

## 北海道の春播コムギにおける播種期に対する 収量反応の品種間差異について

高 橋 肇・中世古 公 男

(北海道大学農学部)

1990 年 12 月 28 日受理

**要 旨:** 北海道育成の新旧品種 (ハルユタカ, ハルヒカリ) およびドイツ育成の品種 (Selpek) を供試し, 標準播種期 (4 月 25 日, 中播区) を中心に前後 2 週間間隔で播種し (早播区-4 月 11 日, 晩播区-5 月 10 日), 播種期による生育相の変動, 穂の形態形成ならびに登熟期間の乾物生産の差異から, 品種による収量性の違いについて検討した。

各品種とも播種期の遅れに伴い出芽から幼穂分化期に至る生育相 I に日数が短縮し, 全生育日数も短縮した。これに伴い, 小穂分化期間が短縮し, 小穂数が減少したことからシンク容量の減少がみられた。さらに, 登熟期後半の CGR および NAR が著しく低下したことで, 全乾物重ならびに子実収量が減少した。

ドイツ品種 Selpek は, 北海道の 2 品種に比べ穂重型で播種期の遅れに伴う穂数の減少がみられなかった。また, 小穂分化期間が長く, 晩播に伴う小穂数の減少が小さく, さらに, 登熟期後半の老化の進行が遅く, 他の 2 品種よりも NAR, CGR を高く維持したことにより, 早播区に対する晩播区の子実収量の減少程度も小さく (ハルヒカリ-34%, ハルユタカ-36%, Selpek-14%), 晩播区では Selpek が最も多収を示した (ハルヒカリ- $418 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , ハルユタカ- $523 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , Selpek- $551 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ )。以上のことから, 北海道の晩播用品種としては穂重型品種が適することが示唆された。

**キーワード:** CGR, 小穂分化, 生育日数, ドイツ品種, 播種期, 春播コムギ, 穂重型, 北海道品種。

**Varietal Difference in Yield Response to Delayed Sowing Dates in Spring Wheat of Hokkaido:** Tadashi TAKAHASHI and Kimio NAKASEKO (*Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan*)

**Abstract:** Three spring wheat varieties, old tall Haruhikari and modern semi-dwarf Haruyutaka bred in Hokkaido, and tall late Selpek bred in Germany, were sown at a 5cm equi-distant square pattern on 3 sowing dates, i.e. early (April 11), middle (April 25) and late (May 10). Varietal difference in yielding ability with delaying of sowing dates was investigated through changes in growth phases, process of spikelet initiation and crop growth rate. The first growth phase, from emergence to the double ridge, stage and the total growing period were shortened with delaying of sowing dates in all varieties. The spikelet initiation phase was also shortened resulting in a decrease of spikelet number. CGR and NAR in the late grain filling period (growth phase V) decreased with delaying of sowing dates, resulting in a decrease of final biomass. Grain yield decreased with delaying of sowing dates in all varieties, mainly due to the decrease in biomass and grain number. The extent of decrease of grain yield was smaller in Selpek than in the other two varieties; the late sowing yielded less than the early sowing by 34% in Haruhikari, 36% in Haruyutaka and 14% in Selpek, because ear and spikelet number and CGR for grain filling period did not decrease with delaying of sowing dates in Selpek. At late sowing dates, the grain yield was  $418 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  in Haruhikari,  $523 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  in Haruyutaka and  $551 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  in Selpek. Ear weight type variety (e.g. Selpek) may be useful for late sowing cultivation in Hokkaido.

**Key words:** CGR, Ear weight type, German variety, Growth duration, Hokkaido variety, Sowing date, Spikelet initiation, Spring wheat.

