

No.	Varieties	Duration of vernalization						Vernalization requirement days	DVR group
		40 days		50 days		60 days			
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s		
23	Takune	44	2.8	40	1.9	32	1.4	40	1
26	Chihoku	51	2.8	46	2.3	36	1.5	50	2
25	Kitakei 840	51	1.7	43	1.6	38	2.0	50	2
22	Horoshiri	51	2.1	44	1.7	39	2.1	50	2
14	Norin 62	54	2.1	49	2.4	39	2.9	55	2
21	Muka	57	3.6	47	4.1	40	2.8	55	2 VII *
19	Kitami 3	61	3.7	48	3.6	41	3.8	55	2
6	Minturki	56	8.2	53	3.9	42	2.2	60	2
24	Kitakei 628	57	2.4	50	3.5	42	3.7	60	2
17	Kitami 1	58	4.0	50	2.0	43	2.7	60	2
10	Gaines	54	2.3	49	2.3	43	2.0	60	2
20	Kitami 18	60	4.0	53	4.2	43	5.3	60	2
16	Hokuei	55	1.8	49	2.0	45	2.3	60	2 VII *
18	Kitami 2	62	3.8	50	3.4	45	2.5	60	2
1	USSR 40604	69	7.2	55	2.4	49	1.9	65	3
5	Iohardi	69	7.5	55	3.3	49	5.2	65	3
12	Akasabishirazu 1	67	6.1	56	3.3	50	1.7	65	3 VII *
13	Norin 8	63	2.5	59	2.0	50	1.8	65	3
11	Ibis	63	2.6	59	1.4	51	2.7	65	3
15	Hokkai 48	71	(42) ^{**}	63	1.6	57	5.1	70	3
2	Moscow 1	85	(80)	80	(75) ^{**}	62	(54) ^{**}	(90)	4
3	Valujevskaja	71	(73)	60	(43)	54	(58)	(90)	4
9	P. I. 173438	—	(100)	—	(100)	69	(67)	(90)	4
7	C. I. 14106	69	(73)	64	(86)	63	(79)	(100)	4
4	Lutescens 0329	84	(73)	80	(85)	70	(86)	(100)	4
8	P. I. 172582	—	(100)	—	(100)	—	(100)	(100)	4

* DVR were cited from T. Gotoh (1979).

** Number within parenthesis shows percentage of non-headed plants.

各品種を配列し、春化所要日数を推定した。

春化所要日数40日は「タクネコムギ」1品種で、以下50日：3品種、55日：3品種、60日：6品種、65日：5品種、70日：1品種となり、残り6品種は60日間の低温処理では完全に出穂できなかったものである。後藤¹¹⁾は春化要求度の基準として、春化所要日数35~40日をⅥ、50~65日をⅦとして分級し、ⅥとⅦの間には1主働遺伝子による差異のあることを明らかにした。この基準に従うと、Table 14の第1グループ「タクネコムギ」はⅥとなり、「チホクコムギ」から「Ibis」までの18品種はすべてⅦとなる。したがって、「ムカコムギ」、「ホクエイ」、「赤錆不知1号」はいずれもⅦに属す。

Table 14の60日低温処理における出穂まで日数は、「ムカコムギ」：40±2.8日、「ホクエイ」：45±2.3日、「赤錆不知1号」：50±1.7日で、それぞれ5日間の差がある。「ムカコムギ」は55日で春化を完了し、「ホクエイ」は60日でおおむね完

了するが、「赤錆不知1号」は60日では無理で65日を要しそうである。また、出穂まで日数の最も短い「チホクコムギ」の36±1.5日から、最も長い「Ibis」の51±2.7日まで17日の分布幅がある。そこで、これらⅦの級に属する品種を「ムカコムギ」、「ホクエイ」で代表される12品種と、「赤錆不知1号」、「農林8号」で代表される5品種に2分し、それぞれ第2、第3グループとした。

「北海48号」は40日低温処理で42%（7個体中3個体）が不出穂であることや、60日低温処理で出穂まで日数が第3グループより7日遅く、かつ標準偏差が大きいことから、より高い春化要求度を示すものと考えられるが、ここではとりあえず第3グループに含めた。第4グループは60日低温処理で完全に出穂しなかったもので、ソビエト原産の耐凍性品種「Moscow 1」、「Valujevskaja」、「Lutescens 0329」および *Typhula* spp. 抵抗性のトルコ原産の「P. I. 172582」、「P. I. 173438」、

Table 15. Effects of low temperature and short days in high vernalization requirement varieties.