北海道におけるコムギ作は, 冬期の積雪により秋播と春播の 2 つに大別される。秋播コムギは播種期が 9 月中～下旬であるため適当な前作物がなく, 輪作体系を組む上で春播コムギの栽培が望まれている。春播コムギは, 秋播に比べ生育期間が短く, 早播きにより生育期間を延ばすことで多収となる<sup>5,7)</sup>。しかし, 道東, 道北地方では土壤凍結することから, 道央地方では積雪が多いことから, 播種が 5 月中旬頃まで遅れることもあり, 晩播きに対する対応を検討する必要がある。

本試験では, 播種期を早播きの 4 月 11 日, 標準

の 4 月 25 日, さらに晩播きの 5 月 10 日の 3 回設け, 北海道の新旧品種とドイツの品種について, 収量および収量構成要素に及ぼす影響について調査し, 品種による播種期に対する反応の違いを生育相の変化, 乾物生産および穂の形成の面から検討した。

### 材料と方法

試験は 1988 年に北海道大学農学部附属農場で行った。供試品種は北海道で育成された長稈品種ハルヒカリ (旧品種) および半矮性品種ハルユタカ (新

品種)と西ドイツで育成された長稈、晩生品種 Selpek である。播種期は、当圃場の標準播種期 4 月 25 日を中播区とし、除雪と融雪剤によって融雪を早め、4 月 11 日に播種した早播区および 5 月 10 日に播種した晩播区の 3 区を設けた。

播種は 5 cm 間隔に 1 粒ずつ種子を梱包したシードテープを 2 本ずつ 5 cm 間隔で播種床に埋め込むことによって行い、出芽後 3 葉期に間引きして 1 本立とした (400 個体  $\text{m}^{-2}$ , 5 cm×5 cm の正方形植え)。肥料は麦類 4 号を用い、N-9,  $\text{P}_2\text{O}_5$ -15,  $\text{K}_2\text{O}$ -7.5 kg  $10 \text{ a}^{-1}$  の割合で全量基肥として与えた。生育期間中、殺虫剤、殺菌剤の適期散布により病虫害の防除を行った。区の配置は、播種期を主区、品種を副区とする 2 反復分割区法とし、1 区の大きさが 2 m×9 m, 各区内に 0.5 m×0.5 m (100 個体) のサンプリング用サブプロットを設けた。なお、長稈品種ハルヒカリについてはプロットに支柱を立てひもを張ることによって倒状を防止した。

調査は、乾物分配動向から区分された高橋ら<sup>13)</sup>の生育相分類基準に順じ、止葉分化期の 2~8 日後の幼穂分化期、止葉のおよそ半分が抽出した止葉出葉期、およそ半数の穂で葯の抽出した開花期、開花 14 日後の乳熟期、および子実の水分が減少し、粒が指先でつぶせなくなる成熟期の 5 つの生育期について行い、地上部全乾物重 (80°C, 48 時間乾燥)、葉面積および稈 (葉鞘を着生した状態) と穂の緑色部表面積 (稈と穂は円柱形として算出) を測定した。また、これらの測定値を用いて各生育相における個体群生長速度 (CGR) と純同化率 (NAR) を算出したが、ムギ類では葉身のほか、葉鞘、稈、穂の光合成作用が子実生産に大きく貢献している<sup>15)</sup>ことから、NAR の算出は、王ら<sup>16)</sup>と同様、葉面積に稈と穂の表面積を加えた緑部表面積指数 (GAI) をベースにして計算した。

一方、播種期の違いが穂の形態形成に及ぼす影響を明らかにするため、2 葉期以後連日 3 個体について幼穂の顕微鏡観察を行い、小穂原基分化開始期、二重隆起期 (幼穂分化期)、頂端小穂分化期 (第 1 図) に達した日付を記録した。なお、小穂原基分化開始期から頂端小穂分化期までの日数を小穂の分化日数とし、分化小穂数を分化日数で除した値を小穂の分化速度とした。

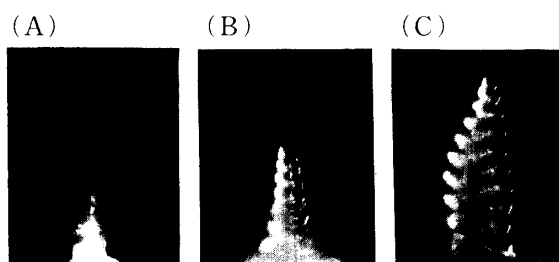


Fig. 1. The process of spikelet initiation.

(A) : onset of spikelet initiation, (B) : double ridge stage and (C) : terminal spikelet formation.

## 結 果

### 1. 播種期の違いが収量および収量構成要素に及ぼす影響

第 1 表に 3 品種の各播種期における収量および収量構成要素を示した。収量は 3 品種とも早播区で高く、晩播区で低かったものの、早播区に対する晩播区の減少程度はハルヒカリとハルユタカで大きく、Selpek で小さかった (ハルヒカリ-215 g・ $\text{m}^{-2}$ , 34%減, ハルユタカ-285 g・ $\text{m}^{-2}$ , 36%減, Selpek -87 g・ $\text{m}^{-2}$ , 14%減)。このため、早播区ではハルユタカが最も多収となったが、晩播区では Selpek が最も多収となった。

収量の成立要因を全乾物重と収穫指数から検討すると、全乾物重は収量と同様 3 品種とも早播区で高く、晩播区での減少程度もハルヒカリ、ハルユタカで約 30% であったのに対し、Selpek では約 10% と小さく、播種期の違いに関し収量と同様の関係が認められた。これに対し、収穫指数はハルユタカが他の 2 品種に比べ高かったものの、3 品種とも播種期の違いに対する変動が小さく、収量の変動との対応関係は認められなかった。

一方、収量の成立要因を穂数、一穂粒数、1000 粒重の 3 つの収量構成要素から検討すると、穂数はハルヒカリ、ハルユタカが Selpek に比べ多く、播種期の遅れに伴い減少したのに対し、Selpek では早播区が中播区、晩播区に比べ少なく、他の 2 品種とは異なる傾向を示した。さらに、一穂粒数は播種期の間に 1% 水準で有意差が認められ、収量と同様、播種期の遅れに伴い減少した。これに対し、1000 粒重は播種期による変動幅が比較的小さく、明確な傾向が認められなかった。

これらのことから、播種期の遅れによる収量の減少は収量構成要素の面からみれば主に一穂粒数の減少に起因していることがわかった。Selpek で晩播

Table 1. Yield and yield components.

Sowing date	Grain yield (g m <sup>-2</sup> )	Total dry weight (g m <sup>-2</sup> )	Harvest index (%)	Ear number (m <sup>-2</sup> )	Grain number (ear <sup>-1</sup> )	1000 grain weight (g)
Haruhikari						
Early	633	1813	34.9	726	22.9	38.2
Middle	606	1611	37.6	712	22.2	38.3
Late	418	1253	33.3	682	16.4	37.3
Haruyutaka						
Early	808	1796	45.0	790	28.1	36.4
Middle	704	1501	46.9	720	26.5	37.0
Late	523	1285	40.7	640	22.1	37.0
Selpek						
Early	638	1756	36.3	464	34.5	39.9
Middle	610	1671	36.5	528	26.9	43.0
Late	551	1589	34.7	522	26.5	39.9
Significance						
Variety	**	*	**	**	**	**
Sowing time	NS	*	NS	NS	**	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS	*

\*, \*\*: 5%, 1% level of significance. NS: not significant.

Table 2. Effect of sowing dates on phenology of three varieties.