Varieties	Green-plant vernalization *						Short-day vernalization **					
	8 °C 70 days		2 °C 70 days		0 °C 90 days		37 days		57 days		73 days	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Moscow 1	48	(54)***	58	3.4	41	3.1	72	9.6	70	7.3	68	3.9
Valujevskaja	56	(50)	57	1.3	43	3.6	76	5.0	72	6.7	69	4.8
P. I. 173438	—	(100)	67	(79)	43	3.8	75	4.4	75	6.9	70	3.2
C. I. 14106	60	(85)	62	(67)	43	(11)	77	(10)	76	(15)	73	3.8
Lutescens 329	49	(85)	62	(46)	47	(19)	80	(10)	76	(11)	76	5.7
P. I. 172582	—	(100)	—	(100)	49	(28)	83	(10)	76	(10)	75	7.2
Chihoku	34	1.6	41	3.3	36	2.1	63	1.8	56	3.3	53	1.8
Horoshiri	35	2.0	41	3.0	37	2.4	68	5.2	58	4.5	61	2.2

* Wheat plants were grown in the vernalization chamber illuminated with Vitalux lamps continuously.

** Wheat plants were grown in outdoors during 37, 57 and 73 days from Oct. 8th. respectively.

*** Number within parenthesis shows percentage of non-headed plants.

来歴不明の「C. I. 14106」の6品種とした。

2. 高春化要求性品種の低温短日反応

前記の60日低温処理で不出穂の6品種と北海道の2品種を用いて、低温処理温度と短日条件を検討し、結果をTable 15に示した。

60日、8℃で不出穂の6品種は、70日、8℃でも出穂が完全でない。この傾向は90日、8℃の処理でも多少出穂率が高まる傾向を示すが完全ではなかった。処理温度を2℃まで下げると春化効果が高まり、「Moscow 1」、「Valujevskaja」の2品種は出穂を完了し、標準偏差も小さく「チホコムギ」と差がなくなる。さらに0℃、90日処理では「P. I. 173438」が出穂を完了する。しかし「C. I. 14106」、「Lutescens 0329」、「P. I. 172582」は大半が出穂するが、完了するまでには至らない。

10月中旬以降の戸外処理を低温短日下の春化処理と考え、10月8日より戸外に放置した。10月中、下旬の平均気温と日長時間はそれぞれ9.8、5.7℃および11時間30分、11時間で春化に十分な低温、

短日条件が得られた。12月4日（57日目）には「チホコムギ」と「ホロシリコムギ」はほぼ春化を完了したようにみられる。他の6品種も春化処理日数70日と考えられる12月20日には、いずれも出穂を完了するが、「Lutescens 0329」、「P. I. 172582」は、「Moscow 1」、「Valujevskaja」、「P. I. 173438」に比べると出穂まで日数が長く、標準偏差が大きいので、春化を完了するまでにはより長い日数を要するものと思われる。

これらの実験に基づいてTable 14では、各品種の春化所要日数を推定したが春化要求度Ⅶが必要とする50～65日の春化所要日数をはるかに越える品種群が存在することから、これら6品種の春化要求度はおそらくⅧまたはそれ以上に相当するものと思われる。

3. 品種の春化要求度と耐冬性

Table 14に示した60日春化処理における出穂まで日数と凍害における被害度との関係をFig. 8に示した。ただし前記の出穂不完全の6品種は出穂した個体の出穂まで日数を用い、このうち未