Sowing date	Emergence	Onset of spikelet initiation	Double ridge stage	Terminal spikelet formation	Flag leaf emergence	Anthesis	Maturity	Duration of growth phase				
								I	II	III	IV+V	total
Haruhikari												
Early	22 Apr.	10 May	12 May	21 May	5 June	25 June	3 Aug.	20	24	20	39	103
Middle	4 May	20 May	23 May	29 May	11 June	29 June	4 Aug.	19	19	18	36	92
Late	19 May	1 June	2 June	7 June	23 June	7 July	10 Aug.	14	21	14	34	83
Haruyutaka												
Early	22 Apr.	9 May	12 May	18 May	6 June	25 June	4 Aug.	20	25	19	40	104
Middle	4 May	19 May	21 May	25 May	8 June	28 June	4 Aug.	17	18	20	37	92
Late	19 May	31 May	1 June	6 June	19 June	7 July	11 Aug.	13	18	18	35	84
Selpek												
Early	22 Apr.	10 May	18 May	27 May	11 June	30 June	7 Aug.	26	24	19	38	107
Middle	4 May	20 May	26 May	2 June	18 June	4 July	10 Aug.	22	23	16	37	98
Late	19 May	31 May	6 June	12 June	28 June	14 July	18 Aug.	18	22	16	35	91

Sowing date: Early-April 11, Middle-April 25, Late-May 10.

Growth phase; I-emergence to double ridge stage, II-double ridge stage to flag leaf emergence, III-flag leaf emergence to anthesis, IV+V-anthesis to maturity (grain filling period).

による減収程度が小さかったのは穂数が減少しなかったことに起因することがわかった。

## 2. 播種期の違いが生育相に及ぼす影響

第2表に3品種の各播種期における主要生育ステージと生育相の日数を示した。生育相Iの日数は3品種とも播種期の遅れに伴い著しく減少した(早播区に対し晩播区で30%~35%減)ものの、生育相IIおよび生育相IIIの日数は晩播区ほど短い傾向があるものの明確ではなく、その程度も生育相Iに比べ小さかった。登熟期間を示す生育相IV+Vの日

数は、生育相Iと同様、3品種とも播種期の遅れに伴い減少したが、その程度は生育相Iに比べ小さかった(早播区に対し晩播区で8%~13%減)。この結果、全生育日数は3品種とも早播区で長く、晩播区で短くなったが、早播区に対する晩播区の短縮程度は、ハルヒカリ、ハルユタカで19%(20日の差)であったのに対し、Selpekでは15%(16日の差)と小さく、全乾物重と同様の傾向を示した。

### 3. 播種期の違いが登熟期間の乾物生産に及ぼす影響

第3表に登熟期間（生育相 IV および生育相 V）における CGR, NAR および MGAI（平均緑部表面積指数）を示した。開花後2週間の生育相 IV についてみると、CGR は3品種とも早播区と晩播区で高く、中播区で低く、NAR も CGR と同様、中播区で低かった。これに対して MGAI は品種により播種期の違いに対する反応が異なった。

一方、登熟期後半の生育相 V についてみると、CGR は3品種とも晩播区で著しく低く、特にハルヒカリとハルユタカはそれぞれ  $1.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、 $-0.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  と Selpek の  $4.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  に比べ著しく低かった。MGAI は生育相 IV

Table 3. CGR ( $\text{g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ), NAR ( $\text{g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ) and mean green area index (MGAI,  $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$ ) of three varieties for ripening phase.

Sowing date	Phase IV			Phase V		
	CGR	NAR	MGAI	CGR	NAR	MGAI
Haruhikari						
Early	18.5	1.99	9.3	4.5	0.61	7.4
Middle	12.1	0.75	16.0	21.8	1.70	12.8
Late	20.0	1.44	13.9	1.6	0.15	10.9
Haruyutaka						
Early	29.4	1.85	15.9	9.4	0.82	11.4
Middle	20.4	1.74	11.7	11.4	1.31	8.7
Late	29.3	1.91	15.3	-0.7	-0.06	10.5
Selpek						
Early	25.4	2.05	12.4	13.6	1.41	9.6
Middle	17.6	1.36	12.9	18.4	1.93	9.6
Late	26.9	2.06	13.1	4.0	0.40	9.9

と同様、品種により播種期の違いに対する反応が異なったものの、NAR は3品種とも晩播区で著しく低く、さらにハルヒカリ、ハルユタカで Selpek に比べ低かったことから、播種期および品種間での CGR の差は NAR に起因することが明かとなった。また、Selpek は登熟後半においてハルヒカリ、ハルユタカに比べ NAR, CGR の低下が小さく、これが播種期の遅れによる全乾物重および収量の減収程度が小さかったことの一因であると推察された

### 4. 播種期の違いが穂の形態形成に及ぼす影響

第4表に穂の形態形成に関する形質と形成期間における平均気温および日長を示した。小穂の分化日数は、ハルヒカリ、ハルユタカが6~11日であったのに対し、Selpek で12~17日と著しく長く、3品種とも播種期の遅れに伴い短縮した。この期間では、晩播区ほど気温が高く、日長が長く経過し、小穂の分化速度は晩播区ほど大きかった（ハルユタカでは、晩播区より中播区が大きかった）。一方、成熟期に測定した一穂小穂数は Selpek の晩播区を除き、播種期の遅れにより減少しており、第2図に示すように播種期、品種を込みにして小穂分化日数とは正の、小穂分化速度とは負の相関を示した。このことから、播種期の違いによる小穂分化日数の変動はシンク形成に大きく影響することがわかった。また、小穂分化日数の長短は小穂数の品種間差異とも関連し、それが長い Selpek では小穂数、粒数が他の2品種に比べ多くなった。

## 考 察

北海道では、春播コムギは可能な限り早播きするこ

Table 4. Duration of spikelet initiation and its related factors and characters.

Sowing date	Duration of spikelet initiation (days)	Mean Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	Photoperiod (hours)	Spikelet initiation rate ( $\text{day}^{-1}$ )	Spikelet number ( $\text{ear}^{-1}$ )
Haruhikari					
Early	11	12.1	15.61	1.51	16.6
Middle	9	10.7	16.03	1.66	15.0
Late	6	15.7	16.32	2.40	14.4
Haruyutaka					
Early	9	11.4	15.61	1.65	14.9
Middle	6	11.0	15.96	2.36	14.2
Late	6	15.1	16.30	2.05	12.3
Selpek					
Early	17	11.2	15.85	1.18	20.1
Middle	13	12.0	16.13	1.38	17.9
Late	12	15.7	16.41	1.63	19.5

Duration of spikelet initiation: the days from onset of spikelet initiation to terminal spikelet formation stage.

Spikelet initiation rate: spikelet number/duration of spikelet initiation.

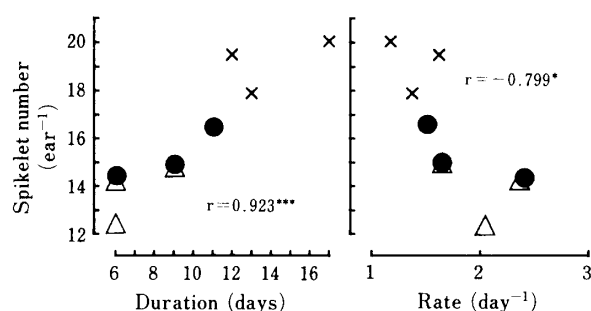


Fig. 2. Relationships of spikelet number to the duration and rate of spikelet initiation in three varieties (●: Haruhikari, △: Haruyutaka and ×: Selpek).

\*: 5%, \*\*\*: 0.1% level of significance.