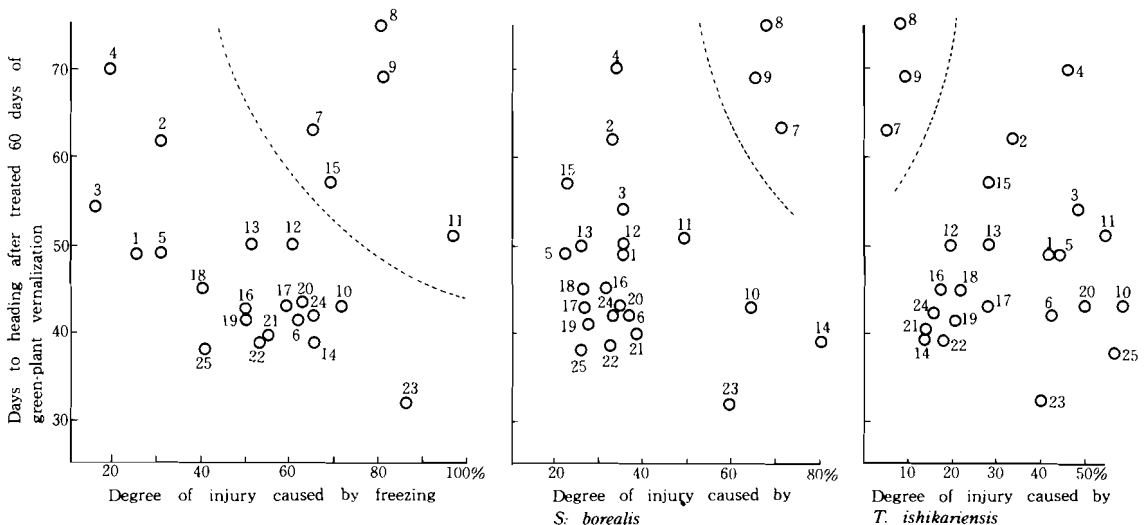


Fig. 8. Relation between degree of vernalization requirement and cold resistance, resistance to *S. borealis* and *T. ishikariensis*.

Note: Number in figure shows variety No. in Table 2

出穂の「P. I. 172582」は75日と推定して計算すると、全25品種では $r = -0.056$ と全く無関係である。しかし Fig. 8 の品種 7、8、9、11、15 の5品種は明らかに他の品種と異なる分布を示した。7、8、9の3品種を除くと $r = -0.486^*$ となり、さらに11、15を除くと $r = -0.734^{***}$ と高い有意な相関を示す。つまり、春化要求性の高い品種の中には、春化要求度と耐凍性の関係が密接な品種群と、少数ながら無関係な品種群が存在する。同様に、出穂まで日数と *S. borealis* 抵抗性の間には $r = 0.229$ ($n=25$)、 $r = -0.309$ ($n=22$) と有意でなかった。しかし、品種番号7、8、9の3品種は明らかに他の品種と異なる群に属した。*T. ishikariensis* 抵抗性との間には、 $r = -0.202$ ($n=25$)、 $r = -0.244$ ($n=22$) といずれも有意な関係は認められず、互いに独立的特性と考えられる。「C. I. 14106」、「P. I. 172582」、「P. I. 173438」の3品種は春化要求度が最も高く、かつ *T. ishikariensis* 抵抗性であるが、非耐凍性という特異性を示す。

4. F₄系統の春化要求度と耐凍性ならびに雪腐黒色小粒菌核病抵抗性

8℃、50日の緑体春化处理では、両組合せとも

完全出穂の系統が38%におよんだ。このうち、1系統7個体中3個体以下が不出穂の系統は34%、4～6個体が不出穂の系統は4%、1個体も出穂しないという系統はなかった。これに対し、戸外処理では1～2個体が不出穂の系統が7%にすぎず、他の系統は全個体出穂した。両親品種の「P. I. 173438」、「Valujevskaja」は戸外区では全個体出穂したが、緑体春化区では約半数個体が出穂しなかった。これらの系統と両親品種の出穂まで日数を Table 16 に示した。