とで多収となることで知られており<sup>5,7)</sup>、本試験でも、収量は供試3品種とも早播区で高く、晩播区で低かった。

北海道と同様の高緯度地帯では、春、晩播きすると初期生育が高温、長日条件下で経過するため、生育期間が短くなるのが特徴で、カナダのサスカトゥーンにおいても同様のことが報告されている<sup>4)</sup>。さらに、播種期の違いが5ヶ月にわたるにもかかわらず、開花期の違いが1ヶ月以内であったことを示す報告もある<sup>3)</sup>。本試験でも、晩播きによる生育日数の短縮が認められたが、生育相別に検討したところ、幼穂分化期まで日数(生育相 I)において顕著に短縮した。また、物質生産面についてみると、晩播きにより3品種ともに登熟期後半(生育相 V)におけるCGRおよびNARが著しく低下しており、松村ら<sup>8)</sup>の九州の冬コムギで晩播きによりCGRが低下したとする報告や、Arausら<sup>1)</sup>の晩播きに伴う高温により止葉面積や蒸散速度が減少したとする報告と一致した。一方、幼穂の形態形成の面からみると、3品種とも播種期の遅れに伴い幼穂分化期が早まり、小穂数が減少した。小穂の分化は、気温と日長の影響を強く受け、高温、長日条件下で分化速度が早まり、分化期間が短縮することが明らかにされている<sup>6,9)</sup>。本試験でも同様の結果となったが、小穂分化速度と一穂小穂数との間には負の相関関係が認められたのに対し、小穂分化期間と一穂小穂数との間には正の相関関係が認められ、晩播きによる分化期間の短縮は小穂数、いわゆるシンク容量の減少を伴っていることが示された。

これらのことから、供試3品種とも播種期の遅れにより生育期間が短縮し、同化量が減少した結果、全乾物重が減少したのみならず、小穂分化期間の短

縮によるシンク容量の減少と、登熟期における急激な老化の進行によるソース能の減退により収量の減少を招いた。しかし、減少の程度は品種間で大きく異なり、播種期の違いによる反応が品種間で異なることが示された。

品種間差についてみると、収量は早播区ではハルユタカが $808 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ と最も高かったのに対し、晩播区ではSelpekが $551 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ と最も高く、早播区に対する晩播区の減少程度はハルユタカが $285 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 36%であったのに対し、Selpekで $87 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 14%であった。

Selpekは他の2品種に比べ穂重型で個体あたりの分けつ数が0.1~0.3本と少なく、さらに、分けつの発生する生育相 I の短縮程度が小さかったことから、播種期が遅れても穂数はほとんど減少しなかった。また、小穂分化期間が長く、分化期間の減少に伴う小穂数の減少も極めて小さかった。早播区に対する晩播区での粒数の減少程度もハルユタカで36%であったのに対し、Selpekではわずか14%であった。これらのことから、Selpekは晩播区においても十分なシンク容量を確保することができたといえる。さらに、登熟後期における晩播区のCGRおよびNARも他の2品種の晩播区よりも高く、老化の進行が遅く十分に稔実したことで多収となったものと推察された。小穂の分化についての品種間差はこれまでも報告されており、Petermanら<sup>11)</sup>は半矮性品種は長稈品種に比べ小穂分化期間が長く、分化速度も高く維持され、小穂数が多かったと指摘しており、WongとBaker<sup>17)</sup>は分化速度は早生品種で高く、分化期間の長い品種は小穂数が多く、穂長が長かったと報告している。本試験では、これらの結果とは必ずしも一致しなかったが、幼穂形成の環境反応性の品種間差については、今後、さらに検討を要するものと思われた。

これまで北海道では、短稈化により収穫指数を高めることで収量を高めてきたが<sup>12,14)</sup>、新品種ハルユタカも旧品種ハルヒカリに比べ全乾物重では差がみられなかったものの、収穫指数が著しく高く、子実収量が高かった。同様のことはイギリス<sup>2)</sup>、オーストラリア<sup>10)</sup>においても報告されており、新品種は旧品種に比べ穂数が多かったと報告しているが、イギリスの新品種は、 $447 \text{ 本} \cdot \text{m}^{-2}$ と本試験で北海道の新旧品種に比べ著しく穂数の少なかったSelpekとほぼ同レベルで、オーストラリアの新品種では $203 \text{ 本} \cdot \text{m}^{-2}$ とさらに少なかった。しかし、イギリ

スの新品種は  $805 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  と高い収量を示しており、穂重型品種で多収が実現されることを示唆している。以上のことから、北海道においても晩播に対する対応を含めた穂重型品種育成の可能性を検討することが必要であろうと思われた。

### 引用文献

1. Araus, J.L., L. Tapia and L. Alegre 1989. The effect of changing sowing date on leaf structure and gas exchange characteristics of wheat flag leaves grown under mediterranean climate conditions. *J. Exp. Bot.* 40: 639–646.
2. Austin, R.B., M.A. Ford and C.L. Morgan 1989. Genetic improvement in the yield of winter wheat: a further evaluation. *J. Agric. Sci., Camb.* 112: 295–301.
3. Baker, C.K. and J.N. Gallagher 1983. The development of winter wheat in the field. 1. Relation between apical development and plant morphology within and between seasons. *J. Agric. Sci., Camb.* 101: 327–335.
4. Baker, R.J. Agronomic performance of semi-dwarf and normal height spring wheats seeded at different dates. *Can. J. Plant Sci.* 70: 295–298.
5. 堀口逸雄・楠 隆 1942. 春播小麦の播種期と生育、収量並に品種との関係. *北農* 10: 144–148.
6. Kirby, E.J.M., J.R. Porter, W. Day, J.S. Adam, M. Appleyard, S. Ayling, C.K. Baker, R.K. Belford, P.V. Biscoe, A. Chapman, M.P. Fuller, J. Hampson, R.K.M. Hay, S. Matthews, W.J. Thompson, A.H. Weir, V.B.A. Willington and D.W. Wood 1987. An analysis of primordium initiation in Avalon winter wheat crops with different sowing dates and at nine sites in England and Scotland. *J. Agric. Sci., Camb.* 109: 123–134.
7. 楠 隆 1962. 春播小麦の作り方. *農業北海道* 14: 24–27.
8. 松村 修・北川 壽・下坪訓次 1988. 播種期の違いによる暖地小麦の物質生産と収量の変化. *日作九支報* 55: 69–72.
9. Mohapatra, P.K., D. Aspinall and C.F. Jenner 1982. The growth and development of the wheat apex: the effects of photoperiod on spikelet production and sucrose concentration in the apex. *Ann. Bot.* 49: 619–626.
10. Perry, M.W. and M.F. D'Antuono 1989. Yield improvement and associated characteristics of some Australian spring wheat cultivars introduced between 1860 and 1982. *Aust. J. Agric. Res.* 40: 457–472.
11. Peterman, C.J., R.G. Sears and E.T. Kanemasu 1985. Rate and duration of spikelet initiation in 10 winter wheat cultivars. *Crop Sci.* 25: 221–225.
12. 下野勝昭 1986. 秋播小麦の栄養生理と窒素肥培管理法に関する研究. *北海道立農業試験場報告* 57: 1–80.
13. 高橋 肇・中世古公男・後藤寛治 1988. 春播コムギ、長稈品種ハルヒカリおよび半矮性系統 2–47 の乾物分配特性について. *日作紀* 57: 522–526.
14. 丹野 久・小牧有三・後藤寛治 1985. 春播コムギにおける収穫指数による選抜の効果. *北大農邦紀* 14: 52–56.
15. Thorne, G.N. 1966. Physiological aspects of grain yield in cereals: In the Growth of Cereals and Grasses. (Eds.) F.L. Milthorpe and J.D. Ivins. Butterworths, London. 88–105.
16. 王 培武・中世古公男 1986. 出穂期前後の遮光処理が春播コムギの生育・収量に及ぼす影響. *日作紀* 55: 513–519.
17. Wong, L.S.L. and R.J. Baker 1986. Developmental patterns in five spring wheat genotypes varying in time to maturity. *Crop Sci.* 26: 1167–1170.