完全に出穂した系統の出穂まで日数の平均値と標準偏差は、戸外において訓交1118: 68 ± 5.6 日、訓交1119: 68 ± 5.1 日と近似したが、緑体春化区では訓交1118が平均値で4日早く、標準偏差もやや小さくなった。出穂まで日数の系統平均値はおおむね中間親の日数に一致した。不完全出穂の系統を含めると出穂まで日数の系統間の分布幅はかなり広く、戸外区では訓交1118が42日に対し、訓交1119が25日と、組合せによって分布幅が異なった。また、完全に出穂した系統について出穂まで日数の標準偏差の分布幅をみると、戸外区では0.7～15.3日、緑体春化区では1.3～14.0日におよんだ。ここで訓交1118の緑体春化区では1.3～11.7日と最も小さく、出穂まで日数が短かったこ

Table 16. Number of days to heading of F₄ lines and parent varieties.

Cross No. and parents	Out-door vernalization							Green-plant vernalization						
	Headed lines		Days to heading					Headed lines		Days to heading				
	Incom- plete	Com- plete	\bar{x}	s	Max*	Min	Range	Incom- plete	Com- plete	\bar{x}	s	Max*	Min	Range
Cross 1118	13	175	68	5.6	89	53	36	72	120	59	4.7	78	36	42
Cross 1119	10	131	68	5.1	86	53	33	51	84	63	5.2	78	53	25
Chihoku		4	58	2.5	64	56			4	53	3.6	58	49	
P. I. 173438		4	79	6.6	83	75			4	72	(49)**	75	70	
Valujevskaja		1	72	6.7					1	71	(57)			

* Incomplete headed lines were included.

** Number within parenthesis shows percentage of non-headed plants.

と関係があると推定された。そこで、出穂まで日数の平均値と標準偏差の相関係数を求めると、戸外および緑体春化の両区とも、また両組合せとも次表のように正の有意な相関が認められた。

表. 出穂まで日数の平均値と標準偏差の相関

交配番号	戸 外 区	緑 体 春 化 区
訓交1118	0.272 ^{**} (n=181)	0.332 ^{***} (n=120)
訓交1119	0.280 ^{**} (n=132)	0.459 ^{***} (n=84)

上表の相関は戸外区より緑体春化区でより密接である。出穂まで日数が短く、標準偏差が小さいことは春化が十分行われたとみなされ、逆の場合には春化が不十分のため春化要求度が高いか、あるいはヘテロ個体を多く含むことになる。不完全出穂系統を含めて、出穂まで日数の平均値では、戸外区と緑体春化区との間に、訓交1118： $r = 0.730^{***}$ (n=188)、訓交1119： $r = 0.533^{***}$ (n=134) ときわめて高い相関が認められるので、多数系統の春化要求度を便宜的に分級する方法として、ここでは両処理区の出穂までの日数の平均値を用いることとした。

出穂まで日数の分散分析の結果はTable 17のように、全系統間ならびに各組合せ内の系統間に高い有意性が認められ、また戸外区 (69日) と緑体春化区 (62日) の間にも有意な差が認められた。

戸外区と緑体春化区の平均出穂まで日数は「チホクコムギ」：55.5日、「ホロシリコムギ」：61.8日となった。この2品種は先の実験で春化要求度を第2グループとしたものである。また「P. I. 173438」は75.3日、「Valujevskaja」は74.5日となった。この2品種の春化要求度は第4グループである。Table 17の l. s. d. は5%水準で9日と推計されるので、「ホロシリコムギ」を春化要求度第2グループの上限とすれば、このグループの出穂まで日数は54~62日の範囲となり、53日以下は第1グループとなり、これはTable 14の「タクネコムギ」並となる。以下 l. s. d. に基づいて群別すると、「P. I. 173438」と「Valujevskaja」はTable 14と同様第4グループになる。訓交1118ではさらにこれを越える3系統が認められたので、便宜的に第5グループとした。Table 18に一括して群別の頻度分布を示した。

Table 18によれば、訓交1118からは両親を超越した系統が1と5のグループにそれぞれ10系統および3系統が認められるが、訓交1119では両親の間に分布し、これを越えるものはなかった。なお、分散分析による広義の遺伝力は訓交1118：48.6%、訓交1119：22.0%と推定された。「チホクコムギ」を共通の親品種として用いられているので、組合せの間の差は一方の親品種「P. I. 173438」、「Valujevskaja」の春化要求度に対する遺伝的差異に基づくものと思われる。

Table 17. Variance analysis of mean number of days to heading in F₄ lines.

Source of variation	d. f.	M. S.
Between out-door and green plant vernalization	1	7800.00 ^{**}
Between F ₄ lines and parents	327	95.68 ^{**}
Between crosses	1	189.00 ^{**}
Within cross-1118 and parents	190	117.14 ^{**}
Within cross-1119 and parents	136	65.02 ^{**}
Error	327	22.28

Table 18. Classification of degree of vernalization requirement (DVR) and frequency distributions of freezing hardiness and resistance to *T. ishikariensis* in F₄ lines of two crosses.

Cross No.	DVR group	Days to heading	Freezing hardiness							less-hardy Total	Frequency of resistant lines (%)	
			hardy 1	2	3	4	5	6	7		(1)	(1+2)
1118	1	46~53	—	—	—	—	8	—	2	10	—	—
	2	54~62	—	—	5	5	13	22	15	60	—	—
	3	63~71	—	—	3	6	18	27	21	75	—	—
	4	72~80	—	—	4	5	9	11	11	40	—	—
	5	81~84	—	—	—	—	1	1	1	3	—	—
	Total			—	—	12	16	49	61	50	188	—
1119	1		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2		4	13	4	4	12	1	—	38	10.5	44.7
	3		10	21	19	4	9	6	—	69	14.5	44.9
	4		5	7	7	1	5	1	1	27	18.5	44.4
	5		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Total		19	41	30	9	26	8	1	134	14.2	44.8
Resistance to <i>T. ishikariensis</i>												
			resist 1	2	3	4	5	6	suscept 7	Total		
1118	1		—	—	1	2	3	1	3	10	—	—
	2		9	8	3	3	10	12	15	60	15.0	28.3
	3		6	8	7	8	20	14	12	75	8.0	18.7
	4		8	3	4	5	5	4	11	40	20.0	27.5
	5		—	—	—	—	2	1	—	3	—	—
	Total		23	19	15	18	40	32	41	188	12.2	22.3
1119	1		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2		—	3	5	3	15	9	3	38	—	7.9
	3		2	9	7	8	14	12	17	69	2.9	15.9
	4		2	3	—	3	8	8	3	27	7.4	18.5
	5		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Total		4	16	11	14	37	29	23	134	3.0	14.9

C; Chihoku; H; Horoshiri; P; P. I. 173438; V; Valujevskaja

各系統の凍害被害度に基づいて、耐凍性を1 (強) ~ 7 (弱) の評価を与え、春化要求度のグループ別に耐凍性の頻度分布を示したが、訓交1118では両親ともに耐凍性が弱いために、春化要求度

にかかわらず強系統の出現は認められなかった。これに対し、訓交1119では耐凍性強の「Valujevskaja」と同程度かそれに近い系統が多数出現し、その出現頻度は春化要求度2、3、4の各グループとも

45%と高率であった。

T. ishikariensis 抵抗性の系統は、抵抗性の「P. I. 173438」を交雑親とする訓交1118の組合せで多く、抵抗性1ランクと2ランクをあわせると22%と高率であった。訓交1119は両親ともに罹病性であるにもかかわらず、両親を超越する系統を多数出現したが、ここでも春化要求度の違いによって抵抗性系統の出現頻度が異なるようにはみられなかった。なお、出穂まで日数と耐凍性および *T. ishikariensis* 抵抗性との間には、次表のように全く関係は認められなかった。

表. 出穂まで日数との相関係数

	訓交1118 (n=191)	訓交1119 (n=134)
耐凍性(1~7)	0.050	-0.072
<i>T. ishikariensis</i> 抵抗性(1~7)	-0.040	-0.016
同上 被害度 (arc sin $\sqrt{\%$)	-0.022	-0.005

5. 論議

圃場を利用した播性検定の品種間差異は連続的な結果が多く、さらに温度、日長の条件が地域、年次で異なるため検定結果のとらえ方は検定法により異なることが考えられる。Quisenberry and Bayles¹²²⁾は秋播型品種を中心にその差を検討し、秋播性の高いV以上を細かく区分している。すなわち日本での検定結果では「Ceres」はIIに、「Blackhull」はVbに分級されているものを、それぞれIとIXにランクしている。一方、日本では共に播性程度VIに分級されている「Minturki」と「Red Rock」をそれぞれXVとXXVにランクし、両者間に差がある可能性を示唆している。秋播小麦の播性程度は本来もっと細かく分級される必要があることを示したものと考えられる。

Yasuda and Shimoyama⁵⁾は春化処理をせず高温、長日下で栽培して出穂まで日数の差で播性程度を検討したが、播性程度の低いIからIVの分級は従来の結果と一致したのに対し、播性の高いVIとVIIは従来の結果と一致しないものも見られ、さらにその変異幅は大きい。播性程度の高い材料の検定にはある程度の春化処理が必要と考えられる。

後藤¹¹⁾は播性検定を、場所や年次に左右されな

従来の播性VII、あるいは春化要求度VIIの品種「チホクコムギ」とそれ以上の春化要求性をもつ品種（「P. I. 173438」と「Valujevskaja」と）の交雑後代においては、播性程度の高いほど（IからVIIへと）、耐冬性が強くなるという一般的概念は当てはまらなくなるようである。耐冬性の要因である耐凍性および *T. ishikariensis* 抵抗性の系統は、VIIあるいはそれ以上の高い春化要求度の各グループから、ほぼ同程度の頻度で出現しているからである。

い普遍的なものとしてとらえるのに、一定条件の低温処理と処理後の高温・長日処理を組み合わせることを提唱し、①春化処理中の照明が効果を安定させること、②やや高め8℃前後が処理温度として効果的なこと、③Vitalux A照明が他の照明に比べて有効なこと、などの成果に基づき、緑体春化処理による春化要求度の検定を実施した。その結果日本の小麦品種を中心として多くの材料の播性の分級がより明瞭となった。

本実験は後藤¹¹⁾の方法をもとに、まず第1章で耐冬性を調査した秋播小麦の春化要求度を検定したが、その中に70日処理でも春化を完了しない品種が存在し、播性程度VIIの分級を越える材料があらたに認められた。さらに8℃連続照明を70日間以上も長期にわたって続けると、コムギは軟弱徒長の生育を示し、むしろ生育は害される。播性の高い品種における春化要求度の検定には、8℃連続照明の方法は有効と認められなかった。

春化処理法として現在のところ統一されたものはない。しかし多くの場合自然条件でなく制御された条件下で行うのが一般的である。温度条件ではRoberts and MacDonald¹¹¹⁾は0~0.5℃、

Klaimi and Qualset は2℃、Flood and Halloran¹¹⁾ は3℃、Hoogendoorn⁶²⁾ は5℃で処理している。いずれの実験においても後藤の処理温度に比較すると低温を用いている。一方、日長条件も重要で、柿崎・鈴木⁶⁷⁾は短日条件が春化に有効であることを認めた。Flood and Holloran³¹⁾やHoogendoorn⁶²⁾は12時間かそれ以下の日長時間で処理している。本実験の戸外低温処理で春化効果が認められた。春化要求度の高い材料に対しては短日条件が有効と考えられる。以上よりすると、春化処理が長期(70日以上)にわたる検定条件として低温(3℃以下)と短日条件が有効と考えられる。今後、低温短日の一定条件を確立し、春化要求度の高い材料の品種分類や遺伝解析をおこなう必要がある。

秋播型の播性の遺伝は春播型のそれに比較すると研究例が極めて少ないが、後藤¹¹⁾はいくつかの実験例から、春化要求度の異なる秋播型品種に少なくとも3対の主働遺伝子が関与することを認めている。さらに「赤錆不知1号」との交雑組合せからは数個の微動遺伝子が関与する結果をえている。さらに後藤²⁴⁾は「Extra Early Blackhull」と春播型品種の交雑後代から、*Vrn* 遺伝子を持たない秋播型の種々の春化要求度(DVR)の材料を育成したことから、DVRに対し複数の *Dvr* 遺伝子の存在を考えた。それらはいずれも *Vrn* 遺伝子がない状態で作用し、個々の作用は小さく相加的効果を持つ。

Roberts and MacDonald¹⁴⁴⁾ は *Vrn* 1 が座位する5A染色体の置換系統を用いた春化要求度の検定で、「Winalta」、「Kharkof 22 MC」の5A染色体には *Vrn* 1 座位かあるいは強く連鎖した部分に春化要求度関与遺伝子が存在する結果を得ている。Hoogendoorn⁶³⁾は秋播型品種間の交雑から春化要求度が両親を越える材料を見だし、それぞれの品種に別々に春化関与遺伝子が存在し、超越型が出現すると推論した。

本実験の2組合せの秋播型品種間の交雑からも、超越型と同時に両親の間にいくつかのレベルで春化要求度の異なる系統が見いだされた。「P. I. 17348」および「Valujevskaja」と「チホクコムギ」の春化要求度の差異には複数の遺伝子が関与すると考

えられる。

本実験結果は、春化要求度の検定方法あるいは遺伝解析のいずれにおいても不十分であるが、同じ遺伝基盤をもつ育成材料がいくつか見いだされたことから、今後より秋播性の遺伝が明らかになることが期待される。しかしその際には、春化を完了した後の生育速度についても考慮をはらう必要がある。Flood and Holloran³⁵⁾は春化後の生育量としてBasic Developmentを考え、品種間差異のあることを認めており、Takahashi and Yasuda¹⁶⁶⁾は「純粋早晩性」を春化終了後の高温・長日条件下での生育期間として、品種間差異のあることを認めている。

一般的には、播性の高い品種に越冬性の優れる品種が多く、両者の特性間には密接な関係があるように見受けられ、少なくとも播性程度がV以上のものでないと耐凍性の優れるものは見られない。両者の関係を論じたものは少ないがCaharan and Law⁹⁾は置換系統を用いた春化要求度と耐凍性の検定では両者間に関係は認められないとしている。Quisenberry and Bayles¹⁴²⁾も播種期と場所を複数扱った試験から播性程度と越冬性の間には関係は認められないとしている。本実験で扱った秋播小麦品種およびそれらの交雑材料の結果からすると、春化要求度と耐凍性の間には全く関係がないものと推察される。播性があるレベル以上(V)の場合両者の特性は独立と見ることが出来る。しかし、*Vrn* 遺伝子をもつ春播性が関与した場合は、状況がかわるものと推察される。春播型×秋播型の交雑材料から、耐凍性で春播型の材料がえられたという報告はない。そのことからすると *Vrn* 遺伝子は耐凍性遺伝子に対し、上位性を示すことが考えられる。Caharan and Law¹⁹⁾の育成した「Chinese Spring (Hope 5D)」は「Chinese Spring」に比較すると耐凍性である。「C.S. (Hope 5D)」はいずれの *Vrn* 遺伝子をもたないものであり、その結果耐凍性が発揮されたと考えることも出来る。この点についても秋播×春播型品種の交雑材料で明らかにされる必要がある